



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

**Nivel de exposición al material particulado PM2.5 y presión
sonora del personal en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima
2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Flores Vara, Rony Antonio (ORCID: 0000-0002-3573-726X)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A nuestro DIOS, por darme la sabiduría y oportunidad del éxito y satisfacción en la presente investigación, y forjar mi camino a la fuerza de voluntad de seguir adelante ante los obstáculos y retos que se me presentan en la vida.

A mi amada esposa; por el amor, comprensión y apoyo absoluto para el éxito; a mis hijos (a) quienes motivaron este esfuerzo y logro de la meta profesional.

Agradecimiento

A mi asesor el Dr. Yimi Tom Lozano Sulca de trascendental importancia, quien contribuyo en forma minuciosa y continua para el buen desarrollo de la investigación, de esta manera cumplir eficazmente la meta trazada.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.1.1. Tipo	21
3.1.2. Diseño.....	21
3.2. Variables y operacionalización.....	22
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.5. Procedimientos	25
3.6. Método de análisis de datos	27
3.7. Aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS.....	28
V. DISCUSIÓN	40
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS	
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1 Indicador de calidad del aire.....	15
Tabla 2 Cuidados y recomendaciones del indicador de calidad del aire	16
Tabla 3 Cálculo del indicador de calidad del aire del PM2.5	16
Tabla 4 ECA para aire	17
Tabla 5 ECA para ruido	19
Tabla 6 Valores límite permisible del nivel de ruido	20
Tabla 7 Umbrales de exposición al ruido recomendados.....	20
Tabla 8 Resultados del material particulado PM2.5 y presión sonora 2021	28
Tabla 9 Concentración de exposición a PM2.5 - Barlovento.....	29
Tabla 10 Concentración de exposición a PM2.5 - Sotavento.....	30
Tabla 11 Índice de riesgo del nivel de exposición a PM2.5 - Barlovento.....	30
Tabla 12 Índice de riesgo del nivel de exposición a PM2.5 - Sotavento.....	31
Tabla 13 Resultados de la ecuación del INCA - PM2.5.....	31
Tabla 14 Determinación del nivel de exposición a la presión sonora	32
Tabla 15 Comparación de resultados del INCA	35
Tabla 16 Estadísticos descriptivos de las partículas en el aire.....	37
Tabla 17 Prueba T para las partículas en el aire.....	38
Tabla 18 Estadísticos descriptivos del ruido en la zona industrial	38
Tabla 19 Prueba T para la presión sonora en la zona industrial	39

Índice de figuras

Figura 1 Determinación del nivel de exposición a la presión sonora.....	33
Figura 2 Comparación de resultados con ECA de aire - Barlovento	34
Figura 3 Comparación de resultados con ECA de aire - Sotavento	35
Figura 4 Comparación de resultados con ECA de ruido - interior	36
Figura 5 Comparación de resultados con ECA de ruido - exterior	37
Figura 6 Estadísticos descriptivos y límite de calidad de las partículas	38
Figura 7 Estadísticos descriptivos y Límite de calidad de la presión sonora	39

Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de operacionalización de variables.....	52
Anexo 2 Valores por defecto para la ingestión de suelo y polvo	53
Anexo 3 Determinación de la ecuación del INCA – PM2.5	54
Anexo 4 Límites de exposición ocupacional para agentes químicos.....	55
Anexo 5 Validación de instrumentos	56

Índice de abreviaturas

- PM2.5: Material particulado 2.5 micras
- INCA: Indicador de calidad del aire
- ECA: Estándares de calidad ambiental
- OMS: Organización mundial de la salud
- OPS: Organización panamericana de la salud
- MINAM: Ministerio del ambiente
- MINEM: Ministerio de energía y minas
- MINSA: Ministerio de salud
- CE: Concentración de exposición
- IR: Índice de riesgo
- m³: Metro cúbico
- ug: Microgramo
- dB: Decibeles

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar el nivel de exposición al material particulado PM2.5 y presión sonora del personal en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021. Se aplicó el tipo de investigación aplicada porque el estudio se basa en los resultados de la investigación básica, con diseño de investigación no experimental longitudinal del tipo de tendencia, teniendo la característica en que la atención se centra en la población total que se encuentra expuesta al material particulado PM2.5 y presión sonora, considerándose el muestreo no probabilístico, donde se utilizó el muestreo intencional, de enfoque cuantitativo, se trabajó con la información del periodo del 2021 de los resultados del monitoreo ambiental ejecutados en la planta industrial UNICON, el estudio de investigación concluyó que el personal que realiza sus actividades en el área de operaciones de la planta industrial se encuentran a niveles de exposición a material particulado PM2.5 que sobre pasan los límites permitidos de riesgo a la salud, estando en la clasificación moderada de tonalidad amarilla; en cuanto a la presión sonora se indica que el personal expuesto no es afectado su salud, teniéndose resultados inferiores a los límites permisibles para un periodo de 8 horas de trabajo.

Palabras clave: PM2.5, presión sonora, ECA, exposición, dosis.

Abstract

The objective of the research was to determine the level of exposure to particulate material PM2.5 and sound pressure of the personnel in the UNICON industrial plant, Oyón, Lima 2021. The type of applied research was applied because the study is based on the results of the basic research, with a longitudinal non-experimental research design of the trend type, having the characteristic that attention is focused on the total population that is exposed to particulate matter PM2.5 and sound pressure, considering non-probabilistic sampling, where Intentional sampling was used, with a quantitative approach, we worked with the information from the 2021 period of the results of the environmental monitoring carried out at the UNICON industrial plant, the research study concluded that the personnel who carry out their activities in the area of operations of the industrial plant are at levels of exposure to particulate material PM2.5 that exceed the limits s permitted health risks, being in the moderate classification of yellow hue; Regarding sound pressure, it is indicated that the health of the exposed personnel is not affected, with results below the permissible limits for a period of 8 hours of work.

Keywords: PM2.5, sound pressure, ACE, exposure, dose.

I. INTRODUCCIÓN

Estudios realizados en Europa, mencionan que la presión sonora industrial crea serios problemas en los exteriores e interiores, en los ambientes industriales la presión sonora es generado por las maquinarias que comúnmente incrementa con la potencia de estas, teniendo bajas y elevadas frecuencias, componentes tonales, ser impulsivo o tener patrones desagradables e inadecuado; la población suelen verse afectadas por la presión sonora generado por instalaciones fijas, como de fábricas, áreas de construcción, bombas, generadores, entre otros. Se estima que el 22% de la población europea presentan molestias, agresivas y sueño perturbado generados por la presión sonora, de acuerdo a la Comisión Europea exponerse a la presión sonora altera el sueño, afecta al desarrollo cognitivo de los niños y puede generar enfermedades psicosomáticas, los valores externos de la contaminación del aire y ruido del tráfico llegan al 0.6% del PBI; los efectos de exposición a presión sonora en el rendimiento de tareas en el trabajo, suben los errores y baja la motivación, siendo la atención lectora, el resultado de problemas y la memoria son afectadas por la presión sonora (OSMAN, 2009, p.14).

Se tiene que, a nivel mundial en el año 2015 la OMS menciona la cifra de 360 millones de habitantes en el mundo sufrieron pérdidas auditivas, generando incapacidad en el desarrollo de la vida cotidiana y profesional, suponiéndose más de un 5% de población mundial; así mismo estimaron para el año 2050 serán 900 millones de personas que sufrirán una hipoacusia, siendo el 16% aproximadamente es debido a la exposición del ser humano a niveles elevados de ruido en sus áreas de trabajo por periodos de tiempo prolongados, generando que sea la segunda lesión más común relacionada con el área de trabajo. Según la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el trabajo, 40 millones de trabajadores en el mundo se encuentran expuestos a niveles elevados de presión sonora y 13 millones sufren problemas de auditivos a pesar de existir la normativa que lo regula (Fundación laboral de la construcción, 2018, p.25).

Según la agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades, indica que el material particulado se genera por diversas fuentes como: emisiones del parque

automotor, polvo existente en la atmósfera; las partículas llegan a ser lo suficientemente grandes como para observarse a simple vista o pueden llegar a ser muy pequeñas; el tamaño es importante para establecer el efecto que presentan las partículas en nuestro sistema respiratorio. Las partículas más pequeñas personifican la amenaza más grande, por ejemplo, las fibras de amianto causan cáncer; las partículas de sílice causan una enfermedad llamada silicosis y el polvo de carbón puede producir neumoconiosis. El contenido de las partículas es importante debido a que éstas suelen presentar metales pesados, como plomo, cadmio, entre otros (Atsdr, 2019, parr.7)

Estudios realizados en Latinoamérica, la contaminación del aire es un significativo riesgo ambiental para la salud, los contaminantes claves del aire relacionados con la salud humana y medio ambiente son el material particulado PM10 y PM2.5, el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el dióxido de azufre (SO₂), el nivel de concentración en el aire viene establecido por las propias condiciones ambientales de cada localidad, las cantidades del contaminante se deben a muchos factores, y su reducción potencial no puede atribuirse solo a la disminución de la actividad (Cepal, 2020, párr.2).

La fuerza laboral en América y el caribe aportan con el 60% de la fuerza laboral y está presente en los sectores económicos. Para tener el máximo rendimiento y productividad se necesitan: condiciones laborales seguras, saludables y de satisfacción. Los escenarios de trabajo insatisfactorios, inseguros, o peligrosos, pueden llegar a generar accidentes, enfermedades y muerte laboral; de esta manera, el trabajo y empleo son determinantes sociales y claves en la salud (OPS, s.f., salud de los trabajadores, párr.1).

En estudios realizados en Sudamérica, la exposición laboral a material particulado está asociada a problemas de salud, generando consecuencias adversas en el sistema respiratorio y cardiovascular, los cuales llegan a empeorarse por el tiempo de exposición y la dimensión de las partículas inhaladas; así aumentar la morbilidad y mortalidad por esta causa en los seres humanos. En la población laboral de diversas áreas, expuestas a material particulado, el mayor efecto observado en

el sistema pulmonar es la disminución de las funciones pulmonares (Galvis et al, 2020, p.9).

La caracterización y cuantificación del material particulado que se generó en las diversas actividades durante todos los procesos de construcción de una edificación es necesario, ya que proporciona las bases técnicas para propuestas de controles donde se intervengan con la exposición a material particulado desde la fuente y el medio, no solo mediante entrega de dispositivos de protección personal (Ortega, 2017, p.86).

Estudios realizados en el Perú, determinación de las cantidades de partículas menores de 2.5 microgramos para ser cotejados con el índice y el estándar de calidad de aire, esto por la presencia de PM2.5 en la localidad de Tarapoto considerada como atención prioritaria por incremento del parque automotor, con el estudio se permitió conocer la situación de la calidad de aire y el nivel de riesgo que presenta en cumplimiento de la normatividad vigente (Guevara, 2017, p.22).

El proyecto en estudio presenta las siguientes justificaciones de investigación:
Justificación teórica, monitoreo con empleo de dispositivos de seguridad para el ruido en los obreros para minimizar la afectación en la capacidad sonora, en escenarios con alta exposición al ruido ambiental con uso de dispositivos de seguridad para el ruido tiene que ser obligatorio. Evaluar los dispositivos de protección sonora y el uso adecuado en los ingenieros, técnicos y obreros con el objetivo de minimizar la afectación sonora entre las diversas ocupaciones (Beas, 2016, p.48). El material particulado tiene consecuencias sobre la salud en los niveles de exposición que actualmente presentan muchos ciudadanos, en las zonas urbanas y rurales, en los países desarrollados y en desarrollo; no obstante, la exposición suele ser mucho más elevado en las localidades que registran actualmente un rápido desarrollo que en las localidades desarrolladas (OMS, 2021, efectos sobre la salud, pp.6).

Las empresas de actividades constructivas, presentan deficiente cumplimiento de la normatividad establecida para el ruido laboral, las mismas deben considerar los

riesgos al exponer a sus trabajadores, no solo se presentan con lesiones auditivas, también en molestias físicas y otras afectaciones sobre la salud, que a futuro no muy lejano se presentan como patologías severas como la sordera (Ávila, Ruiz y Timarán, 2015, p.109).

Justificación tecnológica, se propuso ejecutar estudios del material particulado, con monitoreos usando drones y sensores, las cuales admitirá observar con más exactitud los diversos contaminantes que se generan al ambiente, pudiendo así tener más control con relación a los datos generados al momento de ejecutar los monitoreos (Monago, 2021, p.65).

Justificación social, todos los seres humanos merecemos ambientes sanos y libres de contaminantes, por tanto, seamos sensatos de nuestras acciones, pensando en el futuro de calidad, duradera y sana (Nestares, 2018, p.70).

Justificación metodológica, el proyecto de investigación no propone métodos nuevos o estrategias para obtener nuevos conocimientos válidos y confiables.

La planta industrial de concreto premezclado de la empresa UNICON se instaló en la área rural de la sierra para construcción de la primera carretera nacional PE-18 de pavimento rígido (concreto armado) del tramo I (50 Km.) de Oyón hasta el desvío de Cerro de Pasco, vía alterna a la carretera central PE-22, zona de altura a 3,500 m.s.n.m. donde se presentan diversos factores físicos de lluvias, nevadas, heladas, granizada, humedad, fuertes corrientes de vientos, tormentas eléctricas, con presencia de factores biológicos de flora y fauna; el proyecto total tienen un recorrido de 150 Km. desglosado en 3 tramos que llega hasta la provincia de Ambo. Se conoce que las carreteras en el Perú y en los países internacionales son de pavimento flexible (asfalto); así mismo, que las plantas industriales de concreto premezclado se ubican en las inmediaciones de las zonas urbanas por la mayor demanda del concreto en proyectos urbanos donde los factores ambientales son controlados y no agresivos que pudiesen generar consecuencias sobre la salud del personal, población y ambiente.

