



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL
PARTICULADO EN EL ÁREA DE ENSACADO DE HARINA EN LA
EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

ÁREA: Industrial y manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción

AUTOR: Guillermo Fabricio Moyolema Eugenio

TUTOR: Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

Ambato – Ecuador

marzo - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN EL ÁREA DE ENSACADO DE HARINA EN LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Guillermo Fabricio Moyolema Eugenio, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, marzo 2023.

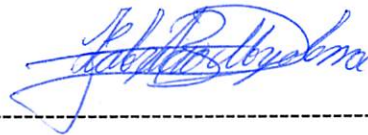
Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN EL ÁREA DE ENSACADO DE HARINA EN LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A. es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, enero 2023.



Guillermo Fabricio Moyolema Eugenio

C.C. 1805119581

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, enero 2023.



Guillermo Fabricio Moyolema Eugenio

C.C. 1805119581

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Guillermo Fabricio Moyolema Eugenio, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN EL ÁREA DE ENSACADO DE HARINA EN LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.** nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Freddy Roberto Lema Chicaiza, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

AGRADECIMIENTO

A mi padre Edgar, quien siempre ha estado a mi lado brindando su apoyo incondicional, le doy las gracias eternas. Su amor y consejos han sido fundamentales en mi vida y en la realización de esta tesis.

A mi madre Maria de Lourdes, a pesar de que ya no está conmigo, su amor y enseñanzas siguen presentes en cada paso que doy. Su fuerza y determinación son una constante inspiración, estoy agradecido por todo lo que ha hecho por mí. Agradezco a mi madre por ser mi guía y protectora siempre, y por siempre estar presente en mi vida, aunque ya no este físicamente conmigo.

Al Ing. Luis Morales, por guiarme en este proceso. Su orientación y conocimiento han sido fundamentales para llevar a cabo esta investigación.

Quiero destacar su paciencia infinita a lo largo de este proceso, siempre ha estado dispuesto a escuchar y a ayudarme. Su dedicación y disposición son un ejemplo a seguir para mí.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Tema de investigación.....	3
1.2. Antecedentes investigativos	3
1.3. Fundamentación teórica	10
1.4. Objetivo general	24
1.5. Objetivos específicos.....	24
CAPÍTULO II.....	25
METODOLOGÍA.....	25
2.1. Materiales.....	25
2.2. Métodos.....	26
2.3. Modalidad de investigación.....	27
2.3.1. Investigación de campo	27
2.3.2. Investigación aplicada	27
2.3.3. Investigación bibliográfica – documental.....	27
2.4. Población y muestra	27
2.5. Recolección de Información.....	28
2.6. Procesamiento y análisis de datos.....	30
2.6.1. Descripción de las etapas de la investigación	30
2.6.2. Estimación inicial.....	32
2.6.2.1. Selección del modelo simplificado	32
2.6.2.3. Procedimiento para evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación	33
2.6.3. Estudio básico	39
2.6.3.1. Selección de la estrategia de medición	39
2.6.3.2. Procedimiento para la evaluación de material particulado con instrumento de	

lectura directa	40
2.6.4. Estudio detallado	45
2.6.4.1. Procedimiento de evaluación con el método detallado	47
Constitución de los grupos de exposición similar	47
2.6.4.2. Identificación de las condiciones de trabajo	47
2.6.4.3. Definición de los valores límite	47
2.6.4.4. Definición del número de mediciones	48
2.6.4.5. Duración del muestreo para verificar la conformidad con el VLA-8h.....	48
2.6.4.6. Selección de la normativa para medición de material particulado	49
2.6.4.7. Descripción del procedimiento para medición de material particulado (fracción respirable) en aire, utilizado el método gravimétrico	49
2.7. Procesamiento y análisis de datos.....	58
2.7.1. Procesamiento de datos del estudio inicial	58
2.7.2. Procesamiento de datos del estudio básico	58
2.7.2.1. Cálculo de resultados de las mediciones realizadas con instrumento de lectura directa	58
2.7.3. Procesamiento de datos del estudio detallado.....	59
2.7.3.1. Procedimiento para la validación de resultados y grupos de exposición similar ..	61
2.7.3.2. Validación de los resultados de la medición	61
2.7.3.3. Validación del grupo de exposición similar.....	61
2.7.3.4. Prueba preliminar	61
2.7.3.5. Prueba estadística	62
2.7.3.6. Método estadístico.....	64
2.7.3.7. Prueba de conformidad con los VLA	65
CAPÍTULO III.....	68
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	68
3.1. Situación actual de la empresa.....	68
3.2. Descripción de los procesos de producción	69
3.3. Análisis de las condiciones de trabajo del área de ensacado de harina	72
3.4. Ficha general de las condiciones del puesto de trabajo.....	71
3.5. Descripción del proceso generador de la fuente de material particulado	73
3.6. Resultados obtenidos de la estimación inicial.....	74
3.6.1. Análisis de los resultados obtenidos de la estimación inicial.....	78
3.6.2. Discusión de los resultados obtenidos de la estimación inicial	79
3.7. Resultados obtenidos del estudio básico.....	80
3.7.1. Concentración de material particulado PM 2,5.....	81
3.7.2. Concentración de material particulado PM 10.....	81
3.7.3. Resumen de mediciones realizadas con instrumento de medición directa.	82
3.7.4. Análisis de los resultados obtenidos del estudio básico.	82

