

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

TEMA:

Diseño de una capota de contención con sistema de extracción localizada para mitigar el polvo que se genera en el área de descarga de materia prima al granel en una planta de alimento balanceado.

AUTORA:

Sánchez Pincay Lisly Pamela

Previo a la obtención del grado Académico de:

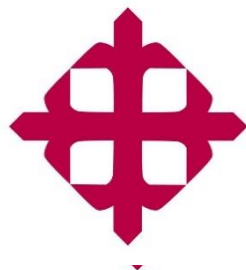
MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

TUTOR:

Psi. Alexandra Galarza

Guayaquil, Ecuador

2026



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la **Ing. Lisly Sanchez Pincay**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Seguridad y Salud en el Trabajo**.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Psi. Alexandra Galarza, Mgs.

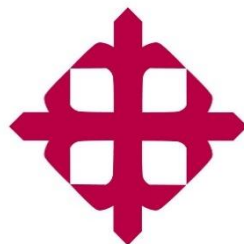
REVISORA

Lic. Andrea Ocaña Ocaña, Ph.D.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Dr. Ricardo Loaiza Cucalón, Mgs.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2026



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Lisly Pamela Sánchez Pincay

DECLARO QUE:

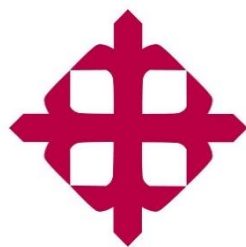
El Proyecto de Investigación **“Diseño de una capota de contención con sistema de extracción localizada para mitigar el polvo que se genera en el área de descarga de materia prima al granel en una planta de alimento balanceado”** previa a la obtención del **Grado académico de Magister en Seguridad y Salud en el Trabajo**, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2026

EL AUTOR

Ing. Lisly Pamela Sánchez Pincay



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Lisly Pamela Sánchez Pincay

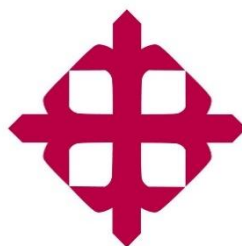
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Proyecto de Investigación del Magister en Seguridad y Salud en el Trabajo** titulada: “**Diseño de una capota de contención con sistema de extracción localizada para mitigar el polvo que se genera en el área de descarga de materia prima al granel en una planta de alimento balanceado**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2026

EL AUTOR:



Ing. Lisly Pamela Sánchez Pincay



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

INFORME DE COMPILATIO

TEMA: Diseño de una capota de contención con sistema de extracción localizada para mitigar el polvo que se genera en el área de descarga de materia prima al granel en una planta de alimento balanceado

MAESTRANTE: Lisly Pamela Sánchez Pincay

MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, III COHORTE

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magister

**CASO DE ESTUDIO - SÁNCHEZ
PINCAY LISLY (1)**

9%
Textos
sospechosos

2% Similitudes
0 % similitudes entre
comillas
< 1 % entre las fuentes
mencionadas
1% Idiomas no reconocidos
6% Textos potencialmente
generados por la IA

Nombre del documento: CASO DE ESTUDIO - SÁNCHEZ PINCAY LISLY (1).docx ID del documento: 36cad85ceec66f2d1750e043752e2b83daaa1aed Tamaño del documento original: 7,18 MB	Depositante: José Alberto Medina Crespo Fecha de depósito: 14/2/2026 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 14/2/2026	Número de palabras: 16.621 Número de caracteres: 110.485
---	--	---

ELABORADO POR: Psi. Alexandra Galarza, Mgs.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la fortaleza y constancia que me permitió culminar este proceso académico, a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y al Sistema de Posgrado por los conocimientos impartidos que contribuyeron a mi formación profesional en el ámbito de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

De manera especial, expreso mi gratitud a mi tutor de tesis por su guía, orientación y observaciones técnicas que permitieron fortalecer el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, agradezco a la empresa donde se realizó el estudio y a sus colaboradores, por facilitar la información y el acceso necesarios para la ejecución de este trabajo.

Ing. Lisly Pamela Sánchez Pincay

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a mi familia, por ser mi apoyo incondicional en cada etapa de este camino, gracias por la paciencia, el ánimo constante y la confianza incluso en los momentos de cansancio y duda; su respaldo ha sido el motor que me permitió seguir adelante hasta alcanzar este objetivo.

De manera especial, dedico esta tesis a mi madre por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia, este logro también le pertenece sin duda alguna porque detrás de cada meta alcanzada siempre estuvo su guía, su amor y su fe en mí.

Asimismo, este logro también le concierne a mi hija quien ha sido mi mayor motivación e inspiración, cada sacrificio y cada meta llevan su nombre y el deseo de ser un ejemplo para su futuro.

Ing. Lisly Pamela Sánchez Pincay

ÌNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA.....	VII
ÌNDICE DE TABLAS	X
ÌNDICE DE GRÁFICOS.....	XI
ÌNDICE DE ILUSTRACIONES	XII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. PLANTEAMIENTO DEL CASO.....	2
1.1 Descripción del contexto y Problema central	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Riesgos Químicos – Exposición al Polvo Respirable en Procesos Industriales	5
2.3 Higiene Industrial.....	6

2.4 Jerarquía de Controles de Riesgos y Sistema de extracción	7
2.5 Gestión de Riesgos.....	8
2.6 Seguridad y Salud Ocupacional	9
2.7 Ciclo Deming PHVA.....	10
2.8 AutoCAD	11
2.9 Factores de Riesgos - Equipos de Protección Personal	12
2.10 Normativas Nacionales	12
2.10.1 Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo	12
2.10.2 Decreto 255:2024.....	13
2.10.3 Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo	14
2.11 Normativas Internacionales.....	14
2.11.1 Norma ACGIH	14
2.11.2 Norma OSHA.....	15
2.11.3 Norma NIOSH	16
CAPÍTULO III.....	17
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
3.1 Tipo de Investigación.....	17
3.2 Diseño de Investigación.....	18
3.3 Procedimiento Metodológico.....	19
3.3.1 Análisis de los niveles de concentración de polvo respirable	19

3.3.2 Evaluación de la percepción del polvo respirable en el año 2025	27
3.4 Uso de Inteligencia Artificial Generativa en la Investigación	37
CAPÍTULO IV	38
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	38
4.1 Análisis de la exposición ocupacional al polvo respirable.....	38
4.2 Resultados de la evaluación de la percepción del polvo respirable – Primera parte de la encuesta	42
4.3 Diseño de la capota de contención con extracción localizada y Plan de mejora continua (PVHA)	44
4.3.2 Aplicación del ciclo de mejora continua – Ciclo Deming PHVA	50
5. DISCUSIÓN	55
6. CONCLUSIONES	58
7. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	62
ANEXO 1.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 - Resultados de Mediciones 2022</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2 - Resultados de Mediciones 2023</i>	<i>22</i>

<i>Tabla 3 - Resultados de Mediciones 2024</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4 Elaboración propia con base en informes DEPROIN S.A 2022-2023-2024</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5 - Cuadro Comparativo de los límites por ACGIH</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 6 - Encuesta: Pregunta número uno</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7 - Encuesta: Pregunta número dos</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8 - Encuesta: Pregunta número tres.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 9 - Encuesta: Pregunta número cuatro</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 10 - Encuesta: Pregunta número cinco.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 11 – Encuesta: Pregunta número seis.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 12 - Encuesta: Pregunta número siete</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 13 - Encuesta: Pregunta número ocho.....</i>	<i>35</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfica 1 - Datos Estadísticos de la pregunta uno.....</i>	<i>29</i>
<i>Gráfica 2 - Datos Estadísticos de la pregunta dos</i>	<i>30</i>

<i>Gráfica 3 - Datos Estadísticos de la pregunta tres</i>	<i>31</i>
<i>Gráfica 4 - Datos Estadísticos de la pregunta cuatro</i>	<i>32</i>
<i>Gráfica 5 - Datos Estadísticos de la pregunta cinco</i>	<i>33</i>
<i>Gráfica 6 - Datos Estadísticos de la pregunta seis.....</i>	<i>34</i>
<i>Gráfica 7 - Datos Estadísticos de la pregunta siete</i>	<i>35</i>
<i>Gráfica 8 - Datos Estadísticos de la pregunta ocho</i>	<i>36</i>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 - Área de Descarga MP al Granel.....</i>	<i>46</i>
---	-----------

<i>Ilustración 2 - Ingreso de Camiones al Área de Descarga al Granel</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 4 - Área interna del Galpón de Descarga al Granel</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 3 - Área de Rejilla.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 5 - Diseño Técnico de un Sistema de Extracción localizada AutoCAD 2D</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 6 - Diseño Técnico de un Sistema de Extracción localizada AutoCAD 2D</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 7 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 1</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 8 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 2</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 9 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 3</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 10 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 1</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 11 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 2</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 12 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 3</i>	<i>73</i>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la exposición ocupacional a polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel de una planta de elaboración de alimento balanceado para camarón, mediante un enfoque descriptivo y transversal. El estudio se desarrolló a partir del análisis de datos históricos de monitoreo ambiental correspondientes a los años 2022, 2023 y 2024, obtenidos bajo la metodología NIOSH 0600, así como la aplicación de una encuesta al personal expuesto durante el año 2025, con el fin de complementar el diagnóstico técnico mediante la percepción de los trabajadores.

Mediante los análisis realizados de monitoreo ambiental se evidenciaron concentraciones de polvo respirable, mismos que superan los límites de exposición establecidos por las normativas ACGIH y la OSHA, determinando como punto crítico el área de descarga de materia prima al granel. A su vez los resultados de la encuesta manifestaron una percepción generalizada de presencia constante de partícula durante la jornada laboral.

De acuerdo con la evidencia obtenida se desarrolló el diseño conceptual de una capota de contención con sistema de extracción localizada, modelado en el software AutoCAD, como una propuesta de control de ingeniería, con el fin de contribuir al control de la dispersión de partículas de polvo en la fuente de generación.

A continuación, se estableció un esquema de mejora continua derivado del ciclo Deming PHVA con la finalidad del análisis de la exposición ocupacional y la propuesta técnica basada en datos diagnósticos. Es importante señalar que la valoración de la eficacia del sistema propuesto será parte de una investigación futura misma que no es tratada en el presente caso de estudio.

Palabras clave

Polvo respirable, control de ingeniería, capota de contención, higiene industrial, ventilación por extracción localizada.

ABSTRACT

This research aimed to analyze occupational exposure to respirable dust in the bulk raw material unloading area of a shrimp feed manufacturing plant, using a descriptive and cross-sectional approach. The study was developed based on the analysis of historical environmental monitoring data from 2022, 2023, and 2024, obtained using the NIOSH 0600 methodology, as well as the application of a survey to exposed personnel during 2025, in order to complement the technical diagnosis with the workers' perceptions.

The environmental monitoring analyses revealed concentrations of respirable dust that exceed the exposure limits established by the ACGIH and OSHA regulations, identifying the bulk raw material unloading area as a critical point. Furthermore, the survey results indicated a widespread perception of the constant presence of particulate matter during the workday. Based on the evidence obtained, a conceptual design for a dust containment hood with a local exhaust ventilation system was developed and modeled using AutoCAD software. This design was presented as an engineering control proposal to help control dust particle dispersion at the source.

A continuous improvement scheme derived from the Deming PDCA cycle was then established for the purpose of analyzing occupational exposure and developing a technical proposal based on diagnostic data. It is important to note that evaluating the effectiveness of the proposed system will be part of a future investigation, which is not addressed in this case study.

Keywords

Respirable dust, engineering control, containment hood, industrial hygiene, local exhaust ventilation.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se desarrolla en una empresa dedicada a la elaboración de alimentos piensos compuestos para animales especializada en acuicultura, ubicada en km 15 ½ vía a la costa, dicha entidad es considerada como mediana empresa por el número de sus colaboradores, contando con certificaciones como Global G.A.P, BPA y HACCP; pero se desarrolla también la implementación de BAP y ASC.

A su vez el área de descarga de materia prima al granel se identifica como punto crítico de generación de polvo respirable durante la jornada laboral, determinado a través del monitoreo ambiental realizado desde el año 2022 hasta el 2024, mismos que evidencian niveles de exposición que superan los límites establecidos por la norma ACGIH y OSHA. En particular la exposición de partículas de polvo puede llegar a afectar las zonas respiratorias, cuando no se implementan medidas de control adecuadas; siendo el presente estudio ayuda para la identificación de niveles de exposición y en la caracterización del riesgo presente en el ambiente laboral.

En este contexto, la investigación se orienta a analizar la información histórica de monitoreo ambiental y a complementar el diagnóstico técnico mediante la evaluación de la percepción del riesgo del personal expuesto. A partir de este diagnóstico, se plantea el diseño de una capota de contención con sistema de extracción localizada como una propuesta técnica de control de ingeniería, alineada con la jerarquía de controles de riesgo y con los principios de la higiene industrial, con el fin de mitigar la dispersión de polvo respirable en la fuente de generación.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL CASO

1.1 Descripción del contexto y Problema central

En la industria de elaboración de alimentos balanceados para camarón, los procesos de recepción y descarga de materia prima al granel representan una fuente significativa de generación de polvo respirable, especialmente cuando no se dispone de controles de ingeniería adecuados que permiten su contención en la fuente. En la empresa objeto de estudio, esta situación ha sido evidenciada a través de monitoreos ambientales realizados entre los años 2022 y 2024, los cuales registran niveles de exposición superiores a los límites de referencia establecidos por la normativa de higiene industrial.

Las medidas de control implementadas en el área de descarga materia prima al granel principalmente se basan en el uso de equipo de protección personal (EPP), medida menos efectiva en la jerarquía de control de riesgo, por lo cual se prioriza en la modificación del método en el área; gestionando de esta manera el control de ingeniería ante el contaminante de polvo.

Al no contar con un control de ingeniería en el área existe la posibilidad de dispersión de partículas de polvo en el ambiente y limita la capacidad para fortalecer la gestión preventiva en la organización y a los requisitos normativos vigentes. Como resultado se procede a establecer una propuesta de diseño de una capota de contención que logre abordar la causa del problema desde su origen.

Por lo tanto, se considera que la causa principal del caso de estudio se basa en la ausencia de un sistema de control de ingeniería que facilite la limitación de las partículas de polvo suspendidas; misma contrariedad que procede a desarrollar la propuesta técnica de diseño

de la capota de contención con extracción localizada con el fin de mitigar el contaminante; sin llevar a cabo la implementación de la estructura, ni la evaluación de su efectividad.

1.2 Justificación

La exposición de partículas de polvo en el ámbito laboral representa un riesgo frecuente en varios procesos industriales, especialmente en aquellos vinculados con la recepción y manipulación de materias primas a granel. En este contexto, la normativa de seguridad y salud ocupacional, tanto nacional como internacional debe priorizar la identificación, evaluación y control de los peligros, siendo el control de ingeniería como una medida más efectiva conforme a la jerarquía de control de riesgos.

De acuerdo con los registros de monitoreo ambiental que se realizó en la empresa, se puede corroborar que la exposición al polvo respirable sobrepasa los límite de referencia establecido en ACGIH y OSHA. En la organización tienen determinadas acciones preventivas mediante el uso de equipos de protección personal (EPP), comprendiéndose como método inferior en la jerarquía de control de riesgos y considerando que es un procedimiento insuficiente para el área crítica.

Desde un criterio técnico, el caso de estudio se origina en la propuesta de diseño de control de ingeniería, que funcione como referencia para la toma de decisiones y las acciones preventivas en la organización. Esta propuesta de diseño se ejecuta en el software AutoCAD el cual se considera un soporte técnico con el fin de fortalecer la seguridad y salud en el trabajo.