La exposición del personal a material particulado y presión sonora en el proceso de producción de concreto premezclado en la planta industrial en la región de sierra y zona rural con factores climáticos diversos y cambiantes, con horarios de trabajo continuo y extendidos, área donde se cuentan con variedad de equipos (generadores eléctricos), maquinarias (cargador frontal, bombonas, camiones volquetes y mixer) y componentes industriales de la planta, nos surge a estudiar los niveles de exposición de la fuerza laboral del régimen de construcción civil en el primer proyecto vial de pavimento rígido del Perú.

Con la investigación se pretende otorgar buenas condiciones de trabajo y salubridad del personal durante la exposición a material particulado y a la presión sonora por el funcionamiento de la planta industrial por la producción de concreto premezclado para tipo de proyectos de gran inversión, de dimensiones estructurales longitudinales con movimiento de grandes volúmenes de material suelto y aporte de agregados finos necesarios para el diseño del concreto; con el estudio se pretende determinar y exponer a la sociedad, organizaciones y entidades público y privados, a que niveles medidos son expuestos los trabajadores de las plantas industriales, las consecuencias y generación de enfermedades pueden afectar la salud; así mismo se concedería datos valiosos para toma de disposiciones en cuanto a planes de prevención laboral y mitigación ambiental, con implementación de dispositivos de cuidado personal apropiados para la tarea en el ámbito del estudio.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cuál es el nivel de exposición al material particulado PM2.5 y presión sonora del personal en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021?. Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuál es el nivel de exposición al material particulado PM2.5 del personal en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021?
- **PE2:** ¿Cuál es el nivel de exposición a la presión sonora del personal en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021?

- **PE3:** ¿Las variables evaluadas estarán enmarcadas en los límites de tolerancia de los valores establecidos por la normatividad?

El objetivo general fue determinar el nivel de exposición al material particulado PM2.5 y presión sonora del personal en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Caracterizar el nivel de exposición al material particulado PM2.5 del personal en la planta industrial UNICON.
- **OE2:** Caracterizar el nivel de exposición a la presión sonora del personal en la planta industrial UNICON.
- **OE3:** Comparar los resultados de las variables evaluadas con los valores establecidos por el ECA.

Para el estudio de investigación se tiene la hipótesis general La contaminación por material particulado PM2.5 y presión sonora incide en el nivel de exposición del personal en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021.

- **H1:** La contaminación del aire por material particulado PM2.5 incide en el nivel de exposición del personal en la planta industrial UNICON, incide.
- **H2:** La contaminación por presión sonora incide en el nivel de exposición del personal en la planta industrial UNICON.
- **H3:** Los resultados de las variables evaluadas se encuentran dentro del rango de los valores establecidos por el ECA

Hipótesis alterna; las variables evaluadas estarán enmarcadas en los límites de tolerancia ambiental en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021.

Hipótesis nula; Las variables evaluadas no estarán enmarcadas en los límites de tolerancia ambiental en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021.

II. MARCO TEÓRICO

El apartado hace referencia a las referencias previas, relacionados al proyecto investigado; donde tiene el interés de la consideración de las variables en estudio del material particulado PM2.5 y presión sonora.

En el espacio nacional es importante mencionar los trabajos previos relacionados al proyecto de investigación en las distintas localidades y ámbitos ejecutados, donde según la Municipalidad de Lima en su estudio de “evaluación de la exposición de los peatones al ruido y material particulado fino en el Damero de Pizarro”, no menciona el tipo y diseño del estudio, donde considero 5 rutas para el monitoreo en zonas internas y externas, considerando áreas de tránsito peatonal y vehicular, monitoreos ejecutados en turno mañana y tarde por 6 a 7 días, los resultados ponderados a una hora de la presión sonora fueron comparados con los valores ponderados recomendado por la OMS/EPA, OSHA, NIOSH, etc., los resultados promedios de PM2.5 fueron All-1 de 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, All-2 de 81.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, All-3 de 72.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y AID de 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mostrando los resultados una sensibilidad de concentración de PM2.5 con respecto al tiempo de evaluación. Se tuvieron mayor valor del nivel de presión sonora ponderado para el tiempo de exposición de una hora de 82.9 dB para el Damero de Pizarro respecto a las áreas externas (All-1 de 76.7 dB, All-2 de 78.7 dB, y All-3 de 75.1 dB), los valores no superaron los establecidos por la OMS/USEPA (84dB), OSHA (105 dB) y NIOSH (94 dB) para el tiempo de una hora de exposición, se tuvieron valores máximos (LAm_{max}) superior a los 100 dB en todas las áreas en un tiempo de un minuto. El estudio concluyó mayores concentraciones en las áreas donde el tránsito vehicular y actividad comercial hay mayor actividad. Así mismo recomendó que se realicen monitoreos focalizados y móviles a la vez, para obtener registros de las exposiciones ambientales al instante (Municipalidad de Lima, 2021, p.4).

De la Cruz (2021), estudio la concentración de PM2.5 para analizar los riesgos sobre la salud de comerciantes, realizando un estudio no experimental y diseño descriptivo, tomo 8 muestras en diferentes puntos, y para la determinación de la exposición, se realizó la determinación de la dosis de exposición que está en función de la cantidad, tasa de inhalación, frecuencia y factor de exposición y peso corporal de la persona. El estudio concluyó que las mujeres son más vulnerables, y el indicador de riesgo para las estaciones de monitoreo no sobrepasan la unidad requerida. Así mismo recomendó estudios para medir los riesgos sobre la salud por exposición de las poblaciones a tiempos prolongados al material particulado, generados por actividades de producción de energía por combustión de combustible vegetal (p.22).

Según Tello (2020), evaluó y propuso parámetros de control para el ruido ocupacional en la mano de obra que prestan servicio en una mina, realizando un estudio del tipo enfoque mixto, diseño no experimental, transeccional, correlacional causal, aplicando el método hipotético inductivo, utilizó el equipo sonómetro para determinación del ruido y dosímetro para determinar el ruido ocupacional, identificando los equipos que generan ruido y por área de trabajo, identificó los peligros y riesgos en cada actividad. El estudio concluyó que el ruido presente en las áreas de: explotación se tiene elevados niveles de ruido continuo equivalente (LAeq) 98.6 dB, máquinas 76.8 dB, clasificación mineral 83.4 dB y en campamento 53.4 dB; el ruido ocupacional en las tareas de clasificación mineral, perforación y operación de compresora se encuentran expuestos a más intensidad de presión sonora, la actividad de perforación genero 86.2 dB mientras que la tarea de clasificación mineral genero 84.2 dB y las labores del operador de la compresora presentó valores de 86 dB. Así mismo recomendó estudio de comparación a la exposición a ondas de vibración y ondas de sonido que generan los dispositivos de perforación y compresora (p.27).

Según Tejada (2018), evaluó la afectación en las poblaciones y medio ambiente por la emisión de PM2.5, realizando un diseño descriptivo, realizó toma de 2 muestras en diferentes ubicaciones en un tiempo de 24 horas por un espacio de una semana (7 días), teniéndose las concentraciones del particulado por cada día, las cuales son cotejados con los ECA para el aire e indicador de calidad del aire. El estudio concluyó que los niveles de afectación en los ciudadanos con la comparación del indicador de calidad de aire y lo determinado en el monitoreo se tiene la caracterización de tonalidad anaranjado que presenta calificación “Mala”, así mismo comparando los resultados con los ECA en uno de las estaciones de monitoreo superan el rango establecido para la categoría de la zona. Así mismo recomendó que la población no debe exponerse a lugares con tráfico fluido con generación de polvo, para prevenir enfermedades respiratorias (p.30).

Según Nestares (2018), evaluó los resultados de calidad de aire y ruido ambiental en la planta industrial de concreto pre mezclado, para reconocer los riesgos sobre la salud en los trabajadores y pobladores aledaños, realizando una investigación del tipo descriptivo y diseño correlacional, realizando la recopilación de los resultados de las estaciones monitoreos de aire y ruido para evaluar y reconocer los riesgos a la salud, previo interpretación y análisis, así mismo realizó encuesta a la muestra seleccionada. El estudio concluyó que los trabajadores en la planta concretera, declaran que los trabajos realizados por la empresa generan la contaminación en la zona por ruido que tienen influencia en el estado de la salud; así mismo, que los pobladores vienen presentando afecciones a la salud, relacionado por las acciones de producción, como: estrés, dolencias de cabeza, desconcierto, mal humorados, insomnio, etc. Así mismo analizar las etapas de producción para identificar la fuente que genera las partículas al ambiente y que serviría para el planteamiento de medidas de vigilancia; la información documentada no son pruebas de la realidad, se debe fundamentar y buscar de acuerdo a la realidad,

porque la investigación presenta valores de los resultados de monitoreos que muchas veces no están relacionados con lo real (p.31).

Según Romero (2015), determinó las singularidades de la exposición en el trabajo a partir de la determinación del ruido en operadores frente a los medios de expansión, ubicación y tipo de tarea en la minera, para establecer su inserción en planes de la protección auditiva, realizando una investigación aplicada, transversal y prospectiva, tomando la información de los registros de mediciones de ruido realizados en la mina, donde se empleo el equipo dosímetro, aplico la metodología estadística y software R-project y LogNorm 2. El estudio concluyó que más del 70% de muestras estudiadas, con poblaciones de 1,374 trabajadores, se tiene una línea de exposición y niveles de riesgo al ruido elevados. Recomendó la necesidad de implementación de programas de preservación auditiva para operadores (p.71).

Según Beas (2016), determino la incidencia de la incapacidad auditiva del personal de una empresa del sector de la construcción, realizando un tipo de estudio observación y diseño descriptivo transversal, tamaño muestral de 121 trabajadores, selección de muestra probabilística con técnica de muestreo sistemática, valoró el porcentaje de desgaste auditivo monoaural y el desgaste auditivo inducida por la presión sonora por método de Klockhoff y el porcentaje de incapacidad sonora, para la evaluación de variables cuantitativas obtuvo valores de la tendencia central y de la variabilidad, en cuanto a las variables cualitativas obtuvo frecuencias absolutas y relativas. El estudio concluyó que en umbrales auditivos de 500 y 1000 Hz no hubo afectación en ningún oído, en umbrales de 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz observó el incremento continuo de la afectación auditiva y siendo el oído izquierdo más afectado con relación al oído derecho; la incapacidad auditiva de 1 a 10% logró una prevalencia del 93,4% en los trabajadores de construcción; se tienen los porcentajes de incapacidad sonora entre 31 a 40% en operarios y obreros, y en

técnicos como máxima IA de 21 a 30%, en ingenieros y jefes con un caso de IA de 11 a 20%. Así mismo, recomendó efectuar controles auditivos secuenciales en los trabajadores de construcción de las diversas empresas para determinar el nivel de incapacidad auditiva ocupacional (p.28).

En espacio internacional en el ámbito de Sudamérica se tiene los trabajos previos, relacionados al proyecto en estudio, donde según Thewhela (2018), en su estudio de investigación analizó la exposición a material particulado fino de los usuarios frecuentes del sistema de transporte considerando la movilidad de los usuarios en espacio y tiempo, realizando un estudio no experimental y diseño descriptivo, el método aplicado para estimar la exposición consistió en combinar datos de la concentración de material particulado fino con información sobre movilidad y las actividades diarias de la población, aplicando un modelo de dispersión validado para Santiago de Chile. El estudio concluyó que en las estaciones de monitoreo se encontraron valores de mayor exposición a PM_{2.5} durante la madrugada a las 8:00 am. y en la noche a las 11:00 pm., la exposición promedio diaria a PM_{2.5} fue de 73 ug/m³, con el modelo de dispersión los valores de mayor exposición se encontraron a las 11:00 am., a las 2:00 pm. y a las 1:00 am. Así mismo recomendó determinar la dosis de PM_{2.5} ingerida por la población mediante la incorporación de información sobre la frecuencia respiratoria en función de la tarea y determinar los potenciales riesgos a la salud (p.36).

Según Castillo (2020), en su estudio de investigación evaluó la concentración de partículas generados por las actividades, empleando el monitor ambiental 3M EVM 7 para saber la exposición del personal a las partículas, realizando un estudio no experimental y diseño descriptivo, el método aplicado para la investigación determinó la cantidad de partículas producto del proceso de lijado, utilizando la técnica para medición UNE 81599, método gravimétrico "Determinación

de material particulado (fracciones inhalable y respirable) en el aire” y el dispositivo de monitoreo ambiental de partículas TSQUEST 3M EVM7 para 4 estaciones en un periodo de 2 horas de trabajo horario diurno, aplicación de encuesta a dos trabajadores. El estudio concluyó que las partículas respirable e inhalable se encuentran fuera del límite permisible, el análisis de mediciones determinó el porcentaje de exposición del personal al riesgo. Así mismo recomendó monitorear periódicamente el estado físico del personal, para poner en conocimiento las afectaciones a largo plazo que puedan ser causadas por el material particulado (p.50).

Según Arias y Silva (2019), en su estudio de investigación determinó el análisis y valoración de riesgos laborales del área de producción, realizando un estudio no experimental y diseño descriptivo, donde realizó la evaluación de riesgo de los parámetros de ruido y material particulado, el método aplicado para la toma de 4 puntos de muestra del ruido fue de acuerdo a la norma internacional NTE INEN-ISO 9612 para la clase obrera o grupos de exposición al ruido uniforme se calcula la dosis de exposición y los resultados son comparados con los valores de la normatividad, y para las 6 muestras del material particulado un periodo de 30 días, se instaló en el interior papel filtro en una caja Petri para determinar el polvo atmosférico sedimentable MPS, así mismo utilizó el equipo DustTrak™ II para determinar el polvo atmosférico volátil MPV por un tiempo de 2 minutos por muestra (PM2.5 y PM10.0), para luego ser comparados con los valores de los límites máximos permisibles internacional. El estudio concluyó que la evaluación del ruido mediante el cálculo de dosis tomando en cuenta el nivel de exposición del ruido ponderado A, es decir si la dosis es mayor a la unidad sobrepasa los niveles máximos permisibles teniendo en cuenta las 8 horas laborales dando un valor de 92.7 dBA alterando la normativa legal vigente. Para las muestras de MPS los filtros 1,2,3,4,5,6 no cumple con los LMP de la OMS de 0.5 mg/cm²/mes, mientras que para los filtros 4,5, para los LMP TULSMA si cumple con

la normativa a diferencia de los filtros 1,2,3,6 no cumple con lo establecido. Los MPV para MP2.5 se registró concentraciones que sobrepasan los LMP de la OMS y TULSMA, los valores llegan a una media máxima de $106.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo de $71.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo estos no aceptada para ambientes laborales y la normativa vigente. De igual manera para MP10 se registró concentraciones que sobrepasan los LMP de la OMS siendo el promedio máximo $168.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un mínimo $87.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a diferencia del TULSMA si cumple con la normativa. recomendó tener conocimiento sobre fuentes aislantes contra la contaminación sonora para así evitar la exposición al ruido al trabajador (p.16).