3.7.5.	Discusión de resultados obtenidos del estudio básico.....	83
3.8.	Resultados obtenidos del estudio detallado	83
3.8.1.	Resultados de las mediciones realizadas empleando el método gravimétrico.....	86
3.8.2.	Prueba preliminar	87
3.8.3.	Prueba estadística	88
3.8.3.1.	Método grafico para la validación del grupo de exposición similar.....	88
3.8.3.2.	Método estadístico para la validación del grupo de exposición similar	89
3.8.3.3.	Prueba de conformidad del grupo de exposición similar para al menos seis mediciones de la exposición.....	89
3.8.4.	Análisis de los resultados obtenidos del estudio detallado.....	89
3.8.5.	Discusión de resultados obtenidos del estudio detallado	91
3.9.	Propuestas de control para atenuar los altos niveles de la concentración de material particulado	92
3.9.1.	Control en la fuente	92
3.9.2.	Control en el medio de transmisión	93
3.9.2.1.	Proceso de aplicación de ventilación de escape local	93
3.9.2.2.	Responsables del LEV.....	94
3.9.2.3.	Identificación de la fuente y el proceso	94
3.9.2.4.	Diseño del sistema de ventilación de escape local para el área de ensacado de harina 95	
3.9.3.	Control en la persona.....	110
	CAPÍTULO IV	113
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
4.1.	Conclusiones	113
4.2.	Recomendaciones.....	114
	MATERIALES DE REFERENCIA.....	115
	BIBLIOGRAFÍA	115
	ANEXOS	122