Es importante señalar que el alcance del estudio se limita al análisis de la exposición ocupacional y al desarrollo de una propuesta técnica de diseño, sin pretender demostrar resultados en términos de mejoras en las salud de los trabajadores ni incrementos en la

productividad. La evaluación de la efectividad del diseño propuesto corresponde a una fase posterior de implementación y seguimiento, no abordada en la presente investigación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una capota de contención con sistema de extracción localizada para reducir la exposición a polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel en la industria de elaboración alimento balanceado para camarón.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Analizar los niveles de concentración de polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel, mediante la interpretación de los datos levantados durante el año 2022 hasta el 2024.
- b) Evaluar la percepción del polvo respirable mediante una encuesta realizada a los trabajadores del área de descarga de materia prima al granel en el año 2025.
- c) Modelar en AutoCAD el diseño de la capota de contención con sistema de extracción localizada y elaborar un esquema de mejora continua basado en el ciclo PHVA para la gestión del riesgo por polvo respirable.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En múltiples industrial, la exposición ocupacional al polvo respirable mantiene niveles que superan los límites permisibles y está asociada con riesgos de salud respiratoria. Por

ejemplo, un estudio realizado en trabajadores que fabrican productos de piedra mostró que la mayoría de las exposiciones personales de polvo respirable excedieron los estándares nacionales, y los controles de ventilación eran inadecuados, lo que subraya la necesidad de intervención técnica para la reducción de contaminantes en la fuente. (Mahinda Seneviratne, 2024)

Una revisión bibliográfica sobre la exposición laboral a agentes físicos, incluyendo polvo respirable, concluyó que este tipo de exposición tiene un impacto negativo en la salud respiratoria de los trabajadores, desde irritaciones hasta la asociación entre exposiciones continuas al polvo en el ambiente laboral y diversas patologías respiratorias. (Pacheco y otros, 2024)

En respuesta a estos hallazgos, la investigación en higiene ocupacional ha evaluado la eficacia de diferentes medidas de control basadas en ingeniería, como el uso de ventilación por extracción localizada y otras técnicas de reducción de polvo, reconociendo variaciones en su eficacia según el contexto de exposición. (Frederick Anlimah, 2023)

Asimismo, las guías técnicas actuales y consideraciones regulatorias recientes sobre la protección de trabajadores expuestos a polvo respirable recomiendan la incorporación de controles de ingeniería en la fuente de emisión como parte de una estrategia integral de prevención. (Antonio d'Errico, 2025)

2.2 Riesgos Químicos – Exposición al Polvo Respirable en Procesos Industriales

La investigación realizada en una planta de prefabricados de concreto en Arequipa evidenció la presencia de polvo respirable e inhalable, sin superar los límites máximos permisibles; pero se detectaron síntomas como tos, irritación de garganta y dificultad

respiratoria. Estos hallazgos determinan la necesidad de mantener controles preventivos, uso de EPP y sistemas de reducción al polvo en áreas críticas de trabajo. (Alejandro, 2022)

De acuerdo con Fiallos y Moreira (2024), los riesgos químicos en ambientes industriales no se limitan a sustancias líquidas o gaseosas, sino que incluyen partículas sólidas dispersas en el aire que, al ser inhalables, pueden introducirse en el sistema respiratorio y representan riesgos potenciales para la salud respiratoria. En el contexto de la descarga de materia prima, el material particulado actúa como un agente químico que requiere una evaluación rigurosa del nivel de exposición y la implementación de barreras físicas; por tanto, la identificación de estos contaminantes es el paso previo indispensable para el diseño de sistemas de extracción localizada que capturen las partículas antes de que interactúen con el organismo del trabajador. (Fiallos Navarro Jerico Steven, 2024)

Esto antecedentes sustentan la necesidad de implementar controles de ingeniería que limiten la dispersión del polvo respirable, criterio considerado en el diseño de la capota propuesta.

2.3 Higiene Industrial

La higiene industrial u ocupacional es una rama esencial de la seguridad y salud en el trabajo enfocada en identificar, evaluar y controlar los factores ambientales que pueden afectar la salud física o mental de los trabajadores. El propósito de este estudio es proporcionar un diagnóstico técnico como método de analítico para áreas que tienen contaminantes de polvo con el fin de minimizar el riesgo y los límites sean permisibles acorde a las normas establecidas.

Estos avances han fortalecido la gestión preventiva en los entornos laborales, garantizando una mejor calidad de vida para los trabajadores y promoviendo la mejora continua en los sistemas de control higiénico industrial. (Garzón, 2022)

2.4 Jerarquía de Controles de Riesgos y Sistema de extracción

El diseño de controles de ingeniería constituye una etapa fundamental dentro de la gestión del riesgo higiénico, ya que permite traducir los resultados del diagnóstico ambiental en soluciones técnicas orientadas a la mitigación del contaminante en su fuente de generación. Bajo este enfoque preventivo, las capotas de contención con sistemas de extracción localizada se configuran como una solución técnica de control de ingeniería ampliamente utilizada en procesos industriales con generación de polvo respirable.

La investigación aborda la reducción de la contaminación ambiental y la exposición ocupacional a partículas de polvo de hierro en la Planta Chancadora del área Beneficio San Nicolás de Shougang Hierro Perú, la minería genera emisiones de polvo que superan los límites permisibles, afectando la salud de los trabajadores y provocando a futuro enfermedades ocupacionales como la neumoconiosis. Para mitigar el riesgo, se menciona que implementaron un Sistema de Mitigación de polvo que incluye diseño, montaje y puesta en marcha, evaluado mediante monitoreos ambientales y ocupacionales para medir polvo respirable e inhalable; siendo eficiente y recomendando el seguimiento y monitoreo continuo junto con capacitaciones al personal y promoviendo la réplica del modelo en otras plantas para garantizar un control efectivo del polvo y proteger trabajadores como al entorno. (Baños, 2020)

El estudio que realiza Almeida Díaz en el (2025) analiza la jerarquía de controles de la Norma ISO 45001 como una estrategia fundamental para la prevención de riesgos en entornos

industriales, se destaca que la priorización de medidas técnicas busca reducir peligros antes de que alcancen al trabajador, asegurando un ambiente de salud óptimo. El autor resalta que la aplicación de estos niveles permite una gestión proactiva de la seguridad ocupacional en la planta, estas directrices son esenciales para establecer los criterios de diseño en soluciones que mitigan contaminantes aéreos; así, la Norma fundamenta la implementación de mejoras técnicas efectivas en los procesos de descarga.

La implementación de sistemas de ingeniería, como la extracción localizada, se sitúa como una de las medidas más favorables según la escala de ISO 45001, este enfoque es vital para el área de descarga, donde el polvo generado constituye un riesgo respiratorio crítico para el personal. Al capturar partículas en el origen mediante capotas, se evita la dispersión y reportando resultados favorables en la contención del polvo; el texto valida que estas intervenciones técnicas superan en eficiencia al uso preventivo de equipos de protección individual. (Javier, 2025)

En el marco de la jerarquía de controles de riesgo, los controles de ingeniería representan la alternativa preventiva más efectiva aplicable a procesos con generación recurrente de contaminantes, como ocurre durante la descarga de materia prima al granel. Al actuar directamente sobre la fuente de generación del polvo respirable, estas medidas permiten reducir su dispersión hacia el ambiente laboral, superando las limitaciones de las acciones administrativas y del uso exclusivo de equipos de protección personal.

2.5 Gestión de Riesgos

La revisión sistemática que redacta el artículo muestra que la exposición prolongada a contaminantes químicos y material partícula en ambientes laborales ocasiona enfermedades

respiratorias. Este estudio determina que la falta de conciencia sobre el riesgo y los equipos de protección personal (EPP) incrementan la vulnerabilidad de los trabajadores, considerando la necesidad de implementar medidas preventivas para una mejora continua al realizar las tareas diarias. (Yolima Pertuz Meza, 2021)

La gestión de riesgos laborales permite controles técnicos antes de que el contaminante alcance la zona respiratoria; según Álvarez Betancur (2022), una gestión eficaz implica analizar el ciclo de exposición del trabajador y proponer métodos de control que minimicen el contacto directo y la inhalación. En el caso de la descarga de materia prima al granel, la gestión de riesgo no solo debe contemplar la existencia del polvo, sino también la efectividad de las barreras físicas implementadas. Por tanto, el diseño de sistemas de ingeniería se presenta como la respuesta técnica a una evaluación de riesgos que prioriza la salud humana y la prevención de enfermedades respiratorias crónicas. (Jaime Alberto Álvarez Betancur, 2022)

2.6 Seguridad y Salud Ocupacional

El estudio realizado en plantas procesadores de minerales de Nasca se puede determinar la importancia de implementar sistemas de gestión en seguridad y salud ocupacional como herramienta transversal para prevenir accidentes, enfermedades profesionales y reducir la exposición a polvo particulado generado en procesos productivos. Los resultados evidencian carencias significativas en políticas de SSO, falta de identificación de riesgos, uso de EPP y alta prevalencia de enfermedades y afectaciones respiratorias. Es importante resaltar que la seguridad y salud ocupacional debe ser un esfuerzo colectivo el cual garantice las condiciones seguras, mayor productividad y mejora continua con el fin de prevenir enfermedades, reducir costos y fortalecer la competitividad empresarial. (Carlos, 2020)

Según Erazo Solórzano (2023) investiga la generación de material particulado en plantas de alimento balanceado en Ecuador y su impacto directo en la salud respiratoria, los autores identifican que las partículas totales suspendidas superan frecuentemente los límites permisibles, causando afecciones respiratorias en los trabajadores expuestos. A través de matrices de riesgo, se determinan los puntos críticos del proceso productivo donde la emisión es más severa, esta evidencia científica justifica la necesidad de implementar soluciones técnicas para el control de contaminantes aéreos.

El estudio recomienda aplicar controles determinados para reducir, mitigar o disminuir la polución, enfocándose en la fuente y en el medio de propagación. Se observa que la recepción de materias primas es una de las etapas que más polvo suspendido produce; por esta razón, se plantea la instalación de sistemas de captación filtración que disminuyan la contaminación en el ambiente de trabajo. Considerando que los diseños de capotas con extracción localizada pueden ser una estrategia técnica viable y necesaria para las industrias. (Cyntia Yadira Erazo Solórzano, 2023)

2.7 Ciclo Deming PHVA

El tema investigativo presenta el Ciclo PHVA o Deming como herramienta central para la mejora continua, ampliamente utilizada en sectores industriales como la minería, se describe como un método sistemático para identificar problemas, implementar acciones de mejora y evaluar resultados, destacando el origen en las teorías de Shewhart y Deming y su relevancia dentro de los sistemas de gestión de calidad. Se menciona que las empresas mineras han implementado resultados con el ciclo Deming PHVA, logrando mejoras en la productividad, seguridad y eficiencia en sitios clave como el desarrollo laboral, disponibilidad de equipos y control de desviaciones.

También es importante resaltar la utilización de herramientas como histogramas, reportes, análisis y seguimiento de indicadores de eficiencia, ya que ayudan a identificar la causa de los problemas y gestionar riesgos de manera eficiente. En conjunto, el contenido investigativo evidencia que la aplicación del ciclo PHVA es un enfoque robusto para establecer mejoras continuas en procesos industriales donde la seguridad, la productividad y el control operacional son críticos. (Amaro, 2020)

2.8 AutoCAD

El uso de herramientas digitales como AutoCAD resulta indispensable para la representación técnica y el diseño de precisión en proyectos de ingeniería. Según Gómez Meza (2022), el dominio de este software permite la creación de modelos bidimensionales y tridimensionales que facilitan la interpretación de estructuras complejas. En el diseño de una capota de contención, esta tecnología asegura que las dimensiones y acoples del sistema de extracción sean exactos. Así, la digitalización del diseño minimiza errores de fabricación y optimiza la funcionalidad del equipo propuesto. Esta base tecnológica es calve para materializar soluciones técnicas que mitiguen de forma efectiva el polvo.

Por otro lado, la revisión teórica destaca que el aprendizaje asistido por software especializado potencia la capacidad de resolución de problemas técnicos en la industria, señalas que estas herramientas no solo son de dibujo, sino que actúan como un soporte fundamental en la formación técnica avanzada. Para el estudio de caso, el empleo de software de diseño permite simular la ubicación de los sistemas de extracción localizada en el área de descarga. Esto garantiza que la propuesta sea viable desde el punto de vista arquitectónico y mecánico dentro de la planta. (Gómez Meza Juan Jacinto, 2022)

2.9 Factores de Riesgos - Equipos de Protección Personal

Los factores de riesgos biológico y químico presentes en el polvo de granos generan una alta prevalencia de síntomas respiratorios crónicos en los trabajadores expuestos; según Teixeira Villamediana et al. (2024), el uso de equipos de protección personal como mascarillas resulta insuficiente debido a fallas de ajuste y la saturación rápida de los filtros. Esta limitación técnica evidencia la necesidad de implementar controles de ingeniería, para capturar el contaminante en la fuente. (Elisa M. Teixeira Villamediana, 2024)

La gestión de los riesgos laborales en procesos que generan material particulado exige la identificación de focos emisores para prevenir enfermedades degenerativas; según Acevedo Bedon y Veliz Navarro (2024), la implementación de medidas preventivas en áreas de pulverizado y descarga es vital para reducir la exposición a polvos orgánicos. El diseño de controles de ingeniería, como sistemas de extracción localizada, permite retener las partículas antes de su dispersión en el ambiente de trabajo. Esta estrategia técnica asegura que los niveles de contaminación se mantengan bajo los límites permisibles establecidos por la normativa. (Luis Carlos Acevedo Bedon, 2024)

Estas limitaciones del equipo de protección personal o individual (EPP) refuerzan la necesidad de priorizar controles de ingeniería, como la capota de contención para actuar sobre la fuente del contaminante.

2.10 Normativas Nacionales

2.10.1 Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo

La norma Técnica de Seguridad e Higiene del Trabajo del Ecuador tiene como objetivo establecer lineamientos obligatorios para la prevención de riesgos laborales y la protección de la

salud de los trabajadores en todos los centros de trabajo como lo menciona el Decreto No.255. Se establece la clasificación de los riesgos laborales en físicos, químicos, biológicos, de seguridad y ergonómicos el cual exige la aplicación de medidas preventivas jerarquizadas por medio de la eliminación, sustitución, controles de ingeniería, administrativos y uso de EPP para mitigar los peligros. Esta norma promueve la cultura preventiva y la corresponsabilidad entre empleadores que comparten un mismo espacio laboral, destacando la importancia de la evaluación periódica de riesgos y el cumplimiento de estándares técnicos nacionales e internacionales. (Ministerio del Trabajo, 2024)

2.10.2 Decreto 255:2024

El Decreto 255 establece el nuevo Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, su objetivo es fortalecer la prevención de riesgos laborales y garantizar entornos laborales seguros en todos los sectores productivos, incluyendo la industria alimenticia; extendiendo su alcance a trabajadores públicos, privados, autónomos y sin relación de dependencia; y dispone que los empleadores implementen sistemas de gestión en seguridad y salud basados en la identificación de peligros, evaluaciones de riesgos y aplicación de medidas preventivas, priorizando los controles de ingeniería y la mejora continua.

El Ministerio del Trabajo mantiene la responsabilidad de los empleadores de dar inducciones al personal, efectuar monitoreos ambientales, registrar accidentes y enfermedades, así como investigar las causas de los incidentes laborales. Se considera también que los empleados tienen en derecho de suspender labores cuando haya riesgos graves, recibir información preventiva y acceder a los resultados de las evaluaciones correspondientes para promover sitios seguros y saludables. (Ministerio del Trabajo, 2024)

2.10.3 Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo

El reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo presenta información relacionada con la generación y control de polvo en operaciones industriales, especialmente en aquellos donde la manipulación de materiales a granel genera emisiones de polvo y partículas en suspensión. Expone los principios fundamentales de la ventilación industrial y la necesidad de mantener condiciones seguras para el trabajador mediante el uso de controles de ingeniería y equipos de protección adecuados para cada actividad realizada en la organización.

De acuerdo con este contexto se enfatiza la importancia y necesidad de aplicar estrategias de mitigación en la zona de descarga de materias primas, considerada como punto mayor que genera polvo respirable cuando se realiza la actividad; por lo cual indica que se debe llevar a cabo controles de ingeniería y medidas preventivas que garanticen el cumplimiento normativo en materia de seguridad y salud ocupacional para reducir los impactos identificados. (Social, 2017)

2.11 Normativas Internacionales

2.11.1 Norma ACGIH

Los valores Límite Umbral (TLV) son guías desarrolladas por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) para orientar a los profesionales en higiene industrial sobre los niveles de exposición a sustancias químicas en el aire que la mayoría de los trabajadores pueden tolerar sin efectos adversos para la salud. Son referencias científicas basadas en evidencia toxicológica, fisiológica y epidemiológica; los TLV consideran que existe variabilidad individual y que ciertos grupos pueden ser más susceptibles a los efectos de los contaminantes y se agrupan en diferentes categorías según el tipo de exposición.