Según Aldaz (2017), en su estudio de investigación determinaron el hecho de las partículas en afectación de las vías respiratorias del personal del área de molino, realizó un estudio de enfoque cuantitativo, investigación del tipo exploratorio y descriptivo, tomándose la muestra el total de trabajadores (4), utilizo muestreadores de aire personales de la gama Tuff por método gravimétrico de acuerdo a la norma NIOSH 500, con los resultados logrados realizó los cálculos para obtener el índice de exposición y dosis de exposición por cada trabajador. El estudio concluyó que la cantidad de material particulado que llega a las vías respiratorias, y el estudio de dosis, evidencia la ejecución de un sistema de extracción in situ que actuará en el punto de generación de polvo; empleó la metodología del INSHT, donde identificó los peligros por puesto de trabajo, comprobando molestias de la mano de obra del área de producción de válvulas, verificando por cálculos la presencia de PM2.5 micrómetros y 10 micrómetros, el PM2.5 supera los límites permisibles con $3.33 \text{ mg}/\text{m}^3$, teniendo el límite permisible $3 \text{ mg}/\text{m}^3$. Recomendó ejecutar un sistema de captura in situ para minimizar la exposición del personal al polvo químico durante el proceso de fabricación (p.46).

Fundamentos que sustentan la base teórica del estudio de investigación, donde se definen las variables del desarrollo de la tesis y otros términos de participación.

Material particulado; denominado también como partículas en suspensión, combinación de partículas sólidas y gotas líquidas de pequeño tamaño, que se ubican en la atmósfera. La cantidad de partículas en el aire es expresada en mg o ug (miligramo o microgramo) de partículas por metro cubico (m^3) de aire. Son denominados PM10 las partículas de tamaño inferiores a 10um (micrómetros o micras), y PM2.5 a las de tamaño inferiores a 2.5um (Oefa, 2015, p.7).

Concentración de material particulado PM2.5; material sólido disperso en el aire, con diámetros inferiores o igual a 2.5 micras. Proviene de fuentes naturales, dependiendo de su dimensión, permanecen suspendidas en la atmósfera de unos segundos a varios meses (Inea, 2019, ficha de divulgación, pp.1). Material particulado que tiene tamaño de 2,5 micrones o menos (\leq PM2.5) resultan más dañinas en la salud. El PM2.5 pueden pasar la barrera pulmonar e ingresar al sistema sanguíneo. La exposición crónica al material particulado favorece al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, respiratorias, y cáncer pulmonar (Oms, 2021, material particulado, pp.1).

Dosis de exposición por inhalación; determinado por exponerse a gases, vapores o partículas en la atmósfera, con el cálculo de medición de la concentración modificada de exposición (CE), para posteriormente ser comparados con la concentración de referencia (CdR) generada en estudios de medición toxicológicos y disponibles en la base de datos de IRIS, etc., (Minam, 2015, p.36).

Caracterización del riesgo en seres humanos; para la determinación del riesgo en los humanos, último paso del cálculo de los riesgos generados por la contaminación sobre nuestra la salud. Proceso donde se combina el peligro, resultado de dosis y cálculos de la exposición, para referir el riesgo en general que incorpora un agente de contaminación. Así mismo, explica los supuestos utilizados para el cálculo de exposición, y las dudas inherentes del análisis de cómo responden a la dosis.

Se entiende que el riesgo sobre nuestra salud, generado por exposición a contaminantes en los focos de contaminación, está relacionado con la toxicidad de los contaminantes y con la probabilidad que el personal está en contacto. Para que sea considerado un riesgo se requiere cierta exposición y toxicidad. El riesgo de salubridad formado por insumos no cancerígenos se considera aceptada, si el indicador de peligrosidad es menor o igual a uno ($IP \leq 1$) (Minam, 2015, p.38).

Planta industrial; instalaciones complejas constituidas por diversos componentes, separados por áreas, donde las estructuras tienen un carácter secundario integradas por áreas auxiliares como oficinas, laboratorio, mantenimiento y otros necesarios para la producción y satisfacción del proceso industrial (Casanova, 2001, p.18).

Indicador de calidad de aire – INCA; presenta un resultado excelente entre los valores de 0 y 100, el cual concuerda con el cumplimiento de los ECA para el aire. La tonalidad verde alcanza valor de INCA de 0 a 50 nos señala que la calidad del aire es buena, la tonalidad amarilla alcanza valor de 51 a 100 nos señala una calidad moderada del aire; la tonalidad anaranjada comprende entre los valores 100 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) por cada contaminante, señalando que la calidad del aire es mala; la tonalidad roja nos señala que la calidad del aire es superior al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir del valor concierne aplicar los niveles de estados de alerta nacional por la autoridad de competencia en salubridad (Minam, 2016, p.3).

Tabla 1. *Indicador de calidad del aire*

Calificación	Valor del INCA	Color
Buena	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	100-VUEC*	Anaranjado
VUEC*	>VUEC*	Rojo

*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado

Fuente: RM N°181-2016-MINAM

Cuidados y recomendaciones, según la calificación del INCA para poblaciones frágiles y poblaciones en general deben tomar en consideración:

Tabla 2. Cuidados y recomendaciones del indicador de calidad del aire

Calificación	Cuidados	Recomendaciones
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptada y satisface con el ECA para aire. Se puede realizar tareas al aire libre.
Moderada	Las poblaciones frágiles (niños, embarazadas, ancianos, personas con afectaciones respiratorias crónicas y cardiovasculares) podrían percibir algunas afectaciones sobre la salud.	La calidad del aire es aceptable y satisface con el ECA para aire. Puede ejecutar tareas al aire libre con limitantes para poblaciones frágiles.
Mala	En las poblaciones frágiles podría presentarse inconvenientes sobre la salud. Las poblaciones en general podrían sentirse afectadas.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar ejecutar ejercitamiento y tareas al aire libre.
VUEC*	La concentración del contaminante puede generar efectos sobre la salud y efectos serios en las poblaciones frágiles, como: niños, ancianos, embarazadas, personas con afectaciones pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.	Informar a la autoridad en materia de salud para declarar los niveles de estados de alerta según al DS N°009-2003-SA y su modificatoria DS N°012-2005-SA.

Fuente: RM N°181-2016-MINAM

Tabla 3. Cálculo del indicador de calidad del aire del PM2.5

PM2.5 promedio para 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (ug/m ³)	Ecuación
0 – 50	0 – 12.5	$I (PM2.5) = \frac{PM2.5 * 100}{25}$
51 – 100	12.6 – 25	
101 – 500	25.1 – 125	
> 500	>125	

Fuente: RM N°181-2016-MINAM

Los indicadores fueron determinados en base a promedio móvil para exposiciones de corto plazo (1h, 8h, 24h). Para el PM2.5, el valor umbral de alerta corresponde al 50% del valor PM10, tal como lo señala los lineamientos de la OMS, es decir 125 ug/m³ para 24 h (Minam, 2016, p.5).

Estándares de Calidad Ambiental – ECA; donde se señala los niveles de concentrado de sustancias, elementos, valores físicos, químicos y biológicos, que hay en el suelo como agente receptor que no represente riesgo significativo sobre la salubridad y el ambiente (Minam, 2017, p.2).

Estándares de calidad ambiental para aire; son los niveles permisibles de cantidad de contaminantes en el aire, cuya superación conllevaría a un riesgo de daño para el ambiente y para la salud humana (Oefa, 2015, p.13).

Tabla 4. ECA para aire

Parámetros	Periodos	Valor ug/m³	Criterios de evaluación	Método de análisis
PM con dimensión menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/ filtración (gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	

Fuente: DS N°003-2017-MINAM

Valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo; valen únicamente para la evaluación y control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos contenidos en la lista de valores (Minsa, 2005, p.5). Valores límites de exposición ocupacional para agentes químicos, véase anexo 4 (Minem, 2016, p.1).

Estándares de calidad ambiental para ruido; presentan los niveles máximos de ruido en el ambiente exterior, los mismos que no deben excederse a fin de protección de nuestra salud. Los niveles pertenecen a las unidades de presión de ruido continuo equivalente con ponderación A (Minam, 2013, p.13).

Nivel de presión sonora (NPS); datos determinados como 20 veces el logaritmo del cociente entre la presión sonora (PS) y una presión de referencia (Pref.) de 20 micropascales.

Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (LAeqT); es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el sonido medido.

Ruido, sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte a la salubridad.

Ruido ambiental, todos aquellos sonidos que pueden generar molestias fuera del ambiente donde se ubica el foco generador.

Sonómetro, equipo normalizado se emplea para determinar los niveles de presión sonora (Minam, 2013, p.14). “Contiene un micrófono, un amplificador, redes de ponderación de frecuencias y algún tipo de indicador de medición. Equipo que indica el nivel de presión sonora en decibeles (dB)” (Minem, 2020, p.314).

Las mediciones con el equipo sonómetro suelen usarse para encontrar las fuentes de exposición a presión sonora de los trabajadores o para realizar estudios de medición de presión sonora en el ambiente de trabajo; evaluar la exposición a presión sonora se necesita integrar el total de los niveles de presión sonora sobre un rango de tiempo oportuno para establecer una dosis de presión sonora del trabajador (Minem, 2020, p.314).

Monitoreo del ruido ambiental, es el valor del nivel de ruido generada por los distintos puntos hacia el exterior. Según al periodo que se presenta son estables, fluctuantes, intermitentes e impulsivos en un ambiente definido, existen 3 tipos de ponderación de frecuencia que corresponden a niveles de alrededor de 40, 70 y 100 dB, identificados como A, B y C respectivamente. La ponderación A se aplica a ruidos con bajo nivel, la B a los de nivel medio y C a los de nivel alto. Los datos obtenidos de una medición realizada con la red de ponderación A se expresa en decibeles A, abreviados dBA o algunas veces dB(A) (Minam, 2013, p.15).

Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para ruido, normativa que insta los estándares ambientales para ruido y lineamientos para no pasarlos, con la finalidad de salvaguardar nuestra salubridad, optimizar la calidad de vida de las poblaciones y promover el desarrollo sustentable (Minam, 2003, p.2).

Tabla 5. ECA para ruido

Zonas de aplicación	Valores límite expresados en L_{AeqT}^9	
	H. diurno	H. nocturno
Z. de protección especial	50 dBA	40 dBA
Z. de residencia	60 dBA	50 dBA
Z. de comercio	70 dBA	60 dBA
Z. industrial	80 dBA	70 dBA

Fuente: DS N°085-2003-PCM

Guía N°1 medición del ruido; versión actualizada al 2020 para cumplir el artículo 96° del reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería para evaluar la exposición del trabajador al ruido medido con equipo sonómetro, estos resultados para ser comparados con los límites establecidos por la norma, se tiene primero que calcular la dosis de exposición, con la ecuación establecida en la guía (Minem, 2020, p.313).

Dosis de ruido; evalúa si para una jornada laboral del día la dosis supera el 100%, de darse el caso, se concluiría que la exposición ha superado el límite permisible; por ejemplo, dosis de 90%, 87%, 88.5% concluyen que la exposición no está superando el límite máximo permisible, si tenemos dosis de 105%, 110% y 108,5% nos indica que se ha superado el límite máximo permisible (Minem, 2020, p.319).

Nivel equivalente de ruido; para ser comparado con los valores límites permisibles del nivel de ruido, de acuerdo al tiempo de exposición máxima en una jornada laboral y cumpliendo con los requisitos de la medición de escala de ponderación en "A" en dB (Minem, 2020, p.321).

Tabla 6. *Valores límite permisible del nivel de ruido*

Tiempo de exposición máxima en una jornada laboral	Escala de ponderación en "A" en dB
24 hrs/ día	80
16 hrs/ día	82
12 hrs/ día	83
8 hrs/ día	85
4 hrs/ día	88
2 hrs/ día	91
1 hrs/ día	94

Fuente: DS N°023-2017-EM

Tabla N°7 *Umbrales de exposición al ruido recomendados*

Tiempo	OMS/USEPA (dB)	OSHA (dB)	NIOSH 1997 (dB)/8h	RM N°375- 2008-TR, 2008 (dB)/día	DS. N°023- 2017-EM
8 h	75	90	85	85	85
4 h	78	95	88	88	88
2 h	81	100	91	91	---
1 h	84	105	94	94	94
1 hora 30 minutos	---	---	---	---	91
30 minutos	87	110	97	---	97
15 minutos	90	115	100	---	100
7 min 30 s	93	---	103	---	---
3 min 45 s	96	---	106	---	---
1 min 53 s	99	---	109	---	---
56 s	102	---	112	---	---
28 s	105	---	115	---	---
14 s	108	---	118	---	---
7 s	111	---	121	---	---
4 s	114	---	124	---	---

Fuente: Municipalidad de Lima, 2021

III. METODOLOGÍA

El capítulo describe la metodología que se aplicó para el presente estudio, en cuanto al tipo y diseño de investigación, la población y muestra en estudio, las variables y operacionalización, técnicas y los instrumentos de recolección de datos.

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Tipo de investigación aplicada, “se conoce como aplicadas porque se basa en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental; está orientada a resolver problemas que se presentan en la sociedad o comunidad, región o país, como problemas de salud, contaminación ambiental, entre otros” (Ñaupas et al, 2020, p.136).

Así mismo, el trabajo de investigación trata de resolver el problema de la exposición ambiental del personal al material particulado PM2.5 y presión sonora en la planta industrial del ámbito rural.