ÍNDICE DE TABLAS

Figura 1. Procedimiento general de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos	31
Figura 2. Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación	33
Figura 3. Esquema del procedimiento de evaluación detallado de la exposición laboral a agentes químicos	46
Figura 4. Duración del muestreo de acuerdo con la norma UNE-EN 689:2019+AC	49
Figura 5. Bomba de muestreo marca Criffer modelo Accura 3 Plus.	52
Figura 6. Casete SC-300.	52
Figura 7. Soporte de casete SC-500	52
Figura 8. Ciclón de aluminio CL -700.	52
Figura 9. Membrana de PVC de 5 micras.	52
Figura 10. Calibrador para bomba marca Criffer, modelo CR 4.	52
Figura 11. Bomba gravimétrica marca Criffer modelo Accura 3 Plus y tren de muestreo para medición de polvo respirable.	53
Figura 12. Resultado de la medición de concentración de material particulado en función del tiempo.	59
Figura 13. Nueve mediciones de exposición y sus valores de probabilidad	63
Figura 14. Diagrama de flujo de ensacado de harina.	69
Figura 15. Distribución del puesto de trabajo.	70
Figura 16. Vista isométrica del puesto de trabajo.	71
Figura 17. Gráfico concentración de material particulado PM 2,5 a lo largo de la jornada laboral	81
Figura 18. Gráfico concentración de material particulado PM 10 a lo largo de la jornada laboral	81
Figura 19. Niveles de exposición diaria de polvo de harina.	87
Figura 20. Diagrama de probabilidad logarítmica con tres mediciones adicionales de material particulado.	88
Figura 21. Sistema de extracción localizada	94
Figura 22. Cerramiento con extracción	96
Figura 23. Campana unida a la tolva	96
Figura 24. Radio de curvatura de los codos.	98
Figura 25. Apertura de codos para la limpieza.	98
Figura 26. Uniones de conductos.	98
Figura 27. Conexión al ventilador.	98
Figura 28. Curva característica caudal – presión estática del ventilador SFB-15 - Belt Drive.	103
Figura 29. Diseño sistema localizado de extracción de aire.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento general de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos	31
Figura 2. Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación	33
Figura 3. Esquema del procedimiento de evaluación detallado de la exposición laboral a agentes químicos	46
Figura 4. Duración del muestreo de acuerdo con la norma UNE-EN 689:2019+AC	49
Figura 5. Bomba de muestreo marca Criffer modelo Accura 3 Plus.	52
Figura 6. Casete SC-300.	52
Figura 7. Soporte de casete SC-500.....	52
Figura 8. Ciclón de aluminio CL -700.....	52
Figura 9. Membrana de PVC de 5 micras.....	52
Figura 10. Calibrador para bomba marca Criffer, modelo CR 4.	52
Figura 11. Bomba gravimétrica marca Criffer modelo Accura 3 Plus y tren de muestreo para medición de polvo respirable.....	53
Figura 12. Resultado de la medición de concentración de material particulado en función del tiempo.....	59
Figura 13. Nueve mediciones de exposición y sus valores de probabilidad	63
Figura 14. Diagrama de flujo de ensacado de harina.....	69
Figura 15. Distribución del puesto de trabajo.	70
Figura 16. Vista isométrica del puesto de trabajo.....	71
Figura 17. Gráfico concentración de material particulado PM 2,5 a lo largo de la jornada laboral	81
Figura 18. Gráfico concentración de material particulado PM 10 a lo largo de la jornada laboral	81
Figura 19. Niveles de exposición diaria de polvo de harina.	87
Figura 20. Diagrama de probabilidad logarítmica con tres mediciones adicionales de material particulado.....	88
Figura 21. Sistema de extracción localizada	94
Figura 22. Cerramiento con extracción	96
Figura 23. Campana unida a la tolva	96
Figura 24. Radio de curvatura de los codos.....	98
Figura 25. Apertura de codos para la limpieza.	98
Figura 26. Uniones de conductos.....	98
Figura 27. Conexión al ventilador.....	98
Figura 28. Curva característica caudal – presión estática del ventilador SFB-15 - Belt Drive.....	103
Figura 29. Diseño sistema localizado de extracción de aire.	106

RESUMEN EJECUTIVO

En los procesos de ensacado de harina de trigo, los operarios se exponen a un riesgo inhalatorio de material particulado PM10, que puede originar afecciones respiratorias, por tal motivo el objetivo de esta investigación es desarrollar la evaluación de la concentración de material particulado en el área de ensacado de harina en la empresa “INDUSTRIAL CATEDRAL S.A”

La metodología de estudio se basa en la norma UNE-EN 689:2019 ejecutado en tres fases; la primera fase correspondió a un estudio inicial, en la que se efectuó una evaluación simplificada del riesgo por inhalación con el método del Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) de Francia. La segunda fase se efectuó un estudio básico, mediante medición directa, en la que se utilizó un muestreador portátil marca Microdust de Casella Cell. En la tercera fase se realizó una evaluación detallada mediante método gravimétrico detallado en la norma NIOSH 0600 con el equipo Bomba de muestreo marca Criffer modelo Accura 3 Plus.

Los resultados del estudio inicial determinaron que existe un riesgo alto para inhalación de material particulado PM10 derivado del polvo de harina en el área de las actividades de cinco trabajadores. Las mediciones obtenidas con la evaluación básica determinaron que existe una concentración constante a lo largo de la jornada laboral de ocho horas que implica una exposición constante a material particulado PM10. Finalmente, la evaluación detallada determinó que los valores de concentración obtenidos fueron 25; 25; 15; 35 ; 30 y 20 mg/m^3 , generando como resultado una no conformidad al compararlos con el valor máximo de $4\text{mg}/\text{m}^3$ establecido por el Instituto de Seguridad y Salud en el Trabajo de España.

Como resultado de la investigación, se propuso un control en el medio de transmisión, se planteó un sistema de extracción localizado de aire en el puesto de trabajo, para aislamiento y captación de polvo, atenuando así la difusión y reduciendo los altos niveles de la concentración de material particulado, además se propuso medidas de control en la persona, mediante la dotación de equipos de protección personal, como mascarillas de media cara 3M con filtro 2097 específicos para material particulado, gafas de protección, orejeras y guantes de seguridad.