La norma ACGIH tiene como objetivo garantizar un trabajo seguro, minimizando riesgos de enfermedades respiratorias u otras que son provocadas por agentes químicos y partículas suspendidas. Estos riesgos pueden utilizar instrumentos de muestreo ambiental tomando en cuenta factores como temperatura, presión, jornadas extendidas y la combinación de contaminantes con el fin de definir medidas de ingeniería. (ACGIH, 2025)

2.11.2 Norma OSHA

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) fue creada en 1970 con el propósito de garantizar condiciones seguras y saludables en los lugares de trabajo mediante la creación y aplicación de normas, inspecciones, capacitaciones y programas de asistencia. Su objetivo principal es proteger la vida y la salud de los trabajadores, promoviendo prácticas seguras y la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales.

La OSHA mantiene reglas donde los empleadores deben prever espacios seguros libres de riesgos, aplicando controles de ingeniería, también de proporcionar equipos de protección personal (EPP); así mismo los trabajadores tienen derecho a tener información, denunciar riesgos y participar en inspecciones.

La aplicación de esta norma ha reducido significativamente los accidentes y ha permitido motivar la innovación en sistemas de control de contaminantes, como la ventilación localizada. Estas disposiciones son relevantes para el diseño de equipos de mitigación del polvo respirables en las industrias, ya que promueve la protección del trabajador y el cumplimiento de estándares de seguridad en la manipulación de materias primas. (OSHA, 2024)

2.11.3 Norma NIOSH

Para la mitigación del polvo en la descarga de materia prima, es imperativo seguir la jerarquía de controles establecida por organismos internacionales de salud ocupacional. El manual NIOSH (2025) brinda pautas clave para proteger la salud respiratoria en ambientes industriales con presencia de partículas de polvo y otros agentes peligrosos. Enfatiza la obligación de cumplir con las normas OSHA y ofrece pautas para identificar contaminantes y medir la exposición en zonas críticas. Estos lineamientos demuestran la creación de sistemas que reduzcan, mitiguen o minimicen la inhalación de materias primas al granel.

El estudio señala que los controles de ingeniería, como capotas de contención y sistemas de extracción, constituyen la primera línea de defensa contra contaminantes; también brinda criterios sobre filtración y manejo de aire, aplicables en la descarga de materias primas en plantas de alimentos balanceados, y recomienda mantenimiento y capacitación para garantizar su eficacia. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2025)

2.11.3.1 NIOSH 0600

El riesgo del material particulado representa un riesgo crítico para la salud de los trabajadores en las industrias, según Chanthorn y Laokiat (2025) menciona que las partículas se relacionan con los síntomas respiratorios crónicos, bajo este argumento las emisiones del área de descarga pueden superar los límites permitidos en caso de no existir controles eficientes.

Para proteger la salud de los trabajadores, es fundamental contar con sistemas que capturen el contaminante antes de que alcance la zona respiratoria. El monitoreo ambiental junto con la evaluación de síntomas, ayudan a detectar las zonas más críticas y muestran que los métodos gravimétricos son clave para demostrar la efectividad de los controles. En el diseño de

la capota de contención, mantener un flujo constante de extracción reduce el riesgo de enfermedades pulmonares ocupacionales. (Wirot Chanthorn, 2025)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, de tipo transversal y alcance **descriptivo-analítico**, e incorpora un componente aplicado de diseño técnico. Se orienta al análisis de la exposición ocupacional a polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel, a partir del uso de información histórica de monitoreo ambiental y herramientas complementarias de diagnóstico.

Este estudio se fundamenta en la elaboración de una propuesta técnica de control de ingeniería por medio del diseño de una capota de contención con sistema de extracción localizada, desarrollada en AutoCAD; sustentado en evidencia diagnóstica y en principios de higiene industrial. Sin embargo, es importante mencionar que el diseño planteado es una propuesta técnica conceptual sin implementación ni evaluación de efectividad. (Haro Sarango, 2024)

El estudio no contempla análisis inferencial ni correlaciones, ni la manipulación de variables, limitándose a la descripción, comparación e interpretación de datos numéricos provenientes de monitoreos ambientales y de información exclusivamente descriptivos y diagnósticos.

Las líneas de investigación relaciones se alinea con la meta del Objetivo 3.9 de la Agenda 2030; orientado a la reducción de enfermedades asociadas a la contaminación ambiental, vinculándose directamente con los núcleos de estudio de la maestría en:

- Condiciones y medio ambiente de trabajo
- Riesgos químicos y toxicología ocupacional

3.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental, de tipo transversal, con enfoque cuantitativo y nivel descriptivo-analítico, debido a que las variables de estudio no son manipuladas y la información analizada corresponde a un período determinado. El estudio se basa en datos numéricos obtenidos de informes técnicos de monitoreo ambiental de polvo respirable, los cuales son analizados y comparados con valores de referencia normativos.

Es estudio describe las condiciones actuales de exposición de partículas de polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel y señala los puntos más críticos, considerando que se debe realizar la efectividad de las medidas expuestas en otro artículo. Con este diagnóstico, se plantea una solución técnica: una capota de contención con sistema de extracción localizada, modelada en el software AutoCAD que busca reducir o mitigar el riesgo en el área donde se genera el contaminante.

El **enfoque cuantitativo** se basa en datos de concentración de partículas de polvo, cotejados con los valores límites establecidos en el Decreto Ejecutivo 255-2024 y en las normativas ACGIH y OSHA.

Fase1 Diagnóstico: Análisis de monitoreos ambientales históricos del año 2022 al 2024 y comparación con límites OSHA y ACGIH.

Fase 2 Análisis: Percepción del riesgo del año 2025 como complemento al diagnóstico técnico.

Fase 3 Propuesta Técnica: Propuesta de diseño de la capota en AutoCAD y esquema de mejora continua basado en el ciclo PHVA.

3.3 Procedimiento Metodológico

3.3.1 Análisis de los niveles de concentración de polvo respirable

El análisis de los niveles de concentración de polvo respirable se basó en los informes técnicos de monitoreo ambiental realizados en los años 2022, 2023 y 2024, elaborados por la empresa DEPROIN S.A, dichos monitoreos fueron ejecutados mediante la metodología NIOSH 0600 utilizando muestreo personal tipo ciclón con filtros de PVC de 37mm y caudal de 2.5L/min. Los resultados obtenidos fueron expresados como concentraciones promedio ponderadas en el tiempo (TWA) y se compararon con límites máximos permisibles establecidos por la normativa internacional ACGIH (3mg/m³) y OSHA (5mg/m³), a fin de determinar el grado de cumplimiento normativo y caracterizar la magnitud de la exposición ocupacional al polvo respirable en las áreas evaluadas.

La exigencia de estas medidas se acentúa en considerar la salud de los trabajadores por la inhalación prolongada de polvos orgánicos y minerales; según Alnabwani et al. (2023), la exposición a mezclas de polvo en entornos agrícolas e industriales puede derivar a riesgos potenciales para la salud respiratoria. Este riesgo es particularmente alto cuando se superan los límites de exposición ponderados, afectando la capacidad pulmonar de manera irreversible. (Author y otros, 2023)

Al respecto, la caracterización de las fuentes de emisión es un paso crítico para validar la necesidad de sistemas de control atmosféricos en zonas industriales; según Rubio Gómez (2023), el análisis de partículas finas permite identificar patrones de dispersión y concentraciones que superan los estándares de calidad del aire. En el área de descarga de materia prima, este diagnóstico técnico fundamenta la selección de tecnologías de captación adecuadas para reducir la carga contaminante. (Gómez, 2023)

El cuadro de Análisis Comparativo de Exposición presenta los resultados obtenidos en cada período, considerando aspectos técnicos como los puntos monitoreados, las áreas evaluadas, las concentraciones medidas (mg/m^3), el cumplimiento de las Normas Internacionales OSHA y ACGIH, y las principales fuentes generadoras de polvo en el área de descarga al granel, a su vez identifican los riesgos, recomendaciones y conclusiones más relevantes de cada informe.

El análisis comparativo muestra una tendencia sostenida de incumplimiento respecto a los límites permisibles de exposición, especialmente en las áreas de descarga al granel y vaciado de materia prima; este diagnóstico determina la importancia para desarrollar un diseño de control de ingeniería, orientada a la gestión del riesgo desde la fuente de generación. (ver Tabla4).

Por tanto, los resultados comparativos analizados respaldan la necesidad de implementar soluciones de ingeniería, como el diseño de una capota de contención con sistema de extracción localizada, con el fin de mitigar el polvo respirable y mejorar las condiciones ambientales y de seguridad en el área de descarga de la planta de alimento balanceado (ver Tabla1, Tabla2 y Tabla3).

Tabla 1 - Resultados de Mediciones 2022

Ítem	Nombre Operador Puesto de trabajo	Hora Inicial	Hora Final	Fecha	Resultados mg/m ³			Límites mg/m ³		Cumple con la Norma		Acción Sugerida
					Polvo	U ±	Polvo ₍₁₎	ACGIH	OSHA	ACGIH	OSHA	
M1	Rejillero Jorge López	11:10	12:30	27-dic	8.70	0.58	9.28	3	5	No Cumple	No Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M2	Palletizador Erick González	11:15	12:35	27-dic	1.85	0.12	1.97	3	5	Cumple	Cumple	Cumple con límites ACGIH y OSHA. No requiere control de ingeniería, pero se recomienda mantener seguimiento conforme al Plan de Higiene Ocupacional.
M3	Dosificador de Micro Héctor Parrales	13:45	15:05	27-dic	3.10	0.21	3.31	3	5	No Cumple	Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M4	Dosificador Línea 1 Agustín Pizarro	13:40	15:00	27-dic	6.10	0.40	6.50	3	5	No Cumple	No cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M5	Llenado de MP en Tulas Diego Villón	15:05	16:25	27-dic	4.90	0.32	5.22	3	5	No Cumple	No Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.

Tabla 2 - Resultados de Mediciones 2023

Ítem	Nombre Operador Puesto de trabajo	Hora Inicial	Hora Final	Fecha	Resultados mg/m ³			Límites mg/m ³		Cumple con la Norma		Acción Sugerida
					Polvo	U ±	Polvo ₍₁₎	ACGIH	OSHA	ACGIH	OSHA	
M1	Descarga de materia prima Saul Pizarro	09:40	11:00	05/12/23	17.30	2.04	19.34	3	5	No Cumple	No Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M2	Rejilla Kevin Vanegas	09:45	11:05	05/12/23	9.60	1.13	10.73	3	5	No Cumple	No Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M3	Dosificador Línea 1 Carlos Zambrano	11:20	12:40	05/12/23	7.60	0.90	8.50	3	5	No Cumple	No Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M4	Dosificador Micros Alberto Sánchez	14:10	15:30	05/12/23	7.15	0.84	7.99	3	5	No Cumple	No Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M5	Descarga de Camiones Arón Pizarro	15:10	16:30	05/12/23	14.80	1.75	16.55	3	5	No Cumple	No Cumple	Intervención de Ingeniería Prioritaria. Este punto es el foco central de la tesis y justifica el diseño conceptual de la capota de contención y el sistema de extracción localizada (VEL).

Tabla 3 - Resultados de Mediciones 2024

Ítem	(i) Nombre Operador Puesto de trabajo	Hora Inicial	Hora Final	Fecha	Resultados mg/m ³			Límites mg/m ³		(ii) Cumple con la Norma *		Acción Sugerida
					Polvo	U ± (k=2) Nivel de confianza 95%	Polvo ₍₁₎	ACGIH	OSHA	ACGIH	OSHA	
M1	Rejillero Lisandro Mina	11:00	12:20	21/11/2024	3.85	0.45	4.30	3	5	No Cumple	Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M2	Dosificador Erick Bravo	11:04	12:24	21/11/2024	4.25	0.50	4.75	3	5	No Cumple	Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M3	Palletizador Erick González	12:22	13:42	21/11/2024	2.40	0.28	2.68	3	5	Cumple	Cumple	Cumple con límites ACGIH y OSHA. No requiere control de ingeniería, pero se recomienda mantener seguimiento conforme al Plan de Higiene Ocupacional.
M4	Descarga de MP en Tolva Alejandro Gualote	13:45	15:05	21/11/2024	9.55	1.13	10.68	3	5	No Cumple	No cumple	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M5	Descarga de MP Armando Montoya	12:45	14:05	21/11/2024	20.00	2.36	22.36	3	5	No Cumple	No Cumple	Intervención de Ingeniería Prioritaria. Este punto es el foco central de la tesis y justifica el diseño conceptual de la capota de contención y el sistema de extracción localizada (VEL).
M6	Área de Epibal Manuel Montalván	10:30	11:50	22/11/2024	4.30	0.51	4.81	3	5	No Cumple	Cumple	Exposición por encima del límite ACGIH. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M7	Materia Prima Cristian Ruiz	10:30	11:50	22/11/2024	2.60	0.31	2.91	3	5	Cumple	Cumple	Cumple con límites ACGIH y OSHA. No requiere control de ingeniería, pero se recomienda mantener seguimiento conforme al Plan de Higiene Ocupacional.

Tabla 4 Elaboración propia con base en informes DEPROIN S.A 2022-2023-2024

Aspecto	Informe 2022 (MAS.08-048-2022)	Informe 2023 (MAS.08-037-2023)	Informe 2024 (MAS.08-033-2024)
Fecha de monitoreo	27 de diciembre de 2022	5 de diciembre de 2023	21 y 22 de noviembre de 2024
Puntos monitoreados	5 puntos	5 puntos	7 puntos
Áreas evaluadas	Rejilla, Pelletizado, Dosificador de micro, Dosificador línea 1, Llenado de MP en tulas. Se enfocó en operaciones de manipulación y envasado.	Descarga de materia prima, Rejilla, Dosificador línea 1, Dosificador micros, Descarga de camiones. Ampliación del enfoque hacia actividades de descarga externa.	Rejilla, Dosificador, Pelletizado, Descarga en tolva, Descarga a granel, Área Epibal, Materia Prima. Se aumentó el número de puntos para mayor cobertura.
Metodología y equipo	Se manejó muestreo personal con ciclón + filtro (NIOSH 0600). Caudal 2.5 L/min; filtros 37 mm PVC. Equipos GilAir Plus y calibrador Defender. Pesos analíticos con balanza 0.00001 g.	Se utilizó metodología NIOSH 0600 (ciclón + filtro), equipos GilAir Plus y Defender. Calibraciones registradas en 2023; procedimientos similares a 2022.	Se mantuvo la metodología NIOSH 0600; se ejecutaron réplicas en mediciones y control de calidad documentado; calibraciones recientes que validan resultados.
Cumplimiento con ACGIH (3 mg/m ³) / OSHA (5 mg/m ³)	ACGIH (>3 mg/m ³): 4 de 5 puntos exceden (M1, M3, M4, M5). OSHA (>5 mg/m ³): 3 de 5 puntos exceden (M1, M4, M5). Evidenciando exposición crítica en varias áreas.	ACGIH y OSHA: 5 de 5 puntos exceden. Confirmando una exposición fuera de los límites de referencia en todos los puntos de monitoreo.	ACGIH: 5 de 7 puntos exceden (M1, M2, M4, M5, M6). OSHA: 2 de 7 puntos exceden (M4, M5). Mostrando mejoras parciales, pero los riesgos son persistentes en el área de descarga.