3.1.2. Diseño de investigación

Diseño no experimental longitudinal del tipo de tendencia, “aquellos que analizan cambios al paso del tiempo en categorías, conceptos, variables o sus relaciones de alguna población en general; su característica distintiva es que la atención se centra en la población o universo; se puede estudiar a toda la población, es importante señalar que los participantes o casos de la investigación no son los mismos, pero la población sí” (Hernández et al, 2014, p.160). “Estudia las características de las variables en un proceso de cambio, en este caso no se deben manipular las variables, solamente observar el proceso a lo largo de los periodos o el tiempo” (Arias, 2020, p.50).

Se realizó la compilación de información de las variables del periodo 2021 y se procedió a los cálculos de medición de la exposición laboral de todo el personal del área en estudio.

3.2. Variables y operacionalización

Variables

- V.1 material particulado PM2.5
- V.2 presión sonora

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de analisis

Población

Por tratarse de un diseño de investigación del tipo tendencia, se considera a toda la población en general (Hernández et al, 2014, p.160), la población estuvo conformado por todo el personal expuesto al material particulado PM2.5 y a la presión sonora en el área de la planta industrial UNICON en el año 2021 durante la producción de concreto premezclado donde se cuenta con 40 trabajadores entre todas las actividades.

“Existe la población finita que es cuando se conoce la cantidad de sujetos que integran la población” (Arias, 2020, p.59), para el estudio se tiene identificado a toda la población en general del área de influencia directa.

Muestra

No considero la toma de muestra del individuo, la medición de las variables fue para la población finita de trabajadores en general del área de la planta industrial, (Arias, 2020, p.).

Muestreo

Por método no probabilístico, se utilizó el muestreo intencional, consistiendo en no emplear método estadístico para el muestreo por presentar una población inferior, con particularidades semejantes a la población (Arias, 2020, p.59), eligiéndose a todo el personal (población) de la planta industrial, de acuerdo al criterio del investigador.

“Al realizar investigaciones no siempre se debe emplear la técnica del muestreo, sólo debe emplearse en casos necesarios, es decir, cuando el número de los elementos de la población, definida por el investigador, sea mayor de 500 elementos” (Mejía, 2005, p.103).

Se considero los resultados de la medición de las variables en estudio del año 2021 que fueron medidas trimestralmente, tanto para el material particulado PM2.5 (barlovento y sotavento) y presión sonora (interior y exterior) se contó con las estaciones definidas por el proyecto vial ubicadas en el área de operaciones de la planta industrial donde se encuentran las diferentes áreas operativas y el personal expuesto durante el tiempo de su permanencia hasta culminación de la actividad de producción.

Unidad de análisis

Conformado por las variables en estudio, relacionado a la población total o trabajadores en general de la planta industrial, quienes se encontraron expuestos al material particulado PM2.5 y presión sonora por las condiciones laborales propios del tipo de actividad.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Se utilizó la técnica de observación, para la recopilación documentaria del informe de monitoreo ambiental del año 2021 de las variables de la investigación en el área de la planta industrial, así como para las ecuaciones de cálculos establecidas en los documentos normativos vigentes.

3.4.2. Instrumentos

Se realizó la compilación de información, con obtención de los resultados del informe de monitoreo ambiental ejecutado en el área de la planta industrial para el periodo 2021, se utilizó la ficha de registro de observación como instrumento de recolección.

Para la determinación del nivel de exposición por las variables se aplicó las ecuaciones establecidas en la normatividad ambiental nacional para la exposición, para lo cual se utilizó la ficha de cotejo como instrumento para el estudio.

Los instrumentos generados y utilizados para el estudio de acuerdo a la conexión técnica – instrumento no son necesarios su validación (Arias, 2020, p.56); para mayor realce y autenticidad del presente estudio se realizó la validación de los instrumentos.

Determinación del nivel de exposición al material particulado PM2.5

$$CE = \frac{C_A \times TE \times FrE \times DuE}{PTE_M}$$

Donde:

CE	Concentración modificada de exposición ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C_A	Concentración del contaminante en aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
TE	Tiempo de exposición (h/ día)
FrE	Frecuencia de exposición (días/año)
DuE	Duración de la exposición (años)
PTE_M	DuE x días/año x horas/día = periodo de tiempo durante la exposición es promediada (h)

Determinación del índice de riesgo por vía de exposición del personal expuesto en función del valor de la concentración modificada de exposición.

$$IR = \frac{DE}{DdR}$$

Donde:

IR	Índice de riesgo, por vía de exposición
DE	Dosis de exposición ug/m^3
DdR	Dosis de referencia ug/m^3

Se utilizó la ecuación del indicador de calidad del aire del PM2.5 para la calificación cualitativa en relación a los resultados del monitoreo de calidad de aire, para posterior los valores obtenidos ser comparados con el INCA, así estableciéndonos los cuidados y recomendaciones a tener para el personal.

$$I (\text{PM2.5}) = \frac{\text{PM2.5} \cdot 100}{25}$$

Se comparó los valores de los resultados del monitoreo de aire con los valores del ECA del aire establecido por la normatividad vigente a través de gráficos descriptivos; así mismo, se comparó los resultados de la ecuación del INCA con los estándares de la normatividad.

Determinación del nivel de exposición a la presión sonora

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB}$$

Donde:

- L_{p,A,eqT_e} Es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.
 T_e Es la duración efectiva de la jornada laboral.
 T_0 Es la duración de referencia, $T_0 = 8 \text{ h}$.

Se comparó los resultados del monitoreo de ruido con los valores del ECA del ruido establecido por la normatividad vigente a través de gráficos descriptivos; para luego ser comparados con los valores límite permisible del nivel de ruido.

Para el proceso de datos se utilizó el software Microsoft excel de libre disposición académica con aplicación de fórmulas matemáticas y estadísticas.

3.5. Procedimientos

Se determinó el área en estudio de la planta industrial, posterior evaluar los resultados de las variables (PM2.5 y presión sonora) del monitoreo ambiental del año 2021.



Planta industrial UNICON, instalada en la zona de sierra del Perú

Se realizó el uso de las ecuaciones establecidas por la normatividad ambiental nacional para hallar los valores de niveles de exposición de las variables estudiadas.

Se elaboraron los gráficos comparativos de estadísticas descriptivas del material particulado PM2.5 y presión sonora de los resultados de monitoreo ambiental de las variables medidas con relación a los valores establecidos por los estándares de calidad ambiental y límites máximo permisibles de la normatividad vigente.

Se realizó el cálculo del riesgo de exposición humana a los niveles de las variables en estudio, empleándose la ecuación establecida para cuantificación de riesgo y compararlo con el índice para material particulado $IR > 1$, se considera que existe un riesgo para la salud inaceptado y se deben tomar medidas, y $IR < 1$, el riesgo es aceptado, para presión sonora con los ECA.

Se utilizó el método estadístico descriptivo para la determinación de la media, desviación estándar y coeficiente de variación en porcentaje, prueba T para las variables del estudio.

3.6. Método de análisis de datos

Comparación de datos determinados con valores establecidos por la normatividad vigente aplicando estadística descriptiva con aplicación de las medidas de tendencia central, elaboración de gráficos estadísticos comparativos; los resultados de los cálculos de exposición por material particulado y presión sonora se utilizó los índices establecidos para determinar el riesgo de exposición a la salud.

3.7. Aspectos éticos

Se utilizaron los valores obtenidos de la medición de las variables de los monitoreos ambientales llevados en el área de la planta industrial que es parte del proyecto vial; la investigación se ejecutará de acuerdo a los lineamientos establecidos por la casa superior de estudios universitarios, de esta manera cumplir con los requerimientos mínimos de proyectos de estudios.

IV. RESULTADOS

Se realizó la recopilación de los resultados de los informes trimestrales del monitoreo ambiental del año 2021 en la planta industrial UNICON para las variables del estudio, donde se empleó la ficha de registro de observación validado por los expertos; donde se identificó para el año en estudio solo 3 monitoreos ambientales ejecutados en el área para la medición de los parámetros evaluados.

Para el monitoreo de aire, la variable material particulado PM2.5 se tomó dos muestras por periodo de evaluación en la estación determinada por el proyecto vial, teniéndose en consideración para las muestras la orientación del viento (barlovento y sotavento) con respecto a la fuente que genera el contaminante.

En cuanto al monitoreo de la presión sonora o ruido, se tiene la toma de dos muestras por periodo de evaluación en la estación determinada por el proyecto vial, la primera en el interior de las instalaciones de la planta industrial y la segunda en el exterior de misma.

Tabla 8. Resultados del material particulado PM2.5 y presión sonora 2021

Descripción	Orientación	UTM		Periodo 2021			ECA
		Norte	Este	Febrero	Julio	Octubre	
Resultados de monitoreo de aire para PM2.5 (ug/m ³)	Barlovento	8821919	314645	15.53	21.38	14.80	50 ug/m ³
	Sotavento	8821856	314500	18.44	19.26	15.59	
Resultados de monitoreo de presión sonora (dB)	Interior	8826549	317483	60.40	70.40	71.70	80 dB Zona industrial
	Exterior	8826549	317661	56.10	73.90	74.30	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 8, se presenta las coordenadas UTM de la ubicación de las estaciones de monitoreo en la planta industrial, con los resultados trimestrales de las variables del periodo 2021, y el valor establecido por la normatividad ambiental vigente, las cuales fueron utilizados para la determinación del nivel de exposición del personal a las variables del estudio de investigación

Respondiendo al objetivo 1; caracterización del nivel de exposición al material particulado PM2.5 del personal en la planta industrial UNICON

Se realizaron los cálculos de la ecuación de concentración de exposición (CE) para determinar el nivel de exposición del personal al material particulado PM2.5 en el ambiente de trabajo, teniéndose los resultados siguientes en la tabla 8.

$$CE = \frac{C_A \times TE \times FrE \times DuE}{PTE_M}$$

Tabla 9. Concentración de exposición a PM2.5 - Barlovento

Nº	Periodo de monitoreo	Concentración del contaminante en el aire PM2.5 (ug/m³)	Tiempo de exposición (h/día)	Frecuencia de exposición (días/año)	Duración de la exposición (años)	Periodo de tiempo de exposición es promediada (h)	Concentración modificada de exposición (ug/m³)
		C _A	TE	FrE	DuE	PTE _M	CE
1	Febrero	15.53	0.33				3.26
2	Julio	21.38	0.38	230	24	8760	5.05
3	Octubre	14.80	0.38				3.50

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la aplicación de la ecuación establecida por la normatividad ambiental vigente para la determinación de la concentración de exposición a material particulado PM2.5 – Barlovento por el personal se tiene como resultado que la concentración modificada de exposición el mes de julio de 5.05 ug/m³ mayor exposición, y en el mes de febrero se tiene 3,26 ug/m³ menor exposición.

Tabla 10. Concentración de exposición a PM2.5 – Sotavento

Nº	Periodo de monitoreo	Concentración del contaminante en el aire PM2.5 (ug/m ³)	Tiempo de exposición (h/día)	Frecuencia de exposición (días/año)	Duración de la exposición (años)	Periodo de tiempo de exposición es promediada (h)	Concentración modificada de exposición (ug/m ³)
		C _A	TE	FrE	DuE	PTE _M	CE
1	Febrero	18.44	0.33				3.87
2	Julio	19.26	0.38	230	24	8760	4.55
3	Octubre	15.59	0.38				3.68

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la aplicación de la ecuación establecida por la normatividad ambiental vigente para la determinación de la concentración de exposición a material particulado PM2.5 – sotavento por el personal se tiene como resultado que la concentración modificada de exposición el mes de julio de 4.55 ug/m³ mayor exposición, y en el mes de octubre se tiene 3,68 ug/m³ menor exposición; se tomaron los valores por defecto para los parámetros FrE y DuE (véase anexo N°2).

Determinación del índice de riesgo (IR)

Se cálculo el índice de riesgo, la cual está dado por la dosis de exposición (concentración modificada de exposición) sobre la dosis de referencia (véase anexo N°4, polvo respirable)

Tabla 11. Índice de riesgo del nivel de exposición a PM2.5 - Barlovento

Nº	Dosis de exposición (ug/m ³)	Dosis de referencia (ug/m ³)	Índice de peligrosidad (ug/m ³)
	DE	DdR	IP
1	3.26		1.09
2	5.05	3.00	1.68
3	3.50		1.17

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se presenta los resultados del índice de riesgo de la estación barlovento, teniéndose en cuenta la dosis de referencia de estudios previos del anexo 15 del decreto supremo N°023-2017-EM.

Tabla 12. Índice de riesgo del nivel de exposición a PM2.5 – Sotavento

Nº	Dosis de exposición (ug/m ³)	Dosis de referencia (ug/m ³)	Índice de peligrosidad (ug/m ³)
	DE	DdR	IP
1	3.87		1.29
2	4.55	3.00	1.52
3	3.68		1.23

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se presenta los resultados del índice de riesgo de la estación sotavento, teniéndose en cuenta la dosis de referencia de estudios previos del anexo 15 del decreto supremo N°023-2017-EM.

- Determinación del índice de calidad del aire – INCA del material particulado PM2.5

Se realizó el cálculo del INCA (véase anexo N°3) aplicando los valores del resultado de medición del material particulado PM2.5 del monitoreo ambiental del periodo 2021, para realizar la comparación y posterior calificación cualitativa con valores establecidos por la normatividad, para lo cual se utilizó la ecuación siguiente:

$$I (PM2.5) = \frac{PM2.5 * 100}{25}$$

Tabla 13. Resultados de la ecuación del INCA – PM2.5

Orientación	Resultados (ug/m ³)	Ecuación	INCA
Barlovento	Feb. 15.53	62.12	
Sotavento	Feb. 18.44	73.76	
Barlovento	Jul. 21.38	85.52	Moderada
Sotavento	Jul. 19.26	77.04	(51 - 100)
Barlovento	Oct. 14.80	59.20	
Sotavento	Oct. 15.59	62.36	

Fuente: elaboración propia.