Palabras clave: UNE-EN 689:2019+AC; Polvo de harina; PM 10; PM 2,5; Riesgo químico.

ABSTRACT

In the wheat flour bagging processes, operators are exposed to an inhalation risk of PM10 particulate material, which can cause respiratory conditions, for this reason the objective of this research is to develop the evaluation of the concentration of particulate material in the area. flour bagging in the company "INDUSTRIAL CATEDRAL S.A"

The study methodology is based on the UNE-EN 689:2019 standard executed in three phases; The first phase corresponded to an initial study, in which a simplified risk assessment by inhalation was carried out using the method of the Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) of France. In the second phase, a basic study was carried out, by direct measurement, in which a Microdust brand portable sampler from Casella Cell was used. In the third phase, a detailed evaluation was carried out using the gravimetric method detailed in the NIOSH 0600 standard with the Accura 3 Plus model Criffer brand sampling pump.

The results of the initial study determined that there is a high risk for inhalation of PM10 particulate material derived from flour dust in the area of the activities of five workers. The measurements obtained with the basic evaluation determined that there is a constant concentration throughout the eight-hour workday that implies constant exposure to PM10 particulate matter. Finally, the detailed evaluation determined that the concentration values obtained were 25; 25; fifteen; 35; 30 and 20 mg/m³, generating as a result a non-conformity when compared with the maximum value of 4mg/m³ established by the Spanish Institute of Safety and Health at Work.

As a result of the investigation, a control in the transmission medium was proposed, a localized air extraction system was proposed in the workplace, for isolation and dust collection, thus attenuating the diffusion and reducing the high levels of concentration. of particulate matter, control measures were also proposed in the person, through the provision of personal protective equipment, such as 3M half-face masks with a 2097 filter specific for particulate matter, protective glasses, earmuffs, and safety gloves.

Keywords: UNE-EN 689:2019+AC; Flour powder; PM 10; PM2,5; Chemical risk.

INTRODUCCIÓN

La exposición laboral a material particulado se caracteriza por causar enfermedades que afectan directamente a las vías respiratorias [22]. En los últimos años se ha determinado que los riesgos intrínsecos en material particulado presente en el ambiente laboral aumentan conforme a la magnitud y a la frecuencia de exposición [10]. Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST-España), en el campo laboral, los daños derivados por la exposición a material particulado (polvo de harina) se ven reflejado en trastornos respiratorios presentes en los trabajadores; como alergias, asma, disnea, sibilancias, rinitis, alveolitis y hasta neumopatías [23].

A partir del siglo XVIII, se ha estudiado principalmente al asma como consecuencia de las labores de operarios expuestos a material particulado en diferentes tipos de industrias [24]. Además, en la actualidad el asma ocupacional, es considerada como una de las enfermedades laborales más comunes del campo industrial [25]. Bajo estas consideraciones se han planteado métodos para diagnosticar a los trabajadores como el método de la inhalación específica como una técnica referencial para diagnosticar esta problemática en los operarios, sin embargo, estas técnicas aun presentan cierto nivel de ineficiencia, al generar resultados con falsos negativos o con falsos positivos [26].

Aunque la harina se ha convertido en uno de los alimentos más esenciales para la humanidad, al mismo tiempo se ha convertido en peligro potencial para los trabajadores que la manipulan, como es el caso de industrias molineras, panaderos u otro tipo actividades del sector de la alimentación. El principal problema radica en que los trabajadores respiran el polvo de harina suspendido en el aire, lo que se deriva en daños a la salud de los operarios y es un factor muy favorable a la aparición de enfermedades alérgicas (rinitis, asma, conjuntivitis, eczemas) [33]; ppor esta razón es esencial, que al realizar las distintas operaciones de trabajo con harinas se evite que estas se desprendan en forma de polvo y en los casos que no sea posible se deberá disponer de sistemas o mecanismos de aspiración que impidan que el polvo generado se transmita por el aire [34].

Se concluye que los cinco trabajadores del área de ensacado de harina de la empresa “INDUSTRIAL CATEDRAL S.A” están expuestos a riesgo químico inhalatorio

derivado de polvo de harina; que puede generar efectos sensibilizantes, reacciones alérgicas como rinitis, asma ocupacional, conjuntivitis y eczemas.