Tendencia y comparación anual	Se observaron concentraciones de polvo respirable en procesos de manipulación y envasado, aunque algunos lugares mostraron valores bajos, la tendencia confirma presencia constante de exposición.	Se registra un incremento significativo respecto a 2022, con valores máximos elevados que reflejan mayor generación de partículas de polvo respirable.	Se evidenció una reducción parcial comparado con 2023 en algunos procesos internos, pero las descargas a granel y en tolva mantienen valores altos. Se mantiene la concentración crítica en las actividades de descarga.
Fuentes principales de generación de polvo	Vaciado de sacos y procesos de dosificación/llenado son identificados como fuentes primarias; las actividades puntuales generan picos de emisión que superan límites recomendados.	Se genera principalmente en el vaciado en rejilla, descarga de camiones y dosificación, las condiciones operativas potenciaron la dispersión del polvo particulado.	En la descarga de MP a tolva y a granel se identificaron como las fuentes dominantes; también se considera que el proceso de envasado y epibal aportan concentraciones significativas.
Riesgos para la salud identificados	Se identifica polvo respirable con riesgo de depósito alveolar, asociado a neumoconiosis y efectos crónicos, esto infiere a la exposición ocupacional prolongada sin controles de ingeniería.	Exposición grave y generalizada; alta probabilidad de efectos adversos si no se implementan controles. Riesgo agudo durante operaciones de descarga y exposición crónica para operarios permanentes.	Riesgo elevado en puntos de descarga; la dispersión puede alcanzar zonas adyacentes. Alto potencial de efectos crónicos y accidentes por visibilidad/reducción de control. Necesidad de controles de ingeniería robustos.
Recomendaciones	Las recomendaciones expuestas en los informes del monitoreo ambiental de los años 2022, 2023 y 2024 se basan relativamente en el uso de mascarillas NIOSH N95 que retienen el 95% de las partículas; que de acuerdo con la jerarquía de control de riesgos es el punto menos efectivo para mitigar las exposiciones.		
Observaciones metodológicas	Algunos resultados incluyen incertidumbre expandida ($k=2$). Se aplicó la regla de decisión (Polvo (1) = valor + incertidumbre). Parte de las medidas pueden no estar dentro del alcance de acreditación SAE.	El cliente aceptó la declaración de conformidad en la cotización correspondiente; sin embargo, los resultados declinados. Todas las mediciones superan límites; incertidumbres altas en valores extremos.	Se realizaron réplicas y se documentaron calibraciones vigentes; se requiere validación con nuevos muestreos tras aplicar controles de algunos resultados fuera de acreditación.

Conclusiones de los informes	Se identificaron condiciones notables de exposición que requieren controles de ingeniería y monitoreo continuo para validar su eficacia.	El escenario fue crítico, con exposición extendida en múltiples procesos, se requiere intervención prioritaria en la zona de descarga y planes de control verificables.	Se confirma que la descarga de materia prima al granel es la principal fuente de exposición; persiste la necesidad de controles de ingeniería específicos y verificados mediante mediciones posteriores.
------------------------------	--	---	--

3.3.2 Evaluación de la percepción del polvo respirable en el año 2025

La evaluación de la percepción del polvo respirable se incorporó como una fase complementaria dentro del procedimiento metodológico de investigación, con el propósito de recoger la vivencia subjetiva de carácter descriptivo de los trabajadores directamente expuestos en el área de descarga de materia prima al granel, en relación con la presencia de polvo durante la ejecución de sus actividades.

Esta evaluación no tiene como finalidad validar, contrastar, ni establecer relaciones estadísticas con los resultados de los monitoreos ambientales, sino aportar información descriptiva complementaria que permita contextualizar el diagnóstico técnico obtenido a partir de los datos históricos de concentración de polvo respirable analizados en el apartado 3.3.1.

Para este fin, se aplicó el instrumento de recolección de datos detallados en el Anexo 1: *Cuestionario a trabajadores del área de descarga materia prima al granel*, el cual incluye preguntas cerradas estructuradas bajo una escala de Likert, orientadas a identificar la frecuencia y el nivel de molestia percibida frente a la presencia de polvo, así como preguntas abiertas destinadas a recoger observaciones y sugerencias relacionadas con las condiciones operativas del área.

Los datos obtenidos representan la percepción de los trabajadores evaluados y se utilizan solo como complemento descriptivo del diagnóstico técnico, sin fines inferenciales ni de generación a otros contextos laborales.

3.3.2.1 Población y Muestra

La población de estudio para la evaluación de la percepción de la problemática del polvo respirable se delimitó de forma específica al personal operativo que realiza de manera directa la

actividad de mayor riesgo en el área de descarga de materia prima al granel en la planta de elaboración de alimento balanceado para camarón, identificada como el punto crítico de mayor generación de polvo.

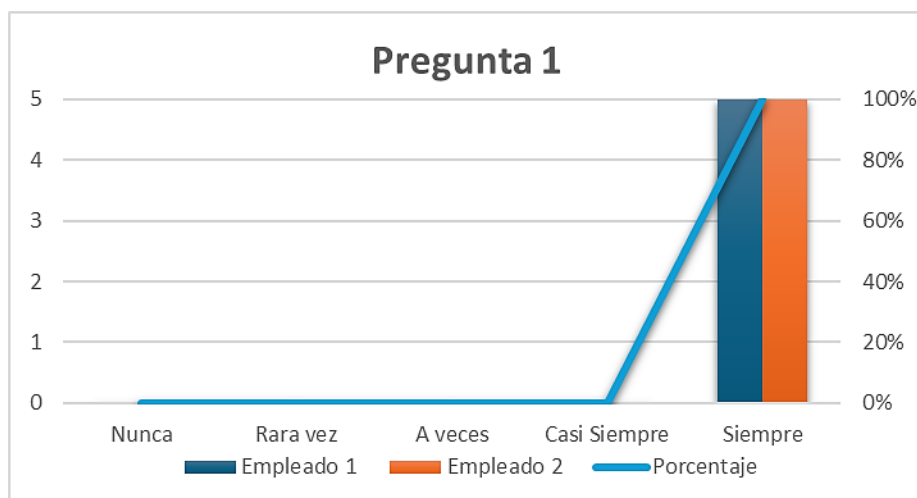
En la empresa se determinan diferentes actividades y jornadas de personal, considerando los trabajadores que participan directamente en el área de descarga desde la llegada de las bañeras hasta el final de la actividad. Se evidencian dos empleados que laboran en el área y por esta razón se opta por realizar un muestreo censal y representativo que contenga el 100% de la población.

Dado el tamaño reducido de la población, los resultados obtenidos reflejan únicamente la percepción descriptiva de los trabajadores evaluados y no tienen fines de generalización, constituyendo un aporte contextual para el análisis del caso de estudio.

Pregunta 1. Durante mi jornada laboral percibo presencia de polvo en el ambiente

Tabla 5 - Encuesta: Pregunta número uno

Categorías	Empleado 1	Empleado 2	Suma	Porcentaje
Nunca (1)	0	0	0	0%
Rara vez (2)	0	0	0	0%
A veces (3)	0	0	0	0%
Casi Siempre (4)	0	0	0	0%
Siempre (5)	5	5	10	100%
Total	5	5	10	100%



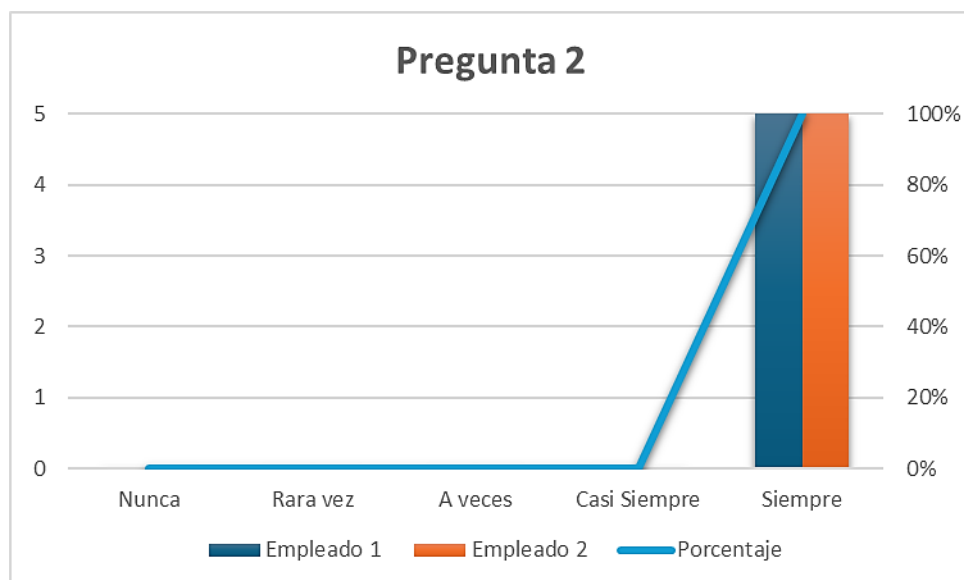
Gráfica 1 - Datos Estadísticos de la pregunta uno

Datos obtenidos: La pregunta 1 tuvo como finalidad evaluar la percepción de los trabajadores respecto a la presencia de polvo en el ambiente laboral durante su jornada. Se utilizó una escala tipo Likert de cinco niveles, que va desde “Nunca” hasta “Siempre”.

Pregunta 2. Siento que el polvo afecta mi salud (irritación, tos, dificultad para respirar)

Tabla 6 - Encuesta: Pregunta número dos

Categorías	Empleado 1	Empleado 2	Suma	Porcentaje
Nunca (1)	0	0	0	0%
Rara vez (2)	0	0	0	0%
A veces (3)	0	0	0	0%
Casi Siempre (4)	0	0	0	0%
Siempre (5)	5	5	10	100%
Total	5	5	10	100%



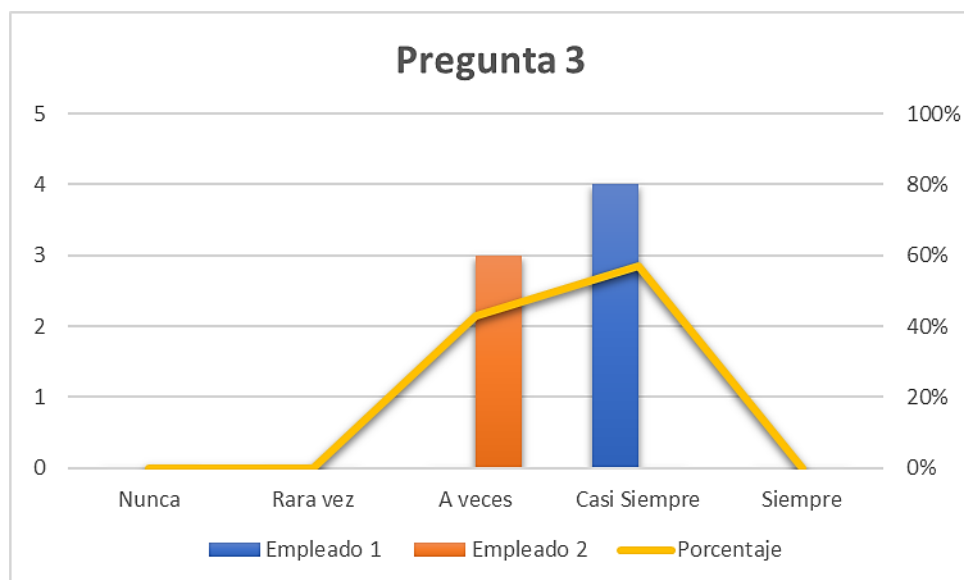
Gráfica 2 - Datos Estadísticos de la pregunta dos

Datos obtenidos: La pregunta 2 permitió identificar la percepción de los trabajadores sobre la posible afectación del polvo respirable en su salud.

Pregunta 3. El uso de mascarilla me resulta incómodo durante el trabajo

Tabla 7 - Encuesta: Pregunta número tres

Categorías	Empleado 1	Empleado 2	Suma	Porcentaje
Nunca (1)	0	0	0	0%
Rara vez (2)	0	0	0	0%
A veces (3)	0	3	3	43%
Casi Siempre (4)	4	0	4	57%
Siempre (5)	0	0	0	0%
Total	4	3	7	100%



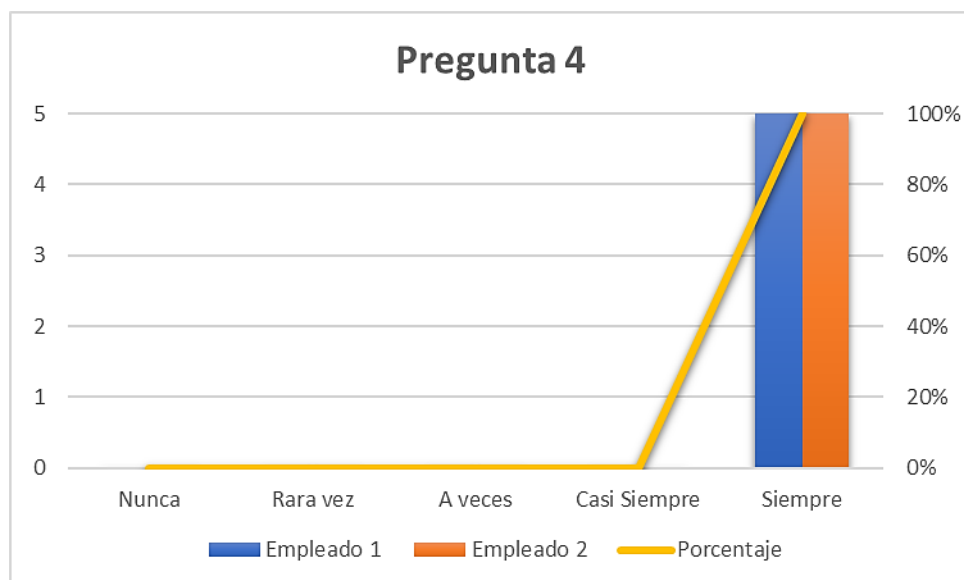
Gráfica 3 - Datos Estadísticos de la pregunta tres

Datos obtenidos: La pregunta 3 estuvo orientada a evaluar la percepción de los trabajadores sobre la adecuación de la ventilación en el área de trabajo.

Pregunta 4. Utilizo mascarilla u otro EPP de forma constante en mis tareas

Tabla 8 - Encuesta: Pregunta número cuatro

Categorías	Empleado 1	Empleado 2	Suma	Porcentaje
Nunca (1)	0	0	0	0%
Rara vez (2)	0	0	0	0%
A veces (3)	0	0	0	0%
Casi Siempre (4)	0	0	0	0%
Siempre (5)	5	5	10	100%
Total	5	5	10	100%



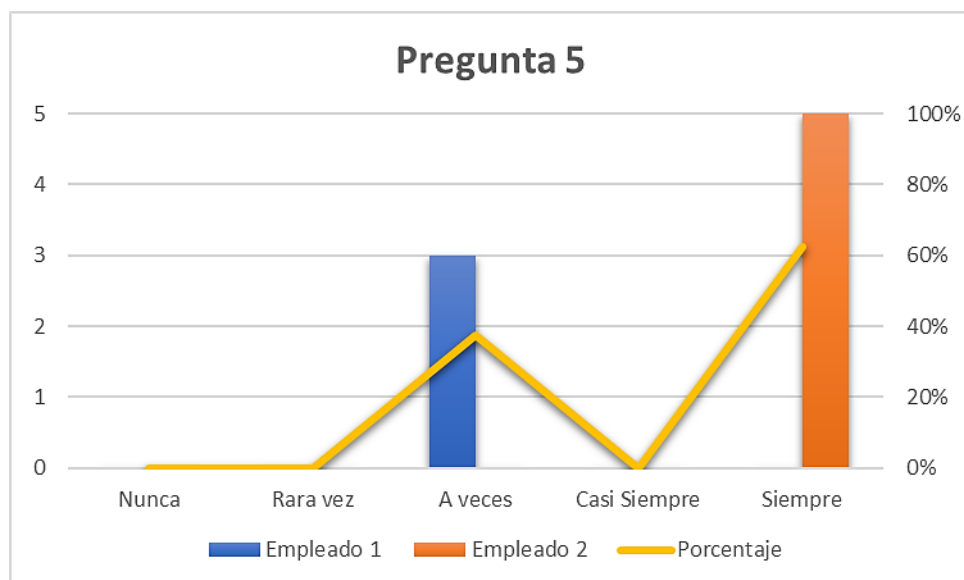
Gráfica 4 - Datos Estadísticos de la pregunta cuatro

Datos obtenidos: La pregunta 4 tuvo como objetivo identificar la percepción de los trabajadores respecto a la efectividad del uso de equipos de protección personal (EPP) frente a la exposición al polvo respirable.