Aplicando la ecuación del Índice de Calidad del Aire – INCA para el material particulado PM2.5, se tiene el mes de julio 85.52 ug/m³ siendo el valor más alto del índice de calidad de aire y siendo el menor para el mes de octubre de 59.20 ug/m³.

Respondiendo al objetivo 2; caracterización del nivel de exposición a la presión sonora del personal en la planta industrial UNICON.

Se realizaron los cálculos, utilizándose la ecuación 11 de la NTP ISO 9612-2010 para determinar el promedio energético de los valores de presión sonora en el área de trabajo, para posterior utilizarse la ecuación 13 de la misma NTP para la determinación del nivel de exposición, considerándose el tiempo efectivo de 9 horas trabajadas y con un tiempo de referencia de 8 horas de la jornada laboral.

$$L_{p,A,eqT_e} = 10\log\left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}}\right) \text{ dB}$$

$$L_{p,A,eqT_e} = 10\log\left(\frac{1}{6} \times (10^{0.1 \times 60.4} + 10^{0.1 \times 56.1} + 10^{0.1 \times 70.4} + 10^{0.1 \times 73.9} + 10^{0.1 \times 71.7} + 10^{0.1 \times 74.3})\right)$$

$$L_{p,A,eqT_e} = 71.18 \text{ dBA}$$

De resolución de la ecuación empleando los valores de resultados del monitoreo ambiental se tiene el promedio energético de la presión sonora de 71.18 dBA, para ser utilizado el valor obtenido en la determinación del nivel de exposición del personal en la planta industrial UNICON.

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10\lg\left(\frac{T_e}{T_0}\right) \text{ dB}$$

Tabla 14. Determinación del nivel de exposición a la presión sonora

Estación	L _{p,A,eqT_e}	T ₀ (h)	T _e (h)	L _{EX,8h} = L _{p,A,eqT_e} + 10lg($\frac{T_e}{T_0}$) dB
Feb. Interior	71.18	8	9.00	71.69 dBA

Fuente: elaboración propia.

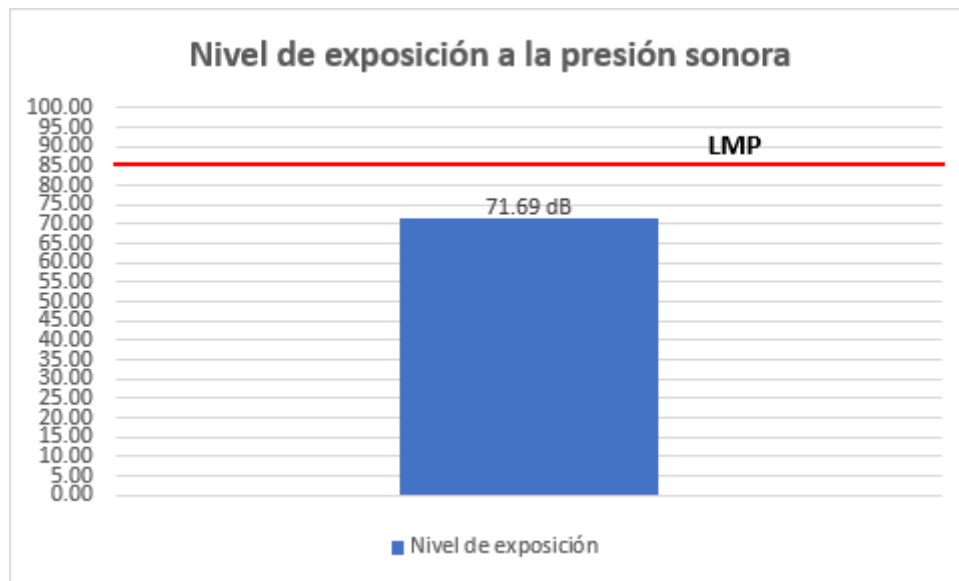


Figura 1. Determinación del nivel de exposición a la presión sonora

De resolución de la ecuación se tiene el nivel de exposición de 71.69 dBA para un tiempo efectivo de 9 horas laborales en la planta industrial UNICON, teniendo el límite permisible de 85 dB.

Determinación de la incertidumbre

$$L_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$$

$$L_{p,A,eqT} = \frac{1}{6} (60.4 + 56.1 + 70.4 + 73.9 + 71.7 + 74.3)$$

$$L_{p,A,eqT} = 67.80 \text{ dBA}$$

Se tiene la incertidumbre de los valores de la medición de la presión sonora en la planta industrial de 67.80 dBA.

Respondiendo al objetivo 3; comparación de los resultados de las variables evaluadas con los valores establecidos por el ECA.

Se realizó la comparación de los resultados de monitoreo ambiental del 2021 de las variables material particulado y presión sonora; así como, los resultados del cálculo de los niveles de exposición, siendo estos comparados con los ECA para

aire y ruido, y el indicador de calidad de aire – INCA, esto por ser una medición global del ambiente donde se ejecutan las actividades de la planta industrial de producción de concreto premezclado.

- **Comparación de los resultados de material particulado PM2.5 del monitoreo ambiental, con los ECA para aire.**

Se tiene el año 2021 los resultados de tres muestras de monitoreo ambiental del aire, cada muestra con dos estaciones de acuerdo a la orientación del viento (barlovento y sotavento) ubicada en el interior y exterior de la planta industrial.

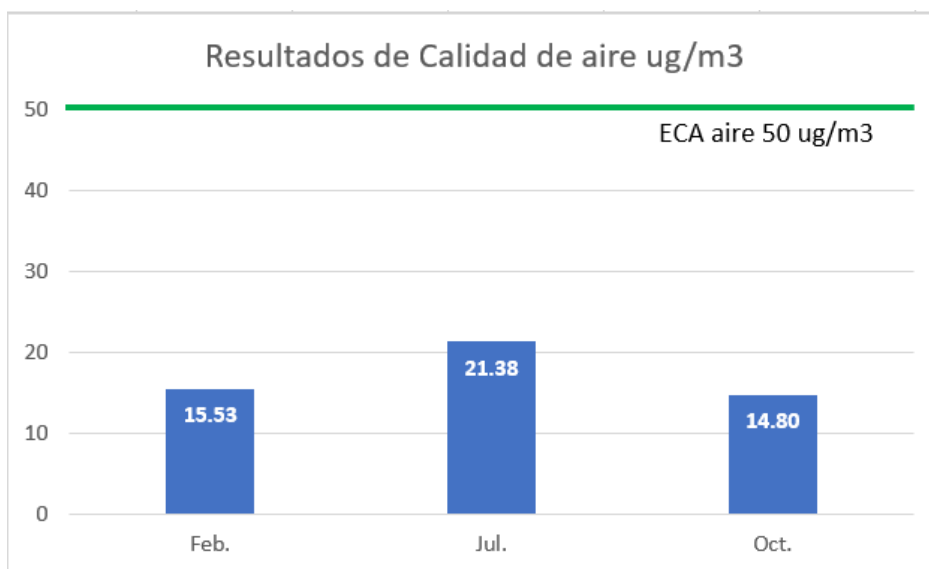


Figura 2. Comparación de resultados con ECA de aire – Barlovento.

De la comparación de los resultados con relación a los valores de los estándares de calidad ambiental para aire, se tiene los resultados de 21.38 dB para el mes de julio como mayor valor y como menor el mes de octubre de 14.80 dB.

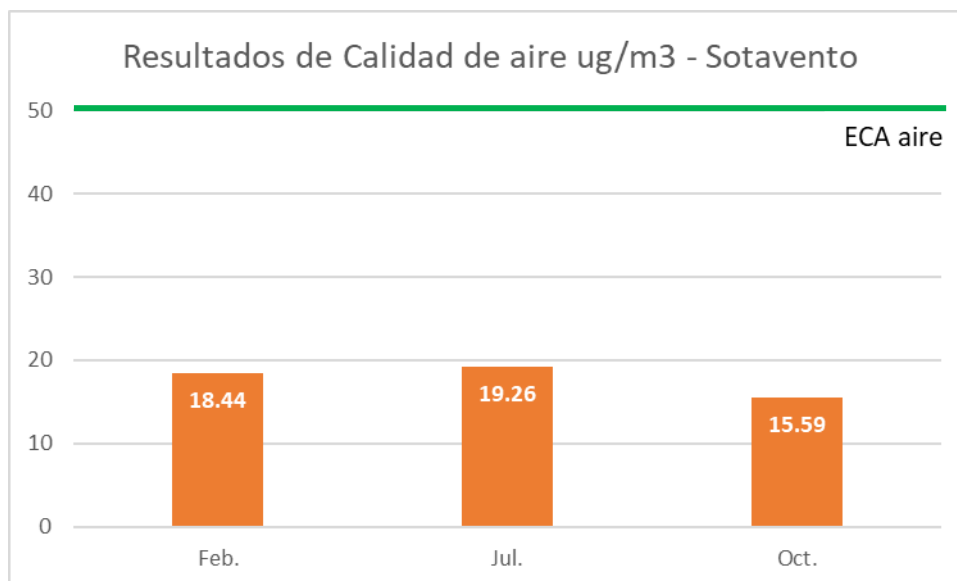


Figura 3. Comparación de resultados con ECA de aire – Sotavento.

De la comparación de los resultados con relación a los valores de los estándares de calidad ambiental para aire, se tiene los resultados de 19.26 dB para el mes de julio como mayor valor y como menor el mes de octubre de 15.59 dB.

- Comparación de los resultados del INCA del material particulado PM2.5 del monitoreo ambiental, con los valores establecidos por la norma.

Se tiene el año 2021 los resultados de tres muestras de monitoreo ambiental del aire, cada muestra con dos estaciones de acuerdo a la orientación del viento (barlovento y sotavento) ubicada en los interiores y exteriores de la planta industrial, las cuales son calificadas de acuerdo a los valores del INCA.

Tabla 15. Comparación de resultados del INCA

Calificación	Valor del INCA	Color	Resultados del cálculo del INCA (ug/m ³)					
Buena	0-50	Verde						
Moderada	51-100	Amarillo	62.12	85.52	59.2	73.76	77.04	62.36
Mala	100-VUEC*	Anaranjado						
VUEC*	>VUEC*	Rojo						

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al INCA, se tiene que todos los resultados de las mediciones aplicando la ecuación y comparando con la calificación, se encuentran en la tonalidad amarillo de 51 a 100 ug/m³, con calificación moderada.

- Comparación de resultados de presión sonora del monitoreo ambiental, con los ECA para ruido.

Se tiene el año 2021 los resultados de tres muestras de monitoreo ambiental de ruido, y la ubicación de las estaciones de acuerdo a lo estipulado en el proyecto vial y ejecutado en el interior y exterior según el protocolo de monitoreo de ruido ambiental para la planta industrial.

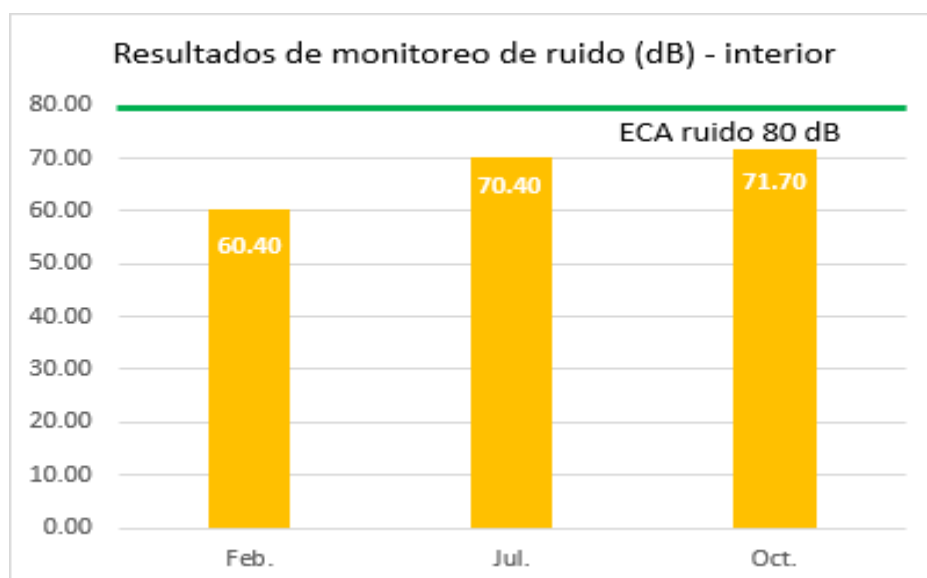


Figura 4. Comparación de resultados con ECA de ruido – interior.

De la comparación de los resultados de las muestras en las instalaciones de la planta industrial con relación a los valores de los ECA para ruido, se tiene el resultado de mayor valor de 71.70 dB en el mes octubre y de menor valor de 60.40 dB en el mes de febrero.

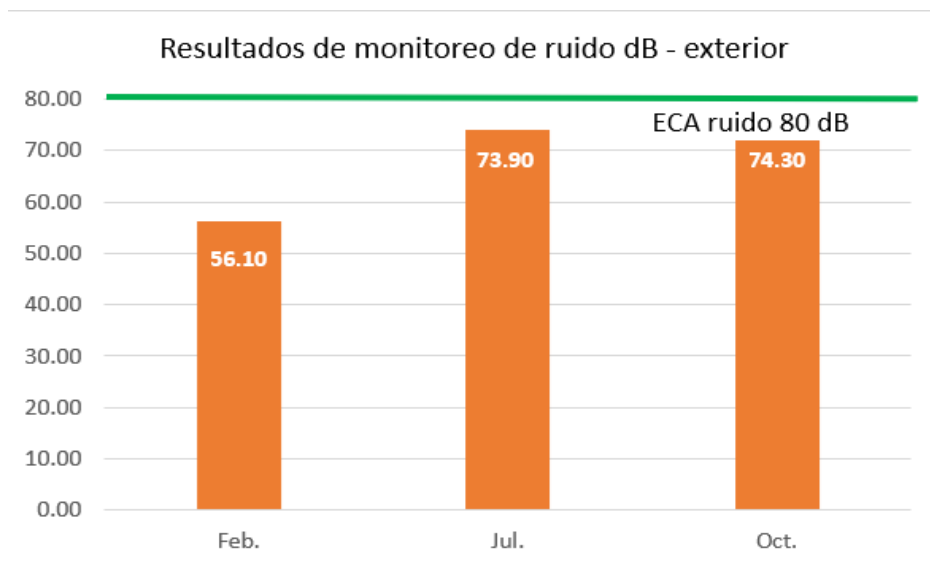


Figura 5. Comparación de resultados con ECA de ruido – exterior.