Por lo expuesto anteriormente el objetivo de la investigación es desarrollar la evaluación de la concentración de material particulado en el área de ensacado de harina que se desarrolla en cuatro capítulos en el primer capítulo detalla el marco teórico en este se detallada de los conceptos relacionados sobre el material particulado, como es su composición, fuentes, efectos en la salud humana y medidas de control. También incluye información sobre las normativas y estándares existentes en relación con el material particulado, así como estudios previos y trabajos relevantes en el campo. El segundo capítulo describe los procedimientos y técnicas utilizadas para llevar a cabo el estudio. Esto incluye información sobre el diseño del estudio, la selección de la muestra, el protocolo de recolección de datos, la metodología de análisis y el procesamiento de datos. El tercer capítulo presenta los valores medidos, pruebas estadísticas relevante para poder validar las mediciones para su posterior comparación con los valores límites y la implementación de medidas correctoras. El capítulo cuatro describe conclusiones y recomendaciones, resumiendo los hallazgos principales del estudio, se discuten las implicaciones de los resultados obtenidos de las mediciones y su relación con las afecciones resultantes de las exposiciones prolongadas a niveles altos de material particulado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.Tema de investigación

Evaluación de la concentración de material particulado en el área de ensacado de harina en la empresa Industrias Catedral S.A.

1.2.Antecedentes investigativos

1.2.1. Contextualización del problema

La contaminación que ha sufrido el aire con material particulado (PM) es uno de los mayores que afronta la humanidad en la actualidad. Sucede en todas partes, especialmente en el interior de las urbes con alta actividad industrial y carga vehicular [1]. Este último se ha convertido en un fenómeno creciente, que lleva a peligro para el medio ambiente y la salud y calidad de vida de la población [2].

La salud y el trabajo son procesos complejos e interconectados entre sí, en donde el personal convive con antiguos o tradicionales riesgos y nuevos provenientes de modelos de organización laboral que conjuntamente con la incorporación de las nuevas tecnologías derivan en los denominados “riesgos modernos”, que con la implementación de ciertas estrategias consideradas neoliberales han dado como resultado la pérdida de varias puestos de trabajo por la precarización de las relaciones laborales y la externalización de los riesgos laborales conjuntamente con la crisis económica mundial ha derivado en efectos adversos de estos procesos en la salud. Finalmente, es necesario actualizar las políticas para abordar este problema en el trabajo [3].

Así como los procesos dentro de las actividades industriales, especialmente las que trabajan con material particulado, siendo de suma importancia considerar a los puestos de trabajo y a sus entornos como factores claves y determinantes para la salud y/o el bienestar de los trabajadores, pues con el pasar de los años, a través de varios estudios se ha demostrado que las malas condiciones de los puestos de trabajo causan efectos perjudiciales sobre la integridad de los operarios, causando enfermedades, molestias o lesiones sobre su organismo [4]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que alrededor del 24% de la carga mundial de muertes y morbilidad se deben a las

exposiciones ocupacionales y ambientales [5].

Por ejemplo en la industria de la construcción en el mundo, es una de las actividades más grandes generando \$3 billones representa cerca del 10% del PIB mundial, empleando aproximadamente 180 millones de personas o el 8% del empleo global, tienen un aumento de riesgo en su salud relacionado a su trabajo, los trabajadores alemanes y británicos han presentado una mayor incidencia de cáncer (piel, mesotelioma, pulmón), enfermedades respiratorias (asma, neumoconiosis), dermatitis de contacto y trastornos musculoesqueléticos, en comparación del resto de la población laboralmente activa. Para casi todos riesgos claves sustancias químicas, polvo, manejo manual de cargas pesadas, riesgos físicos y riesgos psico-sociales - las exposiciones son rutinarias y excesivas. Según las cifras de la OIT, cien mil trabajadores mueren cada año en accidentes. Una persona cada cinco minutos. Las enfermedades laborales matan cientos de miles más. La falta de registro y la resultante invisibilidad social del origen laboral de estas enfermedades dificulta su reconocimiento precoz, su compensación y su prevención [6].

En el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente se indica que el Material Particulado está constituido por material sólido en forma de partículas, presente en la atmósfera en condiciones normales. Se designa como *PM_{2,5}* al material Particulado cuyo diámetro aerodinámico es menor a 2,5 micrones (millonésima parte de un metro), donde la concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas no deberá exceder 65 *ug/m³*. Se designa como *PM₁₀* al material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones, cuya concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas no deberá exceder 150 *ug/m³*. En el Ecuador, la constitución en el capítulo sexto: trabajo y producción, sección tercera: formas de trabajo y su retribución, art 326, numerales 5 y 6 donde establece: 5. Toda persona tiene la oportunidad de ejercer su labor en un ambiente conveniente y favorable que garantice su bienestar físico y mental, su seguridad y su salud, así como su integridad y la limpieza del lugar de trabajo.