Pregunta 5. Considero que la mascarilla u otro EPP me protege adecuadamente del polvo

Tabla 9 - Encuesta: Pregunta número cinco

Categorías	Empleado 1	Empleado 2	Suma	Porcentaje
Nunca (1)	0	0	0	0%
Rara vez (2)	0	0	0	0%
A veces (3)	3	0	3	38%
Casi Siempre (4)	0	0	0	0%
Siempre (5)	0	5	5	63%
Total	3	5	8	100%



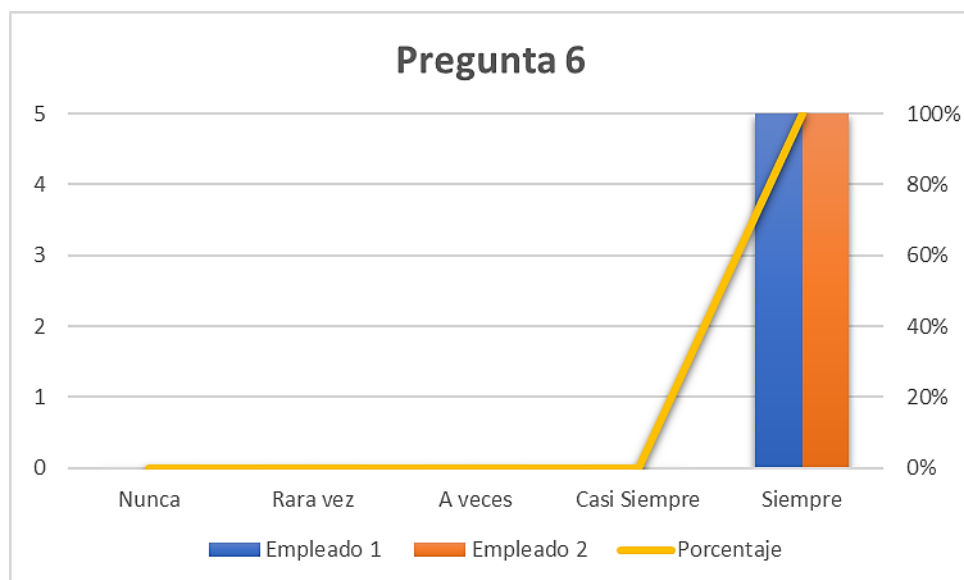
Gráfica 5 - Datos Estadísticos de la pregunta cinco

Datos obtenidos: La pregunta 5 tuvo como finalidad identificar la percepción de los trabajadores respecto a la interferencia del polvo respirable en la visibilidad durante el desarrollo de sus actividades laborales.

Pregunta 6. He recibido capacitación sobre riesgos de polvo en mi puesto

Tabla 10 – Encuesta: Pregunta número seis

Categorías	Empleado 1	Empleado 2	Suma	Porcentaje
Nunca (1)	0	0	0	0%
Rara vez (2)	0	0	0	0%
A veces (3)	0	0	0	0%
Casi Siempre (4)	0	0	0	0%
Siempre (5)	5	5	10	100%
Total	5	5	10	100%



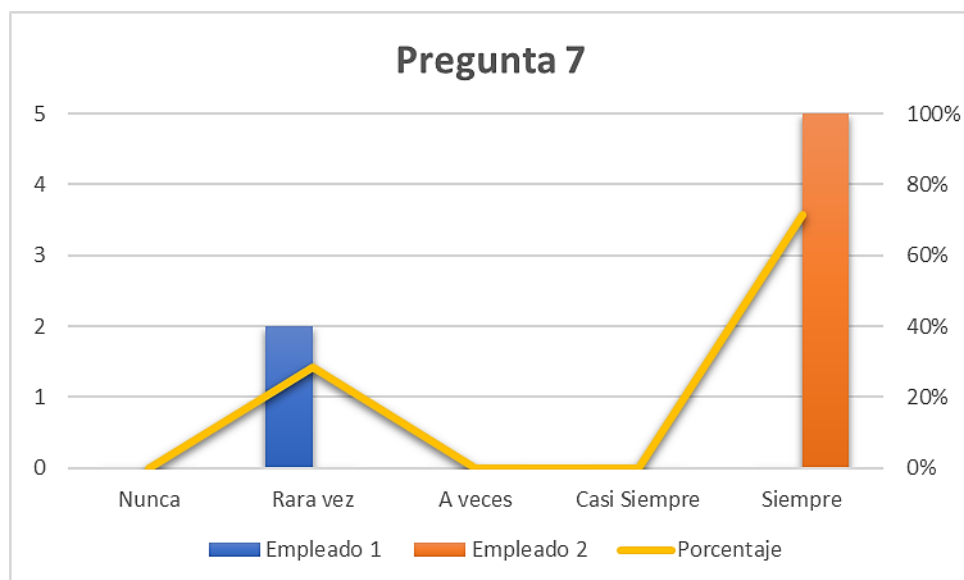
Gráfica 6 - Datos Estadísticos de la pregunta seis

Datos obtenidos: La pregunta 6 permitió evaluar la percepción de los trabajadores sobre la presencia de molestias respiratorias asociadas a la exposición al polvo respirable en el área de trabajo.

Pregunta 7. El polvo dificulta o retrasa el cumplimiento de mis actividades

Tabla 11 - Encuesta: Pregunta número siete

Categorías	Empleado 1	Empleado 2	Suma	Porcentaje
Nunca (1)	0	0	0	0%
Rara vez (2)	2	0	2	29%
A veces (3)	0	0	0	0%
Casi Siempre (4)	0	0	0	0%
Siempre (5)	0	5	5	71%
Total	2	5	7	100%



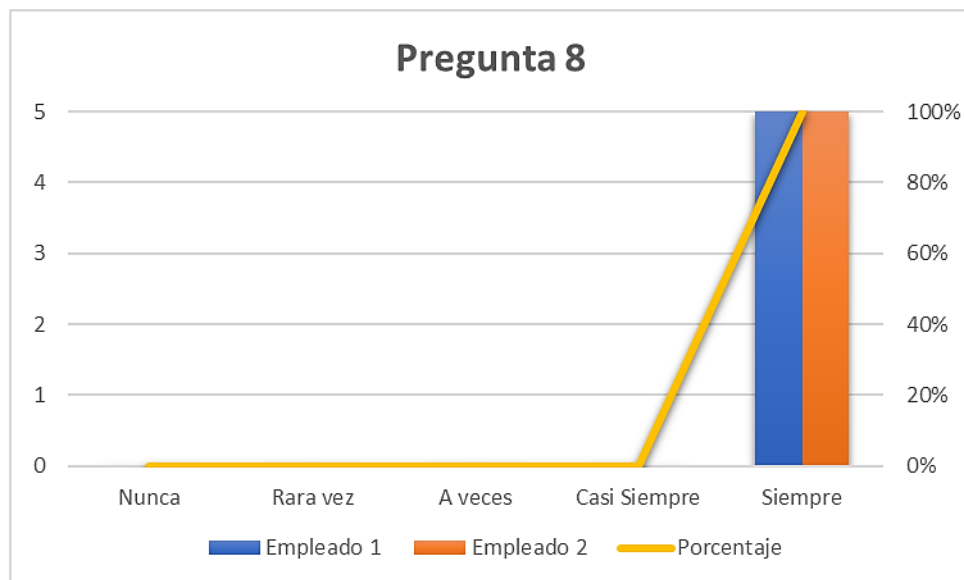
Gráfica 7 - Datos Estadísticos de la pregunta siete

Datos obtenidos: La pregunta 7 tuvo como objetivo identificar la percepción de los trabajadores respecto a la suficiencia de los controles existentes para la reducción del polvo respirable.

Pregunta 8. Creo que es necesario implementar controles adicionales (además del EPP) para reducir el polvo

Tabla 12 - Encuesta: Pregunta número ocho

Categorías	Empleado 1	Empleado 2	Suma	Porcentaje
Nunca (1)	0	0	0	0%
Rara vez (2)	0	0	0	0%
A veces (3)	0	0	0	0%
Casi Siempre (4)	0	0	0	0%
Siempre (5)	5	5	10	100%
Total	5	5	10	100%



Gráfica 8 - Datos Estadísticos de la pregunta ocho

Datos obtenidos: La pregunta 8 estuvo orientada a identificar la percepción de los trabajadores sobre la necesidad de implementar mejoras en los controles para la reducción del polvo respirable.

Preguntas abiertas – Parte 2 de encuesta

La segunda parte de la encuesta incluyó preguntas abiertas orientadas a identificar la percepción de los trabajadores respecto a los síntomas o molestias físicas, la presencia de polvo durante la jornada laboral, posibles problemas de salud asociados, así como las sugerencias de mejora para el control del polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel.

- **Pregunta 1.** ¿Qué síntomas o molestias físicas (tos, irritación, dificultad para respirar) sientes con más frecuencia al trabajar en el área de descarga?
- **Pregunta 2.** ¿En qué momento de la jornada notas mayor cantidad de polvo?
- **Pregunta 3.** ¿Has tenido problemas de salud que crees que estén relacionados con el polvo?

- **Pregunta 4.** ¿Qué mejoras sugieres para reducir el polvo en tu área de trabajo?
- **Pregunta 5.** Si tuvieras que escoger, qué prefieres: ¿más controles de ingeniería (extracción, capota) o depender solo de los EPP? ¿Por qué?

3.4 Uso de Inteligencia Artificial Generativa en la Investigación

La presente investigación aplicó de manera complementaria la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa (IAG), concretamente ChatGPT (OpenAI); su utilización se limitó al apoyo en la redacción académica y mejora de la coherencia textual y parafraseo conservando siempre bajo responsabilidad directa de la autora. Es importante señalar que la IAG no intervino en la generación de datos, análisis de resultados, la interpretación de mediciones higiénicas, la elaboración de tablas estadísticas, formulación de conclusiones ni en el diseño del sistema de control de ingeniería propuesto.

Toda la información técnica, normativa y los resultados presentados provienen de fuentes reales, registros históricos de monitoreo ambiental y del trabajo directo de la investigación realizada. Los textos apoyados por la IAG fueron revisados, validados y ajustados manualmente antes de su incorporación al documento final, asegurando la fidelidad técnica, metodológica y académica del estudio.

La investigación no involucró el uso de datos personales sensibles ni la simulación de resultados y empleo de la IAG se declara de forma transparente, en cumplimiento de los Lineamientos Éticos Institucionales para el Uso de Inteligencia Artificial Generativa vigentes. (OpenAI, 2024)

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Análisis de la exposición ocupacional al polvo respirable

4.1.1 Cuadro de Análisis Comparativo de Exposición Ocupacional (2022-2024)

La revisión de los datos históricos de concentración de polvo respirable analizados mediante la metodología NIOSH 0600 desde el año 2022 hasta 2024, muestra concentraciones que superan los límites umbral TLV establecidos por la ACGIH 3 mg/ m³ y la OSHA 5 mg/ m³. En el año 2023 se determina que los cinco puntos monitoreados registraron valores superiores a los límites de referencia, para el 2024, algunos procesos internos presentaron una reducción de las concentraciones medidas; sin embargo, las actividades de descarga a granel y descarga en tolva mantuvieron valores elevados.

Los resultados obtenidos indican que el proceso de descarga a granel registró las concentraciones más altas de polvo respirable dentro del período analizado. En el año 2023, el puesto de Descarga de materia prima alcanzó una concentración de 19.34 mg/ m³ (M1), un valor 6.4 veces superior al límite establecido por la ACGIH; en 2024 el punto de medición correspondiente a la descarga de materia prima (M5) registró una concentración de 22.36 mg/ m³, representando el valor más alto del período evaluado.

A continuación, se presenta en la Tabla 5 el Cuadro comparativo de Exposición Ocupacional al polvo respirable correspondiente al período 2022 y 2024, elaborado a partir de los informes técnicos de monitoreo ambiental realizados bajo la metodología NIOSH 0600. El cuadro incluye los puestos de trabajo evaluados, las concentraciones promedio ponderadas en el tiempo TWA expresadas en mg/m^3 , los criterios de referencia establecidos por la ACGIH y la OSHA, la ubicación de los puntos de medición y el cumplimiento de los límites permisibles. Esta información permite visualizar de manera comparativa la evolución histórica de los niveles de exposición ocupacional al polvo respirable en las diferentes áreas de la planta.

Tabla 13 - Cuadro Comparativo de los límites por ACGIH

ID Monitoreo	Año	Puesto de Trabajo	Concentración TWA (mg/m^3)	Criterio Referencia (ACGIH/OSHA mg/m^3)	(i) Ubicación del Punto de Medición	(ii) Cumplimiento de Referencia ACGIH (Si/No)	(iii) Acción Sugerida
M1	2022	Rejillero	9.28	3 - 5	Operación de vaceo de materia prima en el área de producción	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M2	2022	Palletizador	1.97	3 - 5	Operación en peletizadoras para la elaboración de pellets	Si	Cumple con límites ACGIH y OSHA. No requiere control de ingeniería, pero se recomienda mantener seguimiento conforme al Plan de Higiene Ocupacional.
M3	2022	Dosificador de Micro	3.31	3 - 5	Operación de vaceo de microingredientes para la producción	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.

M4	2022	Dosificador Línea 1	6.50	3 - 5	Operador de la dosificación de materias primas en mezclador	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M5	2022	Llenado de MP en tulas	5.22	3 - 5	Operación de llenado de MP al granel en tulas para el traslado a la bodega	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M1	2023	Descarga de materia prima	19.34	3 - 5	Operación de descarga en sacos de MP	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M2	2023	Rejilla	10.73	3 - 5	Operación de vaceo de materia prima en el área de producción	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M3	2023	Dosificador Línea 1	8.50	3 - 5	Operador de la dosificación de materias primas en mezclador	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M4	2023	Dosificador Micros	7.99	3 - 5	Operación de vaceo de microingredientes para la producción	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M5	2023	Descarga de Camiones	16.55	3 - 5	Operación de descarga de materia de bañeras a los silos por medio de un tornillo sin fin	No	Intervención de Ingeniería Prioritaria. Este punto es el foco central de la tesis y justifica el diseño conceptual de la capota de contención y el sistema de extracción localizada (VEL).
M1	2024	Rejillero	4.30	3 - 5	Operación de vaceo de materia prima en el área de producción	No	Exposición por encima del límite ACGIH. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.

M2	2024	Dosificador Micros	4.75	3 - 5	Operación de vacéo de microingredientes para la producción	No	Exposición por encima del límite ACGIH. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M3	2024	Palletizador	2.68	3 - 5	Operador en peletizadoras para la elaboración de pellets	Si	Cumple con límites ACGIH y OSHA. No requiere control de ingeniería, pero se recomienda mantener seguimiento conforme al Plan de Higiene Ocupacional.
M4	2024	Descarga de MP en Tolva	10.68	3 - 5	Operación de vacéo de materia prima en el área de producción	No	Exposición por encima del límite ACGIH y OSHA. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M5	2024	Descarga de MP	22.36	3 - 5	Operación de descarga de materia de bañeras a los silos por medio de un tornillo sin fin	No	Intervención de Ingeniería Prioritaria. Este punto es el foco central de la tesis y justifica el diseño conceptual de la capota de contención y el sistema de extracción localizada (VEL).
M6	2024	Área de Epibal	4.81	3 - 5	Operación de tamizaje de materia prima en diferentes tamaños	No	Exposición por encima del límite ACGIH. Requiere implementación de un control de ingeniería distinto.
M7	2024	Materia Prima	2.91	3 - 5	Bodega de materia prima	Si	Cumple con límites ACGIH y OSHA. No requiere control de ingeniería, pero se recomienda mantener seguimiento conforme al Plan de Higiene Ocupacional.

4.2 Resultados de la evaluación de la percepción del polvo respirable – Primera parte de la encuesta

A continuación, se presentan los resultados descriptivos obtenidos a partir de la encuesta aplicada al personal del área de descarga de materia prima al granel, con el fin de evaluar la percepción del polvo respirable durante el año 2025.