De la comparación de los resultados de las muestras en las instalaciones de la planta industrial con relación a los valores de los ECA para ruido, se tiene el resultado de mayor valor de 74.30 dB en el mes octubre y de menor valor de 56.10 dB en el mes de febrero.

Contraste de hipótesis

La cantidad de partículas en ambas partes muestreadas fueron muy similares a pesar que en el caso del barlovento hubo valores más variables (Tabla 16 y Figura 6).

Tabla 16. Estadísticos descriptivos de las partículas en el aire

Ubicación	N	Media (ug/m ³)	DE	CV (%)
	3	17.24	3.61	20.92
	3	17.76	1.93	10.84

N: Repeticiones; DE: Desviación estándar; CV(%): Coeficiente de variación en porcentajes.

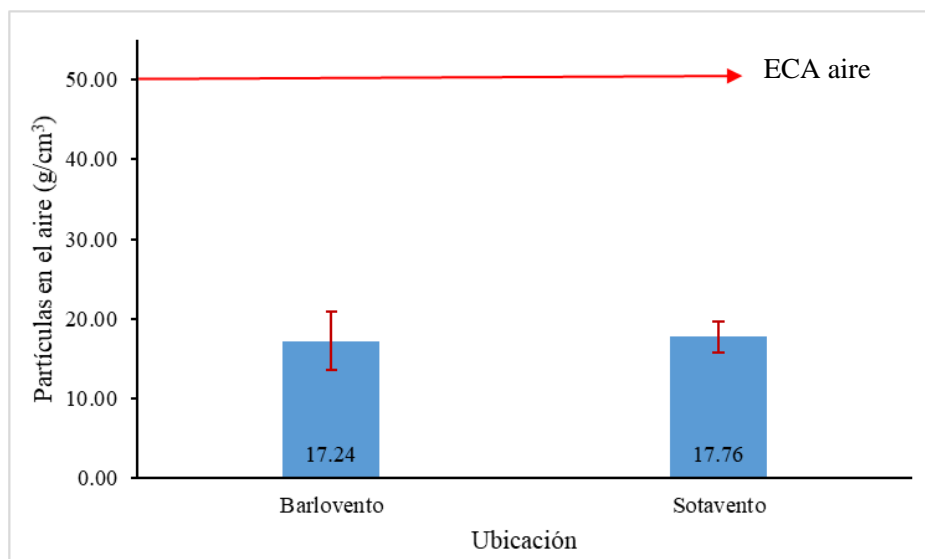


Figura 6. Estadísticos descriptivos y límite de calidad de las partículas

En el contraste de hipótesis se observa que los valores promedios de las muestras obtenidas están dentro del estándar de calidad del aire (Tabla 16).

Tabla 17. Prueba T para las partículas en el aire

Ubicación	T	GL	Valor P	Decisión
Barlovento	-15.73	2	0.0020**	$\bar{x} < \mu$
Sotavento	-28.99	2	0.0006**	$\bar{x} < \mu$

** : Existen diferencias estadísticas significativas al 99.0% de confiabilidad.

La media del ruido en los dos puntos de ubicación que se tomaron lectura fueron casi similares, además, se observa mayor variabilidad de los datos en las repeticiones obtenidas en la parte exterior, enunciado ratificado debido al valor del coeficiente de variación (Tabla 18 y Figura 7).

Tabla 18. Estadísticos descriptivos del ruido en la zona industrial

Ubicación	N	Media (dB)	DE	CV (%)
Interior	3	67.50	6.18	9.16
Exterior	3	68.10	10.39	15.26

N: Repeticiones; DE: Desviación estándar; CV (%): Coeficiente de variación en porcentajes.

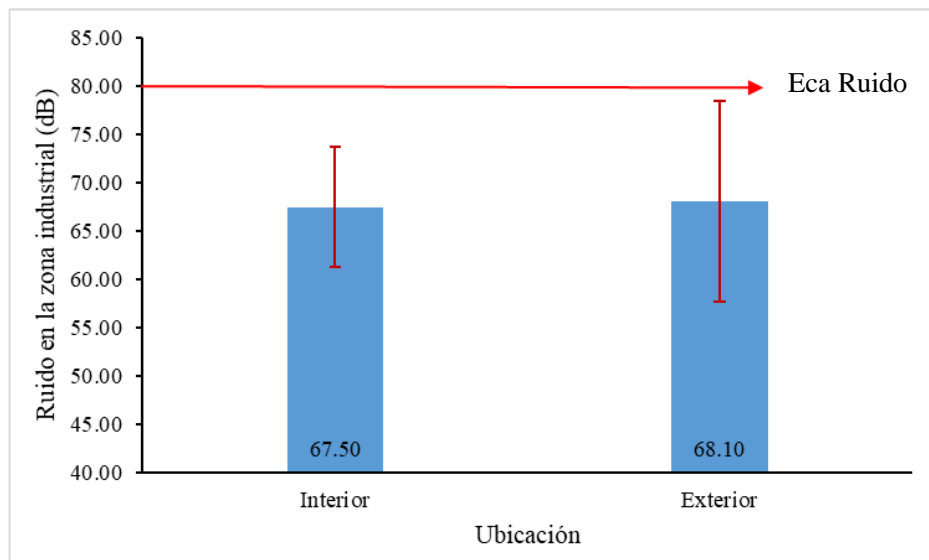


Figura 7. Estadísticos descriptivos y límite de calidad de la presión sonora

En el contraste de hipótesis, se registra que al encontrarse en la parte interior de la zona industrial, la media muestral (\bar{x}) fue inferior al parámetro poblacional (μ) indicado por la normativa nacional; resultados contrarios se encontró en caso de los datos tomados en la parte exterior de la zona industrial, en donde se acepta la hipótesis nula concerniente a que la media muestral (\bar{x}) es mayor o igual al valor del parámetro (μ) o límite de calidad del ruido considerada en la normativa nacional (Tabla 19).

Tabla 19. Prueba T para la presión sonora en la zona industrial

Ubicación	T	GL	Valor P	Decisión
Interior	-3.50	2	0.0364*	$\bar{x} < \mu$
Exterior	-1.98	2	0.0929 ^{ns}	$\bar{x} \geq \mu$

ns: No existen diferencias estadísticas significativas. *: Existen diferencias estadísticas significativas

V. DISCUSIÓN

De la caracterización del nivel de exposición al material particulado PM_{2.5}, de la resolución de la ecuación para las estaciones, la concentración modificada de exposición en los meses de febrero, julio y octubre del 2021 para la estación de barlovento presentan valores de 3.26 ug/m³, 5.05 ug/m³ y 3.50 ug/m³ y para la estación sotavento valores de 3.87 ug/m³, 4.55 ug/m³ y 3.68 ug/m³, demostrando que el personal expuesto a las operaciones de la planta industrial se encuentran vulnerables e inmersos a la posible afectación de la salud humana, esto de acuerdo a lo señalado por el índice de riesgo cuando el valor de exposición es mayor a la unidad (IR>1) se considera que existe un riesgo inaceptado para la salud y se deben tomar medidas, porque se está superando el umbral de exposición seguro, debe tenerse en cuenta la probabilidad que se origine un efecto adverso.

La determinación del índice de calidad del aire – INCA del material particulado PM_{2.5} para las estaciones barlovento y sotavento, se tiene el valor más alto de 85.52 ug/m³ en el mes de julio y el valor más bajo en el mes de octubre del periodo 2021, teniéndose así que todos los valores se encuentran dentro de la calificación moderada de tonalidad amarillo con rango del intervalo de del INCA de 51 a 100 con intervalos de concentraciones que van de 12.6 a 25 ug/m³, estando en riesgo la salud, la cual se tienen que seguir los cuidados y recomendaciones, para que se obtenga una calidad del aire aceptable y satisfactorio con el ECA de aire, pudiéndose realizar actividades al aire libre.

De la caracterización del nivel de exposición a la presión sonora del personal en la planta industrial UNICON, aplicando y resolviendo la ecuación se tiene el valor 71.69 dBA teniéndose que el valor obtenido se encuentra inferiores al límite permisible del nivel de ruido de 85 dB para 8 horas de trabajo de acuerdo a la normatividad nacional vigente; de acuerdo al estudio realizado por Casapia y Chirinos (2021) en obras de edificación, donde también aplico las ecuaciones de NTP-ISO 9612-2010 tiene resultados de 88.3 dBA, valores inferiores a lo determinado en la planta industrial.

Del análisis de la comparación de los resultados del monitoreo ambiental del material particulado PM2.5 con los valores establecidos en los ECA para aire, para las estaciones del periodo 2021, todos presentaron valores por debajo del estándar de calidad ambiental de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, teniendo el valor de 21.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el más próximo a lo establecido por la normatividad, indicándonos que el material particulado PM2.5 no representa riesgo significativo para la salud y el ambiente. Del estudio realizado por la municipalidad de Lima (2021) en las rutas del Damero de Pizarro se tienen los promedios de PM2.5 en el AII-1 de 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, AII-2 de 81.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, AII-3 de 72.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y AID de 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, teniendo mayores valores con respecto a la presión sonora de la planta industrial.

En cuanto al análisis de la comparación de los resultados del monitoreo ambiental de la presión sonora con los valores establecidos por la normatividad ambiental vigente del ECA para ruido, se tiene los valores de 71.70 dB y 74.30 dB del mes de octubre para la estación interior y exterior que más se aproximan al valor de 80 dB del estándar establecido, indicando que los valores determinados se encuentran por debajo de lo permitido. Del estudio realizado por la municipalidad de Lima (2021) en las rutas del Damero de Pizarro se tienen mayores valores de nivel de presión sonora ponderado para el tiempo de exposición de una hora de 82.9 dB respecto a las áreas externas (AII-1 de 76.7 dB, AII-2 de 78.7 dB, y AII-3 de 75.1 dB), teniendo mayores valores con respecto a la presión sonora de la planta industrial, considerándose el tiempo de exposición.

VI. CONCLUSIONES

1. De la caracterización del nivel de exposición al material particulado PM2.5 del personal en la planta industrial UNICON, se indica que de acuerdo al índice de riesgo que si la concentración es mayor a la unidad no se acepta y el personal se encuentra expuesto y poniendo en riesgo su integridad física que les pudieran generar afectaciones a la salud a corto, mediano y largo plazo, alterando su calidad de vida, más aún si el personal no cumple y exige a su empleador con la equipación y uso de los dispositivos de protección personal apropiados para el tipo de actividad y características del material particulado y sustancias que se generan en el ambiente de trabajo.

Así mismo, en cuanto a la determinación de la exposición de las dos estaciones, se observa que los valores del barlovento que se encuentra en área interna de operaciones de la planta industrial, estos son menores a los valores del sotavento que se encuentra en la zona externa a la planta industrial; teniéndose del análisis, que el material particulado que se generan en los ambientes de operaciones de la planta industrial son minimizados con sistemas de control para este tipo de actividad, pero siendo insuficiente para garantizar la exposición dentro de los límites aceptables; siendo todo lo contrario en los exteriores o áreas aledañas donde el material particulado no es controlado y dispersado por los factores ambientales propias de la zona de sierra.

2. De la caracterización del nivel de exposición a la presión sonora del personal en la planta industrial UNICON, se indica que el personal expuesto a la intensidad de sonido no es afectado su salud por la presión sonora, teniéndose resultados inferiores a los límites permisibles establecido por la normatividad vigente para un periodo de 8 horas de trabajo.
3. De la comparación de los resultados de las variables material particulado PM2.5 y presión sonora con los estándares de calidad ambiental para el aire, se indica que ambas variables los resultados se encuentran inferiores a los valores establecidos por la normatividad ambiental vigente, dichas mediciones

de monitoreo ambiental son fundamentales para la determinación del nivel de exposición a las variables en estudio que pudiesen o no afectar al personal expuesto durante su jornada laboral.

Con la determinación del índice de calidad de aire – INCA, donde los valores obtenidos de la resolución de la ecuación establecida por la normatividad para este tipo de estudios, se tiene la tonalidad amarilla que establece que el personal se encuentra afecto su salud a la exposición al material particulado PM2.5, teniéndose que aplicar las recomendaciones necesarias para obtener las condiciones adecuadas para una calidad de aire para realizar sus actividades sociales y laborales. Si bien los resultados del monitoreo ambiental se encuentran por debajo de los ECA para aire, esto no determina la calidad del aire durante la exposición del personal que está en función del tiempo diario y de la permanencia periódica durante sus actividades en su ambiente de trabajo.

4. De acuerdo al contraste de la hipótesis se tiene como resultado que se acepta la hipótesis alterna a pesar de existir diferencias significativas al 99% de confiabilidad, los valores determinados de las variables en estudio se encuentran enmarcados en los límites permisibles de la normatividad vigente.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar el equipamiento al personal expuesto en la planta industrial UNICON con los dispositivos necesarios y apropiados para la actividad, de acuerdo al material particulado y sustancias toxicológicas que se generan por este tipo de actividad industrial.

Realizar mayores estudios de exposición laboral en las plantas industriales de producción de concreto premezclado, donde se evidencia la ausencia de manejo y control por presencia de los factores climáticos distintos a la zona de costa del Perú.

Las actividades de las plantas industriales que por sus componentes e insumos que utilizan para la producción siempre generan material particulado y sustancias toxicas, siendo algunas de ellas minimizadas con apoyo de dispositivos, y en especial para la zona de sierra donde las condiciones ambientales son cambiantes bruscamente y no son de fácil control en su totalidad, se realicen estudios para determinar el nivel de afectación hacia la flora y fauna local por estas variables.