6. Cualquier individuo que haya sido rehabilitado tras sufrir un accidente laboral o una enfermedad tendrá derecho a regresar al trabajo y a mantener su vínculo laboral, según lo establecido por la ley [7].

Considerando que toda institución, empresa o persona natural que ejecute alguna labor dentro del territorio ecuatoriano tiene que cumplir con la normativa legal vigente en la que se considera la gestión de prevención de riesgos del trabajo como son: Decreto Ejecutivo 2393, Art 14, Resolución 957, Art 10,11,12,13,14, Acuerdo Ministerial No. MDT-2017-135, donde se describe la realidad de organización de sus centros de trabajo y el número de trabajadores, tomando en consideración los seis grupos de riesgo considerados dentro de la calificación internacional los mismos que son: físicos, mecánicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales, contemplando que la empresa debe realizar el seguimiento y monitoreo de los riesgos laborales identificados para mejorar las condiciones de trabajo de sus trabajadores.

En este contexto, la exposición laboral a material particulado se ha caracterizado por causar enfermedades que afectan directamente a las vías respiratorias [8]. En los últimos años se ha determinado que los riesgos intrínsecos en material particulado presente en el ambiente laboral, aumentan conforme a la magnitud y a la frecuencia de exposición, llegando incluso a relacionarse con problemas cardiovasculares [9].

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST-España), en el campo laboral, ha determinado que los daños derivados por la exposición a material particulado (polvo de harina) se ven reflejado en trastornos respiratorios y/o cardiovasculares presentes en los trabajadores como: alergias, asma, disnea, sibilancias, rinitis, alveolitis, neumopatías, cáncer y entre otros [10]. Siendo en la actualidad el asma ocupacional considerada como una de las enfermedades laborales más comunes [11].

Bajo estas consideraciones se han planteado métodos para diagnosticar a los trabajadores siendo uno de estos el método de la *inhalación específica* como una técnica referencial para diagnosticar la problemática en los operarios, sin embargo, estas técnicas aun presentan cierto nivel de ineficiencia, al generar resultados con falsos negativos o con falsos positivos [12].

Con el fin de identificar la concentración de material particulado en los diferentes ambientes laborales se ha referenciado a la norma NTP 935 - UNE-EN 689, como una estrategia para medir los niveles de exposición por inhalación de agentes químicos, con el fin de identificar la conformidad de los puestos de trabajo con los valores límites

de exposición profesional o a su vez la no conformidad de estos puestos laborales [13]. En el estudio realizado por [14], se emplearon las pautas planteadas por la norma NTP 935 - UNE-EN 689, como estrategia de medición y comparación de los resultados en la exposición ocupacional a sustancias químicas por inhalación de agentes químicos en el lugar de trabajo con los valores límite de exposición permisibles relevantes, a partir de esta información y, con base en los resultados, se pueda determinar medidas que permitan reducir los niveles de exposición y/o su efecto sobre la salud del trabajador. Bajo este mismo enfoque en gran porcentaje de estudios se han considerado las especificaciones determinadas por la NTP 935 - UNE-EN 689, tal es el caso de [15], en la que se acoge la disposición de colocar el instrumento de muestreo en la zona de respiración del operario para una mayor precisión de las mediciones, al igual que considerar el número mínimo de muestras por jornada laboral que se basa en una representación del 25% del tiempo de exposición, según esta norma; En este estudio el 100% de los índices de exposición de los diferentes químicos supera la unidad y según la norma NTP 935 - UNE-EN 689 representan no conformidades con los valores límite de exposición diaria (VLA-ED) y por lo tanto necesitan medidas de control para no afectar de forma perjudicial a la salud de los trabajadores.

Por otro lado, en un estudio similar enfocado en la evaluación de la exposición de polvo proveniente de productos alimenticios y su afectación sobre la salud de los trabajadores realizada por [16], se utiliza la metodología propuesta por la norma NTP 935 - UNE-EN 689, con la finalidad de identificar la existencia de material particulado respirable en el área de producción, de modo que se logró determinar el riesgos y sus respectivos niveles de exposición para proponer medios y/o medidas de control. Las mediciones realizadas en esta investigación se realizaron a través de un instrumento de lectura