Resultado de la pregunta 1: La tabla 6 y la gráfica 1 muestran que el 100% de los trabajadores encuestados seleccionó la opción “Siempre” respecto a la percepción de presencia de polvo en el ambiente laboral durante su jornada de trabajo.

Resultado de la pregunta 2: La tabla 7 y la gráfica 2 muestran que el 100% de los trabajadores encuestados indicó la opción “Siempre” en relación con la frecuencia de exposición al polvo respirable en el área de trabajo.

Resultado de la pregunta 3: La tabla 8 y la gráfica 3 muestran que el 57% de los trabajadores seleccionó la opción “Casi siempre”, mientras que el 43% indicó la opción “A veces”, en relación con la incomodidad del uso de mascarilla durante el trabajo.

Resultado de la pregunta 4: La tabla 9 y la gráfica 4 muestran que el 100% de los trabajadores seleccionó la opción “Siempre”, respecto a utilizar la mascarilla de forma persistente al momento de realizar la actividad durante el trabajo.

Resultado de la pregunta 5: La tabla 10 y la gráfica 5 muestran que el 63% de los trabajadores seleccionó la opción “Siempre”, mientras que el 38% indicó la opción “A veces”, en relación con la protección percibida al utilizar mascarilla u otro equipo de protección personal frente al polvo respirable durante la jornada laboral.

Resultado de la pregunta 6: La tabla 11 y la gráfica 6 muestran que el 100% de los trabajadores encuestados seleccionó la opción “Siempre”, respecto a haber recibido capacitación sobre los riesgos asociados a la exposición al polvo en su puesto de trabajo.

Resultado de la pregunta 7: La tabla 12 y la gráfica 7 muestran que el 71% de los trabajadores encuestados seleccionó la opción “Siempre”, mientras que el 29% indicó la opción “Rara vez”, respecto a la dificultad para cumplir sus actividades laborales debido a la presencia de polvo respirable en el área de trabajo.

Resultado de la pregunta 8: La tabla 13 y la gráfica 8 muestran que el 100% de los trabajadores encuestados seleccionó la opción “Siempre”, respecto a la necesidad de implementar controles adicionales, además del equipo de protección personal, para reducir la exposición al polvo respirable en el área de trabajo.

4.2.1 Resultados de las preguntas abiertas – Segunda parte de la Encuesta

Resultado de la pregunta 1: En relación con los síntomas o molestias físicas en el área de descarga, los trabajadores manifestaron que, por lo general, presentan dificultad para respirar durante la jornada laboral.

Resultado de la pregunta 2: Respecto a la percepción de la presencia de partículas de polvo, los trabajadores revelaron que la mayor cantidad de polvo respirable se muestra durante la jornada laboral, principalmente durante las actividades de descarga de materia prima al granel.

Resultado de la pregunta 3: Ante esta pregunta, los trabajadores indicaron haber habitado complicaciones de salud, tales como episodios gripales repetitivos e irritación ocular, que relacionan con la exposición al polvo respirable que se maneja en el área de trabajo.

Resultado de la pregunta 4: Los empleados indicaron como mejoramiento la necesidad de contar con extractores de polvo que trabajen de manera eficiente para comprimir la presencia de polvo en el área de trabajo.

Resultado de la pregunta 5: Ante esta pregunta, los trabajadores manifestaron que la empresa debería implementar controles de ingeniería, específicamente sistemas de extracción de polvo y mejoras en la iluminación del área de trabajo, en lugar de depender solo del uso de equipos de protección personal.

4.3 Diseño de la capota de contención con extracción localizada y Plan de mejora continua (PVHA)

Esta fase de investigación se centra en la aplicación de los principios fundamentales de Ventilación por Extracción Localizada (VEL), según la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales ACGIH, que es el estándar de oro en la materia.

- a) Fundamento teórico del diseño: de acuerdo con la sección 3.3 tipos de Campanas del Manual de Ventilación Industrial de la ACGIH, la forma más eficiente para controlar contaminantes es a través de las Cabinas (Enclosures – sección 3.3.1 del Manual). Se establece que, dado el proceso de descarga de materia prima que es la fuente de emisión, el diseño debe maximizar el encierro o contención de la operación. Este enfoque de contención requiere la mínima cantidad de aire de extracción para lograr la máxima eficacia. Por lo tanto, el diseño de capota se conceptualiza con paredes para rodear el punto de emisión.

La implementación de estos principios técnicos se fundamenta en que los sistemas de extracción localizada constituyen el método prioritario para el control de riesgo

ambientales en el origen. Según Allianz Commercial (2024), una ventilación bien diseñada no solo garantiza la calidad del aire y la eliminación de contaminantes peligrosos, sino que ofrece una protección superior frente a la inhalación de partículas en comparación con los métodos administrativos. (Commercial, 2024)

b) Definición de geometría y dimensionamiento conceptual ACGIH: basándose en los principios de las campanas, se determina que la distancia de la boca de la capota a la fuente de contaminación debe ser la mínima posible, aunque se clasifica como una capota de contención parcial, su eficiencia depende de la velocidad de captura necesaria para vencer las corrientes de aire externas y dirigir el polvo hacia la boca. La geometría de la capota modelada en AutoCAD se define con la intención de reducir el área abierta al mínimo funcional. (Hygienists, 1998)

c) Modelado 3D en AutoCAD: el modelo tridimensional en AutoCAD es la representación de los principios teóricos anteriores; aunque el alcance no incluye el modelado por dinámica de fluidos computacional, valida que el diseño propuesto es físicamente compatible con la maquinaria y las operaciones del área de descarga.

Los modelos digitales proporcionan de manera precisa la forma de calcular la velocidad y el caudal que se requiere para evadir la acumulación de partículas de polvo en el sistema; según lo mencionado por Tamayo Salazar (2025), el diseño de sistemas de ventilación localizada debe certificar una velocidad de atracción ajustada a las propiedades físicas del material particulado. De este modo, el diseño propuesto se alinea con las tendencias actuales de ingeniería para el control de emisiones en bodegas de producción. (Salazar, 2025)

4.3.1 Descripción del área de intervención

El área objeto de análisis corresponde a la zona de descarga de materia prima al granel, ubicada en un corredor cerrado de estructura metálica, con piso de hormigón y paredes laterales de láminas acanalada. En esta zona se realiza el ingreso de vehículos pesados para la descarga directa del producto, generándose una elevada dispersión de polvo respirable durante la operación, lo que impacta de manera directa en la calidad del aire del ambiente laboral.

Ilustración 1 - Área de Descarga MP al Granel



Ilustración 2 - Ingreso de Camiones al Área de Descarga al Granel



Ilustración 4 - Área de Rejilla

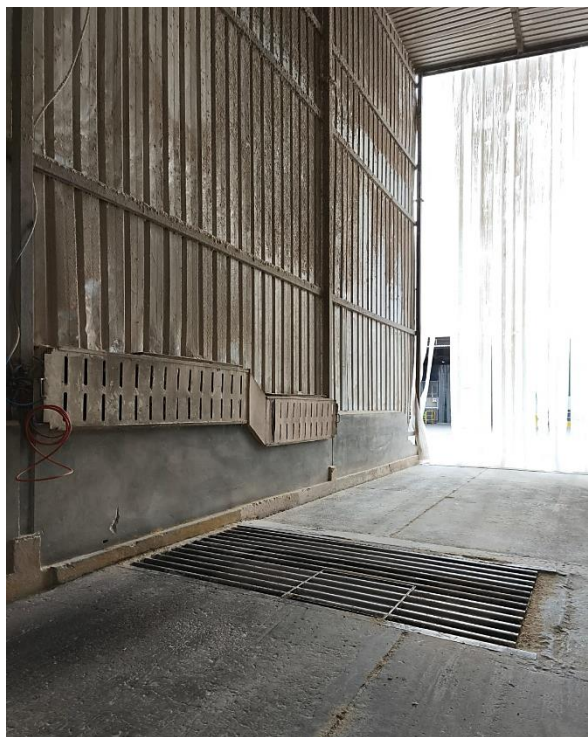
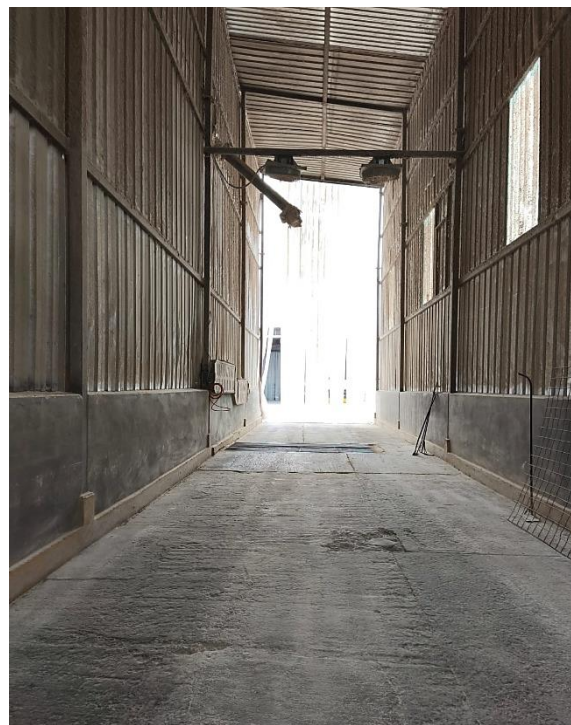


Ilustración 3 - Área interna del Galpón de Descarga al Granel



Las ilustraciones 1-2-3-4 muestran la configuración real del área evaluada, donde se evidencia un espacio longitudinal confinado, con una abertura frontal provista de cortinas plásticas flexibles que permanecen abiertas durante la operación. La dinámica del área favorece que el material particulado salga y vuelva a ingresar, aumentando la exposición de los trabajadores al polvo respirable.

Las imágenes muestran que el punto crítico de generación se ubica en la rejilla de descarga, en el centro del corredor y a nivel del piso, habiendo ausencia de una capota de contención en esta área permite que el polvo particulado se disperse en todas las direcciones, impulsado por las corrientes de aire generadas por el tránsito de vehículos.

La infraestructura del área permite que el polvo al momento de esparcirse se adhiera en las paredes, pisos, salga e impacte en las vías respiratorias de los trabajadores dentro y fuera del

área, esto reflexiona a la necesidad de implementar controles de ingeniería para mitigar el polvo particulado y evite contaminación en el ambiente laboral.

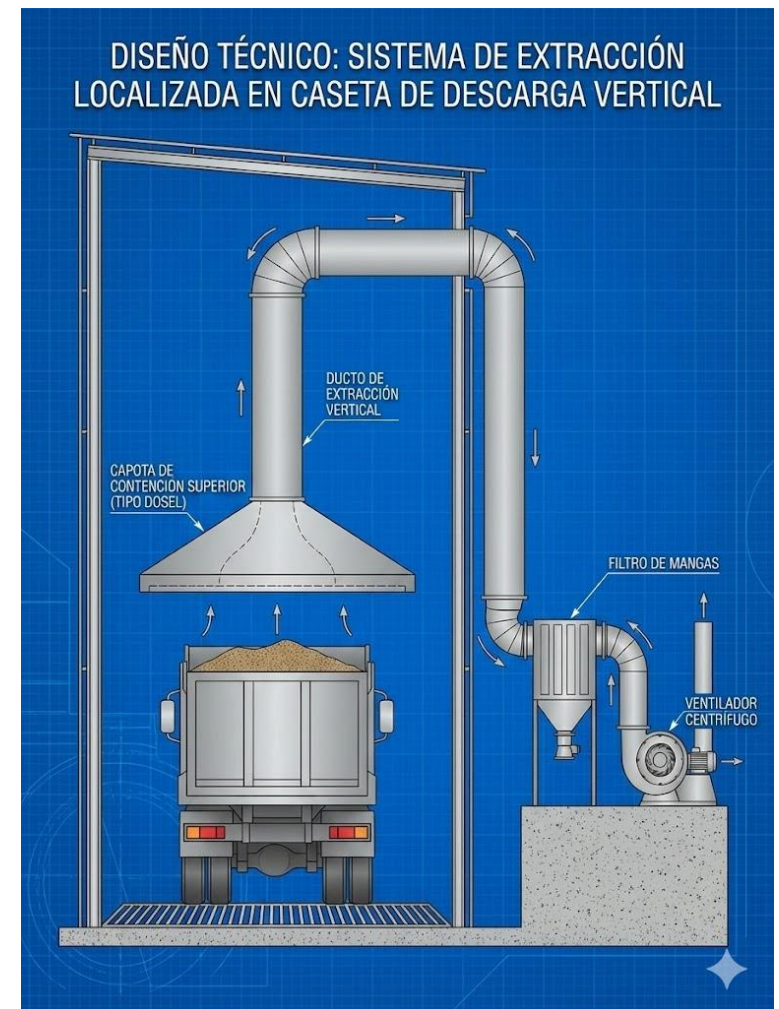
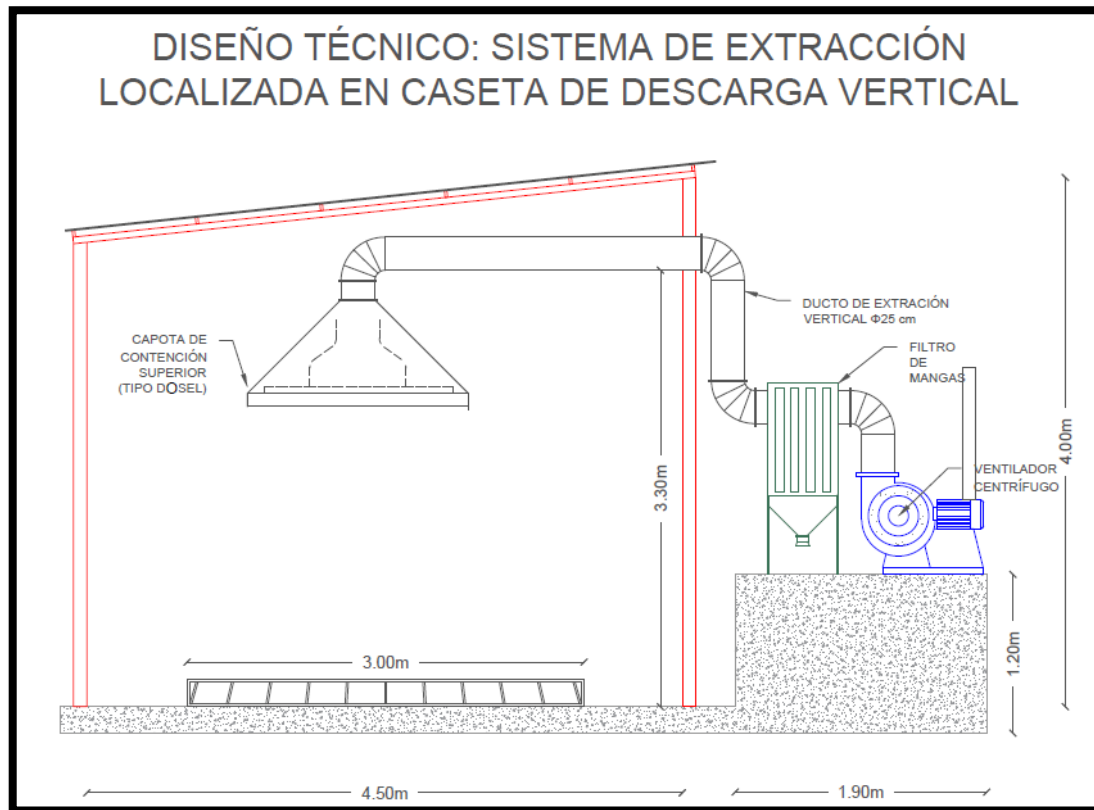
Basado en el estudio del área y en el diseño elaborado en AutoCAD, la estructura de contención se planea instalar directamente en el punto de salida, cubriendo por completo la zona donde se genera el polvo. Las dimensiones del diseño propuesto se determinaron en función de medidas conforme al área, asegurando un confinamiento efectivo sin afectar el funcionamiento normal del proceso.