VIII. REFERENCIAS

ALDAZ, Geovanny. Material particulado y la afección a las vías respiratorias de los trabajadores del área de molino de la empresa Ecuacauchos. (Tesis de maestría). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2017. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26501>

Agencia de sustancias tóxicas y el registro de enfermedades – ATSDR. Estudio de sustancias tóxicas. 11 de abril del 2019. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/4/es_lecturenotes.html

ARIAS, José. Proyecto de tesis guía para la elaboración [en línea]. 1ª ed. Autor-editor Arequipa: 2020 [fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2236/1/AriasGonzales_ProyectoDeTesis_libro.pdf

ARIAS, Macarena y SILVA, Maritza. Análisis y valoración de riesgos laborales de la empresa Minabradec cia. Ltda, del parque industrial del cantón riobamba (Tesis de pregrado). Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador, 2019. Disponible en <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6130/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION.pdf>

ÁVILA, Jorge, RUIZ, Nancy, TIMARAN, Mery. Efectos en la salud de los trabajadores expuestos al ruido producido por la maquinaria de construcción vial. (Tesis de maestría). San Juan de Pasto: Universidad Mariana, 2015. Disponible en https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/1918/Efectos_Salud_Trabajadores.pdf?sequence=2

BEAS, Carlos. Evaluación de la incapacidad auditiva mediante el método AMA en trabajadores del sector de construcción en Lima Metropolitana 2014. (Tesis de maestría). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2016. Disponible en <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5665>

CASANOVA, Miguel, CALVET, Dolors, ROCA, Xavier. Complejos industriales [en línea]. 1º Ed. UPC, 2001 [fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: https://webaero.net/ingenieria/especificaciones_y_normas/General/Bibliografia_Documentacion/UPC_Complejos%20Industriales_Naves.pdf

CASTILLO, Gustavo. Evaluación de la concentración de material particulado generado por el trabajo de obra blanca en la empresa C&C arquitectura y diseño S.A.S. en la ciudad de montería. (Tesis de pregrado). Córdoba: Universidad de Córdoba, Colombia, 2020. Disponible en <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3382/castillomalogustavo.pdf?sequence=1>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. Efectos de las cuarentenas y restricciones de actividad relacionadas con el COVID-19 sobre la calidad del aire en las ciudades de América Latina. s.f. Julio del 2020. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45839/1/S2000476_es.pdf

Comunidad de Madrid. Instrucciones técnicas para el análisis de riesgos para la salud humana en el ámbito del real decreto 9/2005 de 14 de enero en la comunidad de Madrid. s.f. Julio 2011. Disponible. en https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/medio-ambiente/it_guia_final_2011_nologo_corregida_0.pdf

DE LA CRUZ, Diana. Material particulado (PM10 y PM2.5) para el análisis de riesgos en la salud de comerciantes del Mercado III Huayco Tarapoto-2020. (Tesis de pregrado). Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63853>

Fundación laboral de la construcción (España). Guía de medición de ruido en obras de construcción. Barcelona: FSP, 2018, 228 p. Disponible en <https://www.lineaprevencion.com/uploads/lineaprevencion/contenidos/files/arch5dfa1fa6ecaef.pdf>

GALVIS, Stephany [et al.]. Material particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas: una revisión narrativa. (Tesis de pregrado). Barranquilla: Universidad Simón Bolívar, 2020. Disponible en [https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/6733/Materia I Partificado Trastornos Sistemas Cardiovascular Respiratorio Resume n.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/6733/Materia_I_Partificado_Trastornos_Sistemas_Cardiovascular_Respiratorio_Resume_n.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

GUEVARA, Julio. Índice de la calidad de aire en el Distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos. (Tesis de pregrado). Tarapoto: Universidad Peruana Unión, 2017. Disponible en https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/799/Julio_Tesis_bachiller_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y

HERNÁNDEZ, Roberto [et al.]. Metodología de la investigación [en línea]. 6ª ed. México D. F.: McGraw Hill, 2014 [fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

MEJIA, Elias. Tecnicas e instrumentos de investigación [en línea]. 1ª ed. Lima: UNMSM, 2005 [fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://online.aliat.edu.mx/adistancia/InvCuantitativa/LecturasU6/tecnicas.pdf>

Ministerio del Ambiente (Perú). Informe nacional sobre el estado del ambiente – INEA. Lima: MINAM, 2019. pp.1. Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/inea/indicadores/concentracion-del-material-particulado-pm2-5-en-lima-metropolitana-2014-2019-ug-m3/>

Ministerio del Ambiente (Perú). Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados. Lima: MINAM, 2015. 145 p. Disponible en <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/02/Anexo-R.M.-N%C2%B0-034-2015-Guia-ERSA.pdf>

Ministerio del Ambiente (Perú). Índice de calidad del aire. Lima: MINAM, 2016. 6 p. Disponible en <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>

Ministerio del Ambiente (Perú). Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental para aire. Lima: MINAM, 2017, 4 p. Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-ea-aire-establecen-disposiciones>

Ministerio del Ambiente (Perú). Protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental. Lima: MINAM, 2013, 36 p. Disponible en <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/RM-N%C2%BA-227-2013-MINAM.pdf>

Ministerio del Ambiente (Perú). Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido. Lima: MINAM, 2003, 11 p. Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>

Ministerio de energía y minas (Perú). Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería. Lima: MINEM, 2020, 345 p. Disponible en <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/L>

[IBROS/RSSO/RSSO2020.pdf](#)

Ministerio de energía y minas (Perú). Anexo 15 Límites de exposición ocupacional para agentes químicos. Lima: MINEM, 2016, 2 p. Disponible en <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2016/Julio/28/DS-024-2016-EM-ANEXO-15.pdf>

Ministerio de trabajo y promoción del empleo (Perú). Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico. Lima: MTPE, 2008, 29 p. Disponible en <https://www.gob.pe/institucion/mtpe/normas-legales/394457-375-2008-tr>

Ministerio de salud (Perú). Reglamento sobre valores Límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo. Lima: MINSA, 2005, 31 p. Disponible en https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/280981/252380_DS015-2005-SA.pdf20190110-18386-10o4hbf.pdf

MONAGO, José. Sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S. A. para mejorar la calidad de aire referente al material particulado. (Tesis de pregrado). Huancayo: Universidad Continental, 2021. Disponible en https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9344/4/IV_FIN_107_TE_Monago_Cajahuaman_2021.pdf

Municipalidad de Lima (Perú). Evaluación de la exposición de los peatones al ruido y material particulado fino en el Damero de Pizarro. Lima: MUNLIMA, 2021, 35 p. Disponible en <https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/84ba19e00ae435b2.pdf>

NESTARES, Benilda. Evaluación del monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental de mixercon s.a. en su planta de concreto pre mezclado villa el salvador II, para identificar los riesgos a la salud de los trabajadores y

población de la zona – 2016. (Tesis de pregrado). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú, 2018. Disponible en <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/793>

Norma Técnica Peruana – NTP-ISO 9612-2010. Acústica, determinación de la exposición al ruido laboral, método de ingeniería [en línea]. 1ª ed. Perú: 2010. [fecha de consulta: 22 de marzo del 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/9753456/Determinaci%C3%B3n_de_la_exposici%C3%B3n_a_ruido_laboral_ISO_9612_2010

ÑAUPAS, Humberto [et al.]. Metodología de la investigación [en línea]. 5ª ed. Bogotá: ediciones de U, 2018 [fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>

Organismo de evaluación y fiscalización ambiental – OEFA. Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental [en línea]. 1ª ed. Perú: Cyclus Print Matt, 2015. [fecha de consulta: 15 de febrero del 2022]. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978

Organización panamericana de la salud – OPS. Salud de los trabajadores. S.f. Disponible en <https://www.paho.org/es/temas/salud-trabajadores>

Organización mundial de la salud – OMS. Contaminación del aire ambiente (exterior). 22 de setiembre del 2021. Disponible en [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

ORTEGA, Carolina. Exposición ocupacional a contaminación atmosférica de material particulado y enfermedades respiratorias laborales en trabajadores del sector de la construcción de edificaciones en Colombia. (Tesis de maestría). Medellín: Universidad CES, 2017. Disponible en

<https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/462/Exposici%F3n%20Ocupacional%20atm%20en%20trab%20de%20construcc.pdf;jsessionid=C40EF63EEB7B9B6CB1359E9D4FF46E6?sequence=1>

Observatorio de salud y medio ambiente de Andalucía (España). Ruido y Salud. Andalucía: OSMAN, 2009, 68 p. Disponible en https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfded&groupId=7294824

ROMERO, Marlon. Exposición laboral al ruido de los trabajadores de una mina a tajo abierto debido a la expansión, ubicación y tipo de actividad de los operadores, en la región norte del país. (Tesis de maestría). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 2015. Disponible en <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2919257>

TELLO, Nestor. Evaluación y control de ruido ocupacional en la empresa minera de explotación SERINGTELL E.I.R.L. Cobrepampa - Bella Unión – Arequipa 2018. (Tesis de pregrado). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, 2020. Disponible en https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3018/Nestor%20Tello_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TEJADA, Cristhian. Evaluación de la Afectación en la Población y el Ambiente por la generación de material particulado (PM2.5) en el barrio Huayco – Distrito de Tarapoto – Provincia de San Martín – 2018. (Tesis de pregrado). Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27024/Tejada_RCO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

THEWHELA, Benjamín. Análisis de la exposición a material particulado fino utilizando datos pasivos de transporte público. (Tesis de maestría). Santiago de Chile: Universidad de Chile, Chile, 2018. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168055>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V. 1 Material particulado PM2.5	Material sólido disperso en el aire, con diámetros inferiores o igual a 2.5 micras. Proviene de fuentes naturales, dependiendo de su dimensión, permanecen suspendidas en la atmósfera de unos segundos a varios meses (Inea, 2019, pp.1).	Registro de las muestras de PM2.5 del monitoreo ambiental del periodo 2021 realizado en la planta industrial. Determinación de la dosis de exposición, para lo cual se requiere los valores de concentración del PM en el medio.	ECA para aire, DS N°003-2017-MINAM Índice de calidad de aire – INCA. Nivel de exposición a material particulado	- Límite de exposición ocupacional para agentes químicos. - Calificación del índice de calidad del aire (buena, moderado, mala y VUEC)	Intervalo y ordinales
V. 2 Presión sonora	Presión sonora continuo equivalente con ponderación A (LAeqT); es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el sonido medido (Minam, 2013, p.14).	Registro de las muestras de ruido del monitoreo ambiental del periodo 2021 realizado en la planta industrial. Determinación del nivel de exposición, para lo cual se requiere los valores de ruido ambiental.	ECA para ruido, DS N°085-2003-PCM Nivel de exposición a presión sonora	- Valores límite permisible del nivel de ruido - Decibeles (dB)	Intervalo

Anexo 2. Valores por defecto para la ingestión de suelo y polvo

Parámetro	Descripción	Valores para Escenarios seleccionados		
		Parque/ Recreacional	Residencial	Industrial/ Comercial
C _S	Concentración de contaminante en el suelo [mg/kg]	Valores UCL95 o máximos (ver ítem 3.1)		
FBD _{ING}	Factor de biodisponibilidad o tasa de absorción del contaminante; ≤ 100% (≤1)	Valores empíricos de la bibliografía		
TI _{ING}	Tasa de ingestión de suelo y polvo [mg/día] (depende de edad y actividad)	100 (adultos) 200 (niños) ⁴ (USEPA 1989)	50 (adultos) 200 (niños) (USEPA 1991)	50 ¹ – 200 ² (adultos)
FrE	Frecuencia de exposición [días/año]	180 ³	365 ³	230 ³
DuE	Duración de la exposición [años]	24 (adultos) 6 (niños) (USEPA 1991)	24 (adultos) 6 (niños) (USEPA 1991)	24 (adultos) 6 (niños)
PC	Peso corporal [kg]	65 (adultos) 12 (niño) (USEPA 1991; adaptado a realidad Peruana)		
LT	Esperanza de vida (años)	74.5 (INEI Perú 2012; esperanza promedio de hombres)		
PTE _M	Periodo de tiempo promedio de exposición [años]	LT (cancerígeno) DuE (no cancerígeno)		

Fuente: Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente.

Anexo 3. Determinación de la ecuación del INCA – PM2.5

Barlovento

$$I(\text{PM2.5}) = \frac{15.53}{25} \cdot 100$$

$$= 62.12$$

$$I(\text{PM2.5}) = \frac{21.38}{25} \cdot 100$$

$$= 85.52$$

$$I(\text{PM2.5}) = \frac{14.8}{25} \cdot 100$$

$$= 59.2$$

Sotavento

$$I(\text{PM2.5}) = \frac{18.44}{25} \cdot 100$$

$$= 73.76$$

$$I(\text{PM2.5}) = \frac{19.26}{25} \cdot 100$$

$$= 77.04$$

$$I(\text{PM2.5}) = \frac{15.59}{25} \cdot 100$$

$$= 62.36$$

Anexo 4. Límites de exposición ocupacional para agentes químicos

TIPOS DE LÍMITES

TWA: Media Moderada en el Tiempo (*Time Weighted Average*). Para comparar con el promedio ponderado en el tiempo de exposición a concentraciones individuales durante toda la jornada de trabajo. Los límites TWA para 8 horas necesitan corrección al ser aplicados a jornadas de trabajo diferentes.

STEL: Exposición de Corta Duración: *Short Time Exposure Level*. Limita las exposiciones a corto tiempo, normalmente 15 minutos. Límite a comparar con la exposición promedio ponderada en el tiempo acumulada durante 15 minutos continuos. La exposición a concentraciones mayores no debe superar los 15 minutos y puede ocurrir un máximo de 4 veces por jornada con descansos de 1 hora mínimo entre exposiciones.

C: *Ceiling*. Nivel Techo de Exposición. Límite que en ningún momento deberá ser sobrepasado.