Estas dimensiones garantizan que el diseño propuesto se adapte a la infraestructura del área de descarga de materia prima, teniendo en cuenta las distancias laterales, altura desde el suelo y el espacio requerido para la conexión del sistema de extracción localizado.

A continuación, se presenta el diseño propuesto para el área de descarga de materia prima al granel, desarrollado mediante el software AutoCAD, en el cual se detallan su ubicación y características estructurales conforme al análisis realizado a los informes técnicos evaluados. Este diseño constituye una alternativa de control de ingeniería orientada a la reducción de la generación y dispersión de partículas de polvo durante las actividades ejecutadas por los trabajadores:

Ilustración 5 - Diseño Técnico de un Sistema de Extracción localizada AutoCAD 2D

Ilustración 6 - Diseño Técnico de un Sistema de Extracción localizada AutoCAD 2D



4.3.2 Aplicación del ciclo de mejora continua – Ciclo Deming PHVA

Para garantizar que la propuesta de control de ingeniería es decir la capota de contención con sistema de extracción localizada sea implementada de forma efectiva y sostenible, se aplica el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar – Hacer – Verificar – Actuar) el cual permite estructurar el proceso continuo de mejora para controlar la exposición de polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel, donde las mediciones históricas (2022-2023-2024) evidencian concentraciones que superan entre 4 y 7 veces los límites de ACGIH y OSHA, confirmando la persistencia de un riesgo higiénico crítico.

La aplicación del PHVA resulta indispensable debido a que la organización solo tiene medidas de control basadas en el uso de EPP, las cuales representan el nivel menos efectivo para mitigar los riesgos dentro de la jerarquía de controles. La ausencia de controles de ingeniería en el punto de mayor emisión ha permitido que las concentraciones de polvo se mantengan críticas durante tres años consecutivos, lo que evidencia la necesidad de implementar un modelo de mejora continua que permita planificar técnicamente la intervención, ejecutar el diseño propuesto, verificar su eficacia mediante monitoreo higiénico y establecer acciones correctivas que garanticen su funcionamiento continuo. (Pulido, 2010)

Para el desarrollo del presente plan, el ciclo PHVA se estructura conforme a la metodología de solución de problemas en ocho pasos, este enfoque permite una comprensión integral del problema, la identificación de sus causas raíz, la formulación de acciones correctivas basadas en controles de ingeniería y la evaluación de los resultados obtenidos. La estructura permite que el Plan sea utilizado como herramienta formal de seguimiento, evaluación del desempeño higiénico-ocupacional y toma de decisiones. (Solórzano y otros, 2023)

A continuación, se presenta el desarrollo del ciclo PHVA adaptado a la actividad que se realiza en el área de descarga de materia prima al granel, determinado como el punto crítico de mayor generación de polvo respirable y considerada un riesgo químico relevante dentro del proceso de elaboración de alimento balanceado para camarón.

4.3.2.1 Fase de Planificar

Paso 1 Definir el Problema: En el área de descarga de materia prima al granel presenta concentraciones de polvo respirable que superan de forma sostenida los TLV de ACGIH ($3\text{mg}/\text{m}^3$) y los PEL de OSHA ($5\text{ mg}/\text{m}^3$), alcanzando valores superiores e identificando como el área crítica por su forma estructural por las evaluaciones realizadas en el punto 3.3.1 y 3.3.2, debido a la ausencia total de sistemas de captación del contaminante en la fuente; a su vez se considera que la exposición de polvo solo se controla por el Equipo de Protección Personal (EPP) el cual no es suficiente para mitigar el polvo y evitar enfermedades a los trabajadores.

Paso 2 Búsqueda de causas posibles: Las causas del polvo respirable se concentran en:

- Descarga libre sobre rejilla sin confinamiento físico mismo que genera turbulencias de aire y resuspensión del polvo acumulado en superficies cercanas, agravando la concentración ambiental.
- Corrientes de aire internas que dispersan el polvo libremente hacia la zona respiratoria del trabajador.
- Cortinas plásticas de contención que son inapropiadas para mitigar el polvo, puesto que al ingresar el camión tiene el cabezal fuera y esto permite que las cortinas se abran y el polvo se esparza hacia el exterior y afecte también a las demás áreas.
- Falta de una capota de extracción localizada en el lugar de emisión.

Paso 3 Identificación de la causa raíz: el origen de la creación y dispersión de las partículas de polvo que se puede inhalar se debe a la falta de controles de ingeniería en el área laboral, pese a la carencia de un sistema que facilite el confinamiento del material particulado en el momento de la descarga; esta situación lleva a la liberación directa del polvo en el entorno de trabajo, aumentando así la concentración en el área respiratoria de los obreros que están expuestos. Adicionalmente el uso de cortinas plásticas que permanecen abiertas por el ingreso del camión facilita la migración del polvo hacia áreas externas y su recirculación dentro del área de trabajo.

Ante esta deficiencia estructural, el proceso depende principalmente del uso de equipos de protección personal (EPP), mismos que se encuentran como control básico en la pirámide de la jerarquía de controles, resultando insuficientes para eliminar o controlar de manera efectiva el riesgo higiénico identificado.

Paso 4 Definición de la medida remedio: en esta etapa, luego de reconocer la causa raíz del problema, se establece que es esencial aplicar un control de ingeniería que se enfoque en la contención y recolección de las partículas de polvo. Esta acción tiene como objetivo prevenir que el contaminante se propague antes de llegar a la zona respiratoria del trabajador, dando prioridad a la jerarquía de controles y disminuir la dependencia del uso de equipos de protección personal.

- **Qué** – Capota de contención con sistema de extracción localizada (VEL)
- **Dónde** – Punto exacto de descarga de materia prima al granel
- **Cómo** – Confinamiento físico del contaminante y su conducción hacia un sistema de extracción localizada.
- **Para qué** – Capturar el polvo antes de que llegue a la zona respiratoria del trabajador

- **Criterio técnico** – Manual de Ventilación Industrial ACGIH

4.3.2.2 Fase Hacer

Paso 5 Implementación de la medida remedio: Con base en la medida de control de ingeniería definida, se procede a la ejecución de las acciones necesarias para su implementación, enfocadas en el diseño, instalación y puesta en funcionamiento de la capota de contención con sistema de extracción localizada, estas actividades permiten materializar la solución propuesta, orientada a la mitigación efectiva de la dispersión de polvo respirable en el área de descarga.

- **Modelado de la capota de contención en AutoCAD:** para la creación de la capota de contención se utilizó el programa AutoCAD, teniendo en cuenta la forma funcional que permita atrapar las partículas de polvo sin interferir con las actividades del área de descarga.
- **Instalación del sistema de extracción localizada:** esta parte se debe realizar en conjunto de un ingeniero el cual debe construir la capota por medio de la propuesta de diseño, para luego ubicarla en el punto de generación de polvo respirable. Esta instalación se enfoca en disminuir la dispersión del contaminante en los trabajadores.
- **Puesta en marcha y verificación operativa del sistema:** luego de la instalación del sistema se procede a su activación para comprobar su funcionamiento, avalando la correcta recolección del polvo en el área de descarga. Este control permite verificar que el sistema asegura el cumplimiento de su función sin intervenir en las actividades del proceso.

4.3.2.3 Fase Verificar

Paso 6 Revisar los resultados obtenidos: En esta etapa se evalúa la efectividad del control de ingeniería implementado mediante la comparación de las condiciones ambientales antes y después de la instalación de la capota de contención con extracción localizada. La verificación se realiza a través de monitoreos de polvo, observación directa del comportamiento del contaminante en el área de descarga y revisión del funcionamiento del sistema durante la operación normal del proceso.

También se analiza si la dispersión del polvo hacia áreas adyacentes se ha reducido y si el control actúa directamente sobre la fuente de generación, disminuyendo la dependencia del uso exclusivo de equipos de protección personal.

4.3.2.4 Fase Actuar

Paso 7 Prevención de la recurrencia del problema: De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de verificación se establecen acciones orientadas a consolidar y mejorar el control implementado, estas acciones incluyen ajustes al diseño o posicionamiento de la capota, mejoras operativas del sistema de extracción y la estandarización del control como medida permanente dentro del proceso productivo, evitando la recurrencia del problema y fortaleciendo la gestión preventiva del riesgo por exposición a polvo respirable.

Paso 8 Conclusión y mejora continua: después de confirmar la eficacia del control técnico, la capota de contención con sistema de extracción localizada se establece como una solución en el área de descarga de materia prima al granel. Su funcionalidad ambiental se sustenta en la normalización, disminuye de manera constante la exposición al polvo respirable y

actúa como guía técnica para la adopción de controles en industrias; incorporando la mejora continua del sistema de gestión de seguridad y salud laboral.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que la exposición a polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel constituye un problema higiénico relevante y persistente dentro de la planta evaluada. El análisis histórico de las mediciones realizadas entre los años 2022 y 2024, bajo la metodología NIOSH 0600, muestra un incumplimiento sostenido de los límites de exposición establecidos por la ACGIH y la OSHA, particularmente en las actividades asociadas a la descarga a granel y descarga en tolva.

Este comportamiento coincide con lo que se ha documentado en la literatura sobre higiene industrial, donde se establece que las actividades de carga y descarga de materia prima a granel representa como una de las principales causas de generación de polvo particulado. Esto ocurre cuando no se implementan controles de ingeniería que intervengan en la fuente de emisión; existen a su vez investigaciones que indican que, sin sistemas adecuados de confinamiento y extracción localizada, las concentraciones en el ambiente pueden aumentar considerablemente, prevaleciendo los límites establecidos a lo largo de toda la jornada laboral.

Los resultados de la encuesta realizada en 2025 interfieren hallazgos cuantitativos, exponiendo la percepción de la presencia de partículas de polvo respirable en el área de materia prima al granel. De acuerdo con los datos obtenidos y la percepción de los empleados ha sido documentada donde el riesgo es observable y persistente; considerando que el equipo de protección personal es la principal táctica empleada para mitigar la exposición de partículas de polvo respirable.

Sin embargo, tanto la literatura especializada como los hallazgos del estudio sugieren que el equipo de protección personal, al situarse en el último lugar de la jerarquía de controles, no elimina o reduce de manera efectiva el contaminante en su origen, sino que trabaja como una barrera individual que depende del uso correcto y continuo por parte del empleado; la incomodidad relacionada con el uso prolongado de mascarillas puede influir en la mitigación de esta medida.

Los resultados cualitativos obtenidos a partir de las preguntas abiertas indican que los trabajadores asocian la exposición al polvo respirable con la presencia de molestias físicas, tales como dificultad respiratoria e irritación ocular. La literatura en salud ocupacional describe que este tipo de molestias suele presentarse en ambientes con alta carga de material particulado, especialmente cuando la exposición es frecuente y prolongada. Sin embargo, es concluyente mencionar que estas percepciones reflejan la experiencia personal de los trabajadores y no deben ser consideradas diagnósticos médicos, por lo que han de interpretarse en el texto particular del área evaluada.

Los empleados tienen inclinación a la aplicación de controles de ingeniería, tales como sistemas de extracción localizada y optimización de la iluminación en el área de descarga, coincide con los fundamentos de la jerarquía de control de riesgos. Los estudios enfatizan que los sistemas de ventilación de extracción localizada, a pesar de ser los mejores diseños y se posicionan porque mitigan el contaminante, no son reconocidos como una estrategia efectiva para controlar el polvo respirable en las industrias.

Por esta razón, se propone el diseño de una capota con sistema de extracción localizada, realizado en AutoCAD y por los lineamientos del Manual de Ventilación Industrial de la ACGIH, como una solución técnica al control del contaminante. Sin embargo, es importante indicar que

este diseño aún no ha sido puesto en práctica ni validado bajo condiciones operativas reales, por lo que su eficacia no puede ser medida en el contexto de este caso de estudio.

Mediante la perspectiva de la gestión preventiva, la organización facilitó realizar el análisis del problema, identificación de las causas y la creación de una solución técnica que resulta coherente a través del ciclo de mejora continua PHVA. Este enfoque coincide con lo señalado en la literatura sobre seguridad y salud en el trabajo, donde el ciclo PHVA es reconocido como una herramienta útil para la planificación y gestión de intervenciones en riesgos higiénicos complejos.

Finalmente, los resultados del estudio deben interpretarse considerando que el análisis se limita a una planta específica y a un área puntual del proceso productivo, asimismo, la propuesta de control de ingeniería corresponde a un diseño conceptual que requiere ser implementado y evaluado mediante monitoreos higiénicos posteriores para determinar su impacto real en la reducción de la exposición al polvo respirable.

6. CONCLUSIONES

- La presente investigación cumplió con el objetivo general de analizar la exposición ocupacional a polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel de una planta de elaboración de alimento balanceado para camarón, mediante un enfoque cuantitativo, no experimental, transversal y de alcance descriptivo-aplicado, sustentado en el análisis de información histórica de monitoreo ambiental y en la aplicación de herramientas complementarias de diagnóstico.
- De acuerdo con el primer objetivo, busca identificar los niveles de exposición laboral al polvo respirable, los análisis obtenidos por el monitoreo ambiental de los años 2022, 2023 y 2024 determinaron concentraciones que despuntan los límites establecidos por las normas ACGIH y OSHA, lo que permite definir el área de descarga de materia prima al granel como punto crítico de exposición.
- En cuanto al segundo objetivo, se alineó a la percepción del contaminante en los empleados que laboran en el área, los resultados de la encuesta realizada por la escala de Likert señalaron que la presencia del polvo es continua en el lugar de trabajo. Estos hallazgos pertenecen a una población imperceptible que tiene un carácter contextual y descriptivo, sin realizar generalizaciones.
- Para el tercer objetivo, se elaboró la propuesta de diseño conceptual de una capota de contención con sistema de extracción localizada, desarrollado en AutoCAD como prototipo de control de ingeniería basada en la evidencia diagnóstica y en criterios técnicos de ventilación industrial, enfocado en los principios de higiene industrial y la jerarquía de control de riesgos.

- La metodología se caracteriza por su enfoque descriptivo y aplicado, centrado en el análisis de la exposición laboral y la propuesta técnica sin incluir la implementación y la evaluación de efectividad del sistema desarrollado. Entre las importantes limitaciones se destacan el diseño transversal y el tamaño reducido de la población analizada que son características del enfoque de estudio de caso.
- En conclusión, se determina que la capota de contención con sistema de extracción localizada representa una propuesta técnica basada en evidencia diagnóstica, por lo cual es necesario una investigación o fase futura para abordar la efectividad y mitigación del contaminante, por medio de la implementación y monitoreos higiénicos subsecuentes que permitan medir su impacto en la disminución de la exposición de partículas de polvo en el área de descarga.

7. RECOMENDACIONES

1. Implementar de manera prioritario, en una fase posterior al presente estudio, la capota de contención con sistema de extracción localizada en el área de descarga de materia prima al granel, asegurando que el diseño permita el confinamiento efectivo del polvo respirable en el punto de generación.
2. Redimensionar el espacio físico del área de descarga de materia prima al granel, de manera que el camión pueda ingresar completamente sin generar contacto con las cortinas plásticas de contención. Al realizar las mejoras en la infraestructura evitará que las cortinas se dividan de forma accidental por el cabezal del tráiler, garantizando la contención y limitación de la propagación de polvo hacia zonas externas al momento del proceso.
3. Implementar un programa de seguimiento del polvo respirable, después de haber puesto en marcha el control técnico, para medir el funcionamiento y asegurar de que se respeten los límites de exposición ocupacional determinados por la norma ACGIH y OSHA.
4. Se recomienda que el uso de equipos de protección personal se considere como una medida complementaria dentro de un esquema más amplio de control, en relación con la jerarquía de control de riesgos. Se sugiere optar por utilizar el ciclo PHVA para identificar, evaluar y controlar riesgos similares en sitios aledaños del proceso con el fin de fortalecer la mejora continua del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
5. Se propone al Departamento de Sistemas realizar la evaluación del uso y licenciamiento del software AutoCAD y otros programas para el diseño, actualización

- y mantenimiento de proyectos de ingeniería dirigidos al control de riesgos laborales, con el objetivo de maximizar recursos internos y minimizar gastos asociados a consultorías externas.
6. Se sugiere realizar un estudio para considerar los costos vinculados con la elaboración e instalación de la capota de contención propuesta, incluyendo la selección de materiales estructurales, el tiempo necesario para su edificación, ensamblaje en el lugar y las condiciones operativas en el área de descarga. Este proceso permitirá garantizar el funcionamiento del control de ingeniería, confirmando su efectividad en la disminución de la exposición de partículas de polvo sin perjudicar la calidad del sistema. (Executive, 2017)
 7. Definir técnicamente, previo a la implementación del sistema de extracción localizada, se definan de manera técnica las velocidades de captación y el caudal de aire requeridos, tomando como referencia criterios normativos y guías técnicas reconocidas, con el propósito de asegurar un diseño funcional, eficiente y económicamente viable.

REFERENCIAS

- ACGIH. (2025). *TLV Chemical Substances Introduction*. Retrieved from <https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction/>
- Alejandro, D. S. (2022). *Relación entre Exposición a Material Particulado y Transtornos Respiratorios en Trabajadores de una Planta de Prefabricados de Concreto, Arequipa 2017-2019*. Retrieved from La Referencia: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a980d3b1-d0e1-4ffd-b2c7-f09af380ffb8/content>
- Amaro, P. W. (2020). *Implementación del Ciclo PHVA en la Mejora del Cumplimiento del Plan Mensual de avances*. Retrieved from Universidad Continental: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7839/3/IV_FIN_110_TSP_Arzapalo_Amar_2020.pdf
- Antonio d'Errico, S. P. (2025). Occupational exposure to respirable and inhalable dust and its components in a Nicaraguan sugarcane plantation. *National Library of Medicine*, 82(1), 36-43. <https://doi.org/10.1136/oemed-2024-109604>
- Author, D. A., Prasad, A., Ganta, N., Marin, A. C., Hechter, S., Pavuluri, S., . . . Cheriya, P. (2023). Un interesante caso de pneumoconiosis mixta por polvo, con fibrosis masiva progresiva y cor pulmonale en un agricultor sudamericano. *Kompass Neumología*, 5(1), 38-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1159/000528892>
- Baños, C. Y. (2020). *Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro en la planta chancadora del área San Nicolás - Marcona*. Retrieved from La Referencia:

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/fc0cd4f8-67a7-4505-aa29-08ae223d5dc0/content>

Carlos, M. C. (2020). *Propuesta del Sistema de Gestión en la Salud Ocupacional y Seguridad Industrial y su Influencia en las Plantas Procesadoras de Minerales de la Provincia de Nasca 2019*. Retrieved from La Referencia:

<https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/461ee4be-37bc-463e-93cb-1251317532a5/content>

Commercial, A. (2024). *Principles of Industrial Ventilation*. Retrieved from

<https://commercial.allianz.com/content/dam/onemarketing/commercial/commercial/pdfs-risk-advisory/ARC-Industrial-Ventilation.pdf>

Cyntia Yadira Erazo Solórzano, D. A. (2023). Evaluación del material particulado que se genera en la elaboración de balanceados y su incidencia en la salud de los trabajadores. *Revista de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 7, 12-24.

<https://doi.org/> <https://doi.org/10.18779/ingenio.v7i1.601>

Elisa M. Teixeira Villamediana, C. M. (2024). Respiratory signs and symptoms due to dust exposure in wheat mill workers. *Multidisciplinar (Montevideo)*, 2, 96.

<https://doi.org/> <https://doi.org/10.62486/agmu202496>

Executive, H. a. (2017). *Controlling airborne contaminants at work - A guide to local exhaust ventilation (LEV)*. Retrieved from <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg258.pdf> -

<https://books.hse.gov.uk/>

- Fiallos Navarro Jerico Steven, M. O. (2024). *Protección Integral de los Operadores Frente a la Exposición e Impacto del Granallado en la Industria Naval*. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27615/1/UPS-GT005061.pdf>
- Frederick Anlimah, V. G. (2023). A systematic review of the effectiveness of dust control measures adopted to reduce workplace exposure. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-023-26321-w>
- Garzón, J. P. (2022). *Medicina Preventiva, Ocupacional y Ambiental - La Higiene Industrial. Manual Moderno*. <https://doi.org/https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=P9NyEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT208&dq=higiene+industrial&ots=ymvzVGKD5o&sig=KEPYWIDQg3dq-pfEB1F6U66qfJw#v=onepage&q&f=false>
- Gómez Meza Juan Jacinto, Y. J. (2022). *En el Aprendizaje de Software AutoCAD: Revisión Teórica*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=721778113004>
- Gómez, I. Y. (2023). *Determinación de Fuentes de Emisión de Partículas Finas en la Zona Industrial de Tula, Hidalgo*. Retrieved from <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/904fde8b-852f-452b-83b9-3d8e722d93c2/content>
- Haro Sarango, A. F. (2024, abril). *Tipos y Clasificación de las Investigaciones*. <https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927>
- Hygienists, A. C. (1998). *Industrial Ventilation*. Retrieved from <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/001/acgih.manual.1998.pdf>

- Jaime Alberto Álvarez Betancur, L. D. (2022). *Método rápido para la evaluación del riesgo químico por inhalación y contacto asociado al manejo de residuos peligrosos (Respel)*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/3217/321777492001/321777492001.pdf>
- Javier, A. D. (2025). Aplicación de la Jerarquía de Controles de la Norma ISO 45001 en la Prevención de riesgos Laborales. *Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society*, 2(4), e-332. <https://doi.org/https://doi.org/10.71068/6wffz272>
- Luis Carlos Acevedo Bedon, J. E. (2024). *Gestión de los Riesgos Laborales en la Línea de Procesos del área de Pulverizado en una Planta Procesadora de Cacao*. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28479/1/UPS-GT005558.pdf>
- Mahinda Seneviratne, K. S. (2024). Respirable Silica Dust Exposure of Migrant Workers Informing Regulatory Intervention in Engineered Stone Fabrication. *Safety and Health at Work*, 15, 96-101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.shaw.2024.01.003>
- Ministerio del Trabajo. (2024, marzo 20). *Anexo 3 - Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo*. Retrieved from Ministerio del Trabajo: https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf
- Ministerio del Trabajo. (2024, mayo 02). *Decreto Ejecutivo 255*. Retrieved from Ministerio del Trabajo: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/DECRETO-EJECUTIVO-255-REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf>

- National Institute for Occupational Safety and Health. (2025, september). *Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) Respiratory Protection Handbook*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2025-111/pdfs/2025-111revised092025.pdf>
- OpenAI. (2024). *ChatGPT (versión GPT-4)*. Retrieved from <https://www.openai.com/chatgpt>
- OSHA. (2024). *Todo sobre OSHA - Administración de Seguridad y Salud Ocupacional*. Retrieved from <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3173.pdf>
- Pacheco, D. E., Ortega, D. F., Lara, J. P., Silva, K. R., & Zambrano, M. L. (2024, Agosto). *Evaluación del impacto de la exposición laboral en la salud respiratoria, una revisión bibliográfica*. <https://doi.org/DOI: 10.23857/pc.v9i8.7730>
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y Productividad*. Retrieved from <https://iestpcabana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/CALIDAD-Y-PRODUCTIVIDAD.pdf>
- Salazar, J. C. (2025). *Diseño y simulación de un sistema de ventilación para la extracción de material particulado en Fertilgran S.A.S*. Retrieved from <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/75552/Jctamayos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Social, I. E. (2017, junio 01). *Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo*. Retrieved from C.D. 513: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/C.D.%20513.pdf>
- Solórzano, K. M., Zevallos, M. N., & Castillo, M. T. (2023). *Implementación del Ciclo Deming para la Mejora del Proceso del Envasado en la Empresa de Plásticos Flexibles*.

Retrieved from <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7e7972e5-16f6-4c14-b0b0-7cc516323230/content>

Wirot Chanthorn, L. L. (2025). Assessment of Respiratory Symptoms among Sandstone Workers Associated with Respirable Dust and Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) Exposure. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 14(3), 317-324.

<https://doi.org/http://doi.org10.20473/ijosh.v14i3.2025.317-324>

Yolima Pertuz Meza, M. V. (2021). Efectos para la salud respiratoria de los trabajadores que usan sustancias químicas en su medio laboral. Una revisión sistemática. *Artículo de Revisión Sistemática*. Salud Uninorte, Colombia.

<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.14482/sun.38.2.616.2>

ANEXO 1

Cuestionario a trabajadores del área de Descarga materia prima al granel

Ilustración 7 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Encuesta – Entrevista

Trabajadores Expuestos a Polvo



Datos del trabajador:

Fecha: Viernes, 5 de septiembre de 2025

Edad: 24 Tiempo en el cargo: 5 años/meses

Parte 1. Preguntas cerradas (Escala Likert 1-5)
(1 = Nunca / 2 = Rara vez / 3 = A veces / 4 = Casi siempre / 5 = Siempre)

- Durante mi jornada laboral percibo presencia de polvo en el ambiente.
[1] [2] [3] [4] [5]
- Siento que el polvo afecta mi salud (irritación, tos, dificultad para respirar).
[1] [2] [3] [4] [5]
- El uso de mascarilla me resulta incómodo durante el trabajo.
[1] [2] [3] [4] [5]
- Utilizo mascarilla u otro EPP de forma constante en mis tareas.
[1] [2] [3] [4] [5]
- Considero que la mascarilla u otro EPP me protege adecuadamente del polvo.
[1] [2] [3] [4] [5]
- He recibido capacitación sobre riesgos de polvo en mi puesto.
[1] [2] [3] [4] [5]
- El polvo dificulta o retrasa el cumplimiento de mis actividades.
[1] [2] [3] [4] [5]
- Creo que es necesario implementar controles adicionales (además del EPP) para reducir el polvo.
[1] [2] [3] [4] [5]

Ilustración 8 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 2

Parte 2. Preguntas abiertas (entrevista breve)

1. ¿Qué síntomas o molestias físicas (tos, irritación, dificultad para respirar) sientes con más frecuencia al trabajar en el área de descarga?

Al momento de descarga se dificulta al respirar.

2. ¿En qué momento de la jornada notas mayor cantidad de polvo?

Desde las 9:00 de la mañana en adelante.

3. ¿Has tenido problemas de salud que crees que estén relacionados con el polvo?

Gepe cada 4 meses.

4. ¿Qué mejoras sugieres para reducir el polvo en tu área de trabajo?

Buenos extractores para evitar mucha acumulación de polvo.

Ilustración 9 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 3

5. Si tuvieras que escoger, ¿qué prefieres: más controles de ingeniería (extracción, capota) o depender solo del EPP? ¿Por qué?

Controles de Ingeniería.
Falta de Iluminación y tener extintores con mayor potencia

Ilustración 10 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Encuesta – Entrevista Trabajadores Expuestos a Polvo



Datos del trabajador:

Fecha: 5/09/2025

Edad: 27 Tiempo en el cargo: 1 años/meses

Parte 1. Preguntas cerradas (Escala Likert 1-5)
(1 = Nunca / 2 = Rara vez / 3 = A veces / 4 = Casi siempre / 5 = Siempre)

1. Durante mi jornada laboral percibo presencia de polvo en el ambiente.
[1] [2] [3] [4] [5]
2. Siento que el polvo afecta mi salud (irritación, tos, dificultad para respirar).
[1] [2] [3] [4] [5]
3. El uso de mascarilla me resulta incómodo durante el trabajo.
[1] [2] [3] [4] [5]
4. Utilizo mascarilla u otro EPP de forma constante en mis tareas.
[1] [2] [3] [4] [5]
5. Considero que la mascarilla u otro EPP me protege adecuadamente del polvo.
[1] [2] [3] [4] [5]
6. He recibido capacitación sobre riesgos de polvo en mi puesto.
[1] [2] [3] [4] [5]
7. El polvo dificulta o retrasa el cumplimiento de mis actividades.
[1] [2] [3] [4] [5]
8. Creo que es necesario implementar controles adicionales (además del EPP) para reducir el polvo.
[1] [2] [3] [4] [5]

Ilustración 11 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 2

Parte 2. Preguntas abiertas (entrevista breve)

1. ¿Qué síntomas o molestias físicas (tos, irritación, dificultad para respirar) sientes con más frecuencia al trabajar en el área de descarga?

dificultad al respirar

2. ¿En qué momento de la jornada notas mayor cantidad de polvo?

Solo al momento de la descarga

3. ¿Has tenido problemas de salud que crees que estén relacionados con el polvo?

irritación a los ojos

4. ¿Qué mejoras sugieres para reducir el polvo en tu área de trabajo?

Que estén en función los Extractores

Ilustración 12 Encuesta - Entrevista a trabajadores pág. 3

5. Si tuvieras que escoger, ¿qué prefieres: más controles de ingeniería (extracción, capota) o depender solo del EPP? ¿Por qué?

dependen solo del EPP.
Porque me protege de cualquier accidente y el polvo

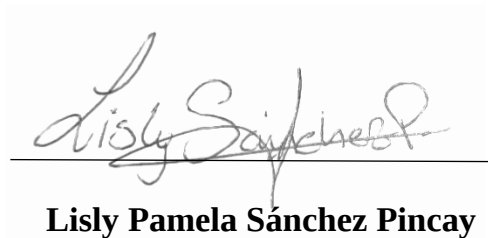
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Lisly Pamela Sánchez Pincay**, con C.C: 093154073-6, autor del trabajo de titulación: *“Diseño de una capota de contención con sistema de extracción localizada para mitigar el polvo que se genera en el área de descarga de materia prima al granel en una planta de alimento balanceado”*., previo a la obtención del grado de **MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizamos a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 9 de marzo del 2026



Lisly Pamela Sánchez Pincay



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de una Capota de Contención con Sistema de Extracción Localizada para Mitigar el polvo que se genera en el área de descarga de materia prima al granel en una planta de alimento balanceado.		
AUTORES:	Lisly Pamela Sánchez Pincay		
REVISOR/ TUTOR:	Lic. Andrea Ocaña Ocaña, Ph.D.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
UNIDAD/ FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
MAESTRÍA/ ESPECIALIDAD:	Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo		
GRADO OBTENIDO:	Magister en Seguridad y Salud en el Trabajo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	9 de marzo de 2026	No. DE PÁGINAS:	92
ÁREAS TEMÁTICAS:	Seguridad Industrial		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Polvo respirable, control de ingeniería, capota de contención, higiene industrial, ventilación por extracción localizada.		
RESUMEN/ABSTRACT: La presente investigación tuvo como objetivo analizar la exposición ocupacional a polvo respirable en el área de descarga de materia prima al granel de una planta de elaboración de alimento balanceado para camarón, mediante un enfoque descriptivo y transversal. El estudio se desarrolló a partir del análisis de datos históricos de monitoreo ambiental correspondientes a los años 2022, 2023 y 2024, obtenidos bajo la metodología NIOSH 0600, así como la aplicación de una encuesta al personal expuesto durante el año 2025, con el fin de complementar el diagnóstico técnico mediante la percepción de los trabajadores. Mediante los análisis realizados de monitoreo ambiental se evidenciaron concentraciones de polvo respirable, mismos que superan los límites de exposición establecidos por las normativas ACGIH y la OSHA, determinando como punto crítico el área de descarga de materia prima al granel. A su vez los resultados de la encuesta manifestaron una percepción generalizada de presencia constante de partícula durante la jornada laboral. De acuerdo con la evidencia obtenida se desarrolló el diseño conceptual de una capota de contención con sistema de extracción localizada, modelado en el software AutoCAD, como una propuesta de control de ingeniería, con el fin de contribuir al control de la dispersión de partículas de polvo en la fuente de generación. A continuación, se estableció un esquema de mejora continua derivado del ciclo Deming PHVA con la finalidad del análisis de la exposición ocupacional y la propuesta técnica basada en datos diagnósticos. Es importante señalar que la valoración de la eficacia del sistema propuesto será parte de una investigación futura misma que no es tratada en el presente caso de estudio.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: 0999180370	E-mail: lisly.sanchez@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON A INSTITUCIÓN:	Nombre: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
	Teléfono: 3804600		
	E-mail: info@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
No. DE REGISTRO (en base a datos):			

No. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	