N°	Agentes Químicos (en el aire)	Límites de Exposición Ocupacional		
		TWA	STEL	Techo (C)
1	Acetona	500 ppm	750 ppm	
2	Ácido Acético	10 ppm	15 ppm	
3	Ácido Clorhídrico			2 ppm
4	Ácido Nítrico	2 ppm	4 ppm	
5	Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	10 ppm	15 ppm	
6	Amoniaco Anhidro	25 ppm	35 ppm	
7	Anhidrido Sulfuroso (SO ₂)	2 ppm	5 ppm	
8	Antimonio	0.5 mg/m ³		
9	Arseniato de Plomo	0.15 mg/m ³		
10	Arseniato de Calcio	1 mg/m ³		
11	Arsénico (can)	0.01 mg/m ³ A1		
12	Benceno (can)	0.5 ppm (p)		
13	Cianuro (Como CN)			5 mg/m ³ (p)
14	Cianuro de Hidrogeno (HCN)			4.7 ppm(p)
15	Cloro	0.5 ppm	1 ppm	
16	Clorobenceno	10 ppm	20 ppm	
17	Cloroformo	10 ppm		
18	Cobre (humo)	0.2 mg/m ³		
19	Cobre (polvo/neblina)	1 mg/m ³		
20	Dióxido de Carbono	5000 ppm	30000 ppm	
21	Dióxido de Nitrógeno	3 ppm	5 ppm	
22	Éter Etilico	400 ppm	500 ppm	
23	Fluoruro de Hidrogeno (HF)			2.5 mg/m ³
24	Formaldehido			0.3 ppm
25	Fosgeno	0.1 ppm		
26	Gasolina	500 ppm		
27	Hidrógeno (H)			5000 ppm
28	Humo de Cadmio (can)	0.01 mg/m ³		
29	Humo de Óxido Férrico	5 mg/m ³		
30	Manganeso	0.2 mg/m ³		
31	Mercurio	0.025 mg/m ³ (p)		
32	Metano (CH ₄)			5000 ppm
33	Monóxido de Carbono (CO)	25 ppm		
34	Mónóxido de Nitrogeno	25 ppm		
35	Neblina de ácido sulfúrico	1 mg/m ³	3 mg/m ³	
36	Oxígeno (O ₂)	19.5 %		22.5 %
37	Ozono Trabajo Pesado	0.05 ppm		
38	Ozono Trabajo Moderado	0.08 ppm		
39	Ozono Trabajo Ligero	0.1 ppm		
40	Ozono Trabajo Cualquiera (<= 2 horas)	0.2 ppm		
41	Plomo	0.05 mg/m ³		
42	Polvo de Carbón - Antracita	0.4 mg/m ³		
43	Polvo de Carbón - Bituminoso	0.9 mg/m ³		
44	Polvo inhalable (1)	10 mg/m ³		
45	Polvo respirable (1)	3 mg/m ³		
46	Selenio	0.2 mg/m ³		
47	Silice Cristalino Respirable (Cristobalita)	0.05 mg/m ³		
48	Silice Cristalino Respirable (Cuarzo)	0.05 mg/m ³		
49	Silice Cristalino Respirable (Tridimita)	0.05 mg/m ³		
50	Silice Cristalino Respirable (Trípoli)	0.1 mg/m ³		
51	Talio, Compuestos solubles de	0.1 mg/m ³ (p)		
52	Telurio	0.1 mg/m ³		
53	Tetracloruro de Carbono	5 ppm(p)	10 ppm(p)	
54	Tolueno	50 ppm(p)		
55	Uranio, Compuesto solubles e insolubles	0.2 mg/m ³	0.6 mg/m ³	
56	Vanadio, Polvos de V ₂ O ₅	0.5 mg/m ³		
57	Vanadio, Humos metálicos de V ₂ O ₅	0.1 mg/m ³		
58	Zinc (humo)	2 mg/m ³	10 mg/m ³	

(p): Además de la vía respiratoria se debe considerar absorción dérmica

(can): Compuesto con alguna calificación de cancerígeno

(1) Este valor es para material particulado inhalable (total) que no contenga amianto y con menos del 1% de sílice cristalina

*: Tomado del D.S. 015-2005-SA, sin modificar los valores establecidos.


CONVERSIÓN:

$$\text{mg} / \text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{PesoMolecular}}{24.45}$$

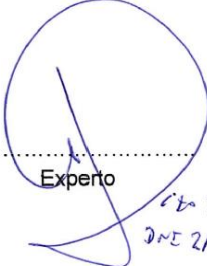
Cuando sea necesario, se debe considerar una corrección por presión y temperatura.

Fuente: Decreto supremo N°023-2017-EM-ANEXO 15

Anexo 5. Validación de instrumentos

 Universidad César Vallejo	Ficha de registro de datos
Título de la investigación	Nivel de exposición del personal al material particulado PM2.5 y presión sonora en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021
Fuente	Informes de monitoreo ambiental

Descripción	Orientación	UTM		Periodo 2021			ECA
		Norte	Este	Febrero	Julio	Octubre	
Resultados de monitoreo de calidad de aire para PM2.5 (ug/m ³)	Barlovento						
	Sotavento						
Resultados de monitoreo de ruido (dB)	Interior						
	Exterior						


 Experto
 C.V. 25155
 D.N.E. 21797383

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LEVANO CAISOSTOMO ROSE DALUDES
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIVERSIDAD MAC. ABR. SELVA
 1.3. Especialidad o línea de investigación: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de datos.....
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Vara Rony Antonio.....

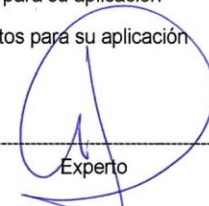
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													8
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													8
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													8
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												8	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												8	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												8	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												8	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												8	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												8	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												8	


III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

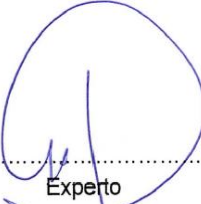
IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


 Experto
 C.P. 25155
 DNI 21797383

Lima, marzo 28 del 2022

 Universidad César Vallejo	Ficha de cotejo
Título de la investigación	Nivel de exposición del personal al material particulado PM2.5 y presión sonora en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021

Nº	V. material particulado	Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1	Las ecuaciones utilizadas para medir el nivel de exposición son establecidas en la normatividad ambiental peruana.	X		Guía para la elaboración de estudios de ERSA en sitios contaminados, resolución ministerial N°034-2015-Minam; segunda disposición complementaria del decreto supremo N°012-2017-Minam.
2	Las variables de las ecuaciones utilizadas tienen relación con los resultados de los parámetros del monitoreo de calidad de aire del área del estudio de investigación.	X		En el marco del decreto supremo N°012-2017-Minam criterios para la gestión de sitios contaminados, segunda disposición complementaria.
3	Los resultados de las ecuaciones pueden ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental – ECA.	X		ECA para aire decreto supremo N°003-2017-Minam, son valores medidos en el ambiente como indicador global.
4	Los resultados de las ecuaciones pueden ser comparados con los Límites Máximos Permisibles – LMP		X	Los LMP son valores medidos de la generación del contaminante por una fuente emisora.
5	La ecuación para el cálculo del índice de calidad del aire es un instrumento para medición del estado de calidad del aire.	X		Índice de calidad del aire – INCA, resolución ministerial N°181-2016-Minam.
Nº	V. presión sonora	Si	No	Observaciones
6	La ecuación utilizada para medir el nivel de exposición es establecida en la normatividad ambiental peruana.	X		Guía N°1 medición de ruido, decreto supremo N°023-2017-EM del RSSO en minería edición 2020.
7	El resultado de la ecuación puede ser comparado con los estándares ambientales vigentes.	X		ECA para ruido decreto supremo N°085-2003-PCM.



 Experto
 CPA 25755
 DNI 21797383

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LEVANO CRISOSTOMO JOSE DOLORES
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIVERSIDAD NAC. ABR. SELVA
 1.3. Especialidad o línea de investigación: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de cotejo.....
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Vara Rony Antonio.....

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

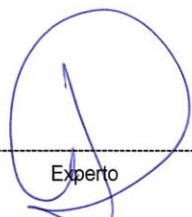
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												8	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												8	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												8	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											8		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											8		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											8		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												8	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											8		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											8		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												8	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 92.5

Lima, marzo 28 del 2022



 Experto
 CPA 25155
 DNI 21797383

 Universidad César Vallejo	Ficha de registro de observación
Título de la investigación	Nivel de exposición del personal al material particulado PM2.5 y presión sonora en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021
Fuente	Informes de monitoreo ambiental

Descripción	Orientación	UTM		Periodo 2021			ECA
		Norte	Este	Febrero	Julio	Octubre	
Resultados de monitoreo de calidad de aire para PM2.5 (ug/m ³)	Barlovento						
	Sotavento						
Resultados de monitoreo de ruido (dB)	Interior						
	Exterior						



 Experto
 DNI 41626187
 C.P. 102895

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cardenas Uchi Fabra Pierre
 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista en Medio Ambiente LVA
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de observación
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Vara Rony Antonio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	


III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
 - El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


 Experto
 DNI 41020187
 C.P. 102895

Lima, Abril. 01. del 2022

 Universidad César Vallejo	Ficha de cotejo
Título de la investigación	Nivel de exposición del personal al material particulado PM2.5 y presión sonora en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021

Nº	V. material particulado	Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1	Las ecuaciones utilizadas para medir el nivel de exposición son establecidas en la normatividad ambiental peruana.	X		Guía para la elaboración de estudios de ERSA en sitios contaminados, resolución ministerial N°034-2015-Minam; segunda disposición complementaria del decreto supremo N°012-2017-Minam.
2	Las variables de las ecuaciones utilizadas tienen relación con los resultados de los parámetros del monitoreo de calidad de aire del área del estudio de investigación.	X		En el marco del decreto supremo N°012-2017-Minam criterios para la gestión de sitios contaminados, segunda disposición complementaria.
3	Los resultados de las ecuaciones pueden ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental – ECA.	X		ECA para aire decreto supremo N°003-2017-Minam, son valores medidos en el ambiente como indicador global.
4	Los resultados de las ecuaciones pueden ser comparados con los Límites Máximos Permisibles – LMP		X	Los LMP son valores medidos de la generación del contaminante por una fuente emisora.
5	La ecuación para el cálculo del índice de calidad del aire es un instrumento para medición del estado de calidad del aire.	X		Índice de calidad del aire – INCA, resolución ministerial N°181-2016-Minam.
Nº	V. presión sonora	Si	No	Observaciones
6	La ecuación utilizada para medir el nivel de exposición es establecida en la normatividad ambiental peruana.	X		Guía N°1 medición de ruido, decreto supremo N°023-2017-EM del RSO en minería edición 2020.
7	El resultado de la ecuación puede ser comparado con los estándares ambientales vigentes.	X		ECA para ruido decreto supremo N°085-2003-PCM.



 Experto
 DNI 91626187
 CIP 102895

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cardenas Vsh. Rahva Pierre
 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista en Medio Ambiente -CVA
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de cotejo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Vara Rony Antonio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													/
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													/
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												/	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												/	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												/	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												/	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												/	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												/	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												/	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 92

Lima, abril. 01. del 2022


 Experto
 DNI 71626187
 CEP 102795

 Universidad César Vallejo	Ficha de registro de observación
Título de la investigación	Nivel de exposición del personal al material particulado PM2.5 y presión sonora en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021
Fuente	Informes de monitoreo ambiental

Descripción	Orientación	UTM		Periodo 2021			ECA
		Norte	Este	Febrero	Julio	Octubre	
Resultados de monitoreo de calidad de aire para PM2.5 (ug/m ³)	Barlovento						
	Sotavento						
Resultados de monitoreo de ruido (dB)	Interior						
	Exterior						



 Experto
 DNI : 40826388
 CIP : 125306

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Rojas del Acuña, Paola Idania
 1.2. Cargo e institución donde labora: ESPECIALIDAD AMBIENTAL
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Medio Ambiente
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de observación
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Vara Rony Antonio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
 - El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación


IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


 Experto

DNI : 40826388

CIP : 125506

Lima, Abril..01.. del 2022

 Universidad César Vallejo	Ficha de cotejo
Título de la investigación	Nivel de exposición del personal al material particulado PM2.5 y presión sonora en la planta industrial UNICON, Oyón, Lima 2021

Nº	V. material particulado	Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1	Las ecuaciones utilizadas para medir el nivel de exposición son establecidas en la normatividad ambiental peruana.	X		Guía para la elaboración de estudios de ERSA en sitios contaminados, resolución ministerial N°034-2015-Minam; segunda disposición complementaria del decreto supremo N°012-2017-Minam.
2	Las variables de las ecuaciones utilizadas tienen relación con los resultados de los parámetros del monitoreo de calidad de aire del área del estudio de investigación.	X		En el marco del decreto supremo N°012-2017-Minam criterios para la gestión de sitios contaminados, segunda disposición complementaria.
3	Los resultados de las ecuaciones pueden ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental – ECA.	X		ECA para aire decreto supremo N°003-2017-Minam, son valores medidos en el ambiente como indicador global.
4	Los resultados de las ecuaciones pueden ser comparados con los Límites Máximos Permisibles – LMP		X	Los LMP son valores medidos de la generación del contaminante por una fuente emisora.
5	La ecuación para el cálculo del índice de calidad del aire es un instrumento para medición del estado de calidad del aire.	X		Índice de calidad del aire – INCA, resolución ministerial N°181-2016-Minam.
Nº	V. presión sonora	Si	No	Observaciones
6	La ecuación utilizada para medir el nivel de exposición es establecida en la normatividad ambiental peruana.	X		Guía N°1 medición de ruido, decreto supremo N°023-2017-EM del RSO en minería edición 2020.
7	El resultado de la ecuación puede ser comparado con los estándares ambientales vigentes.	X		ECA para ruido decreto supremo N°085-2003-PCM.

.....
 Experto

DNI: 40826388

CIP: 125506

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ROALES DEL AGUILA PAOLA IDARUA
 1.2. Cargo e institución donde labora: ESPECIALISTA AMBIENTAL
 1.3. Especialidad o línea de investigación: MEDIO AMBIENTE
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de cotejo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Vara Rony Antonio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, abril...01. del 2022


 Experto

 DNI: 40826388
 CIP: 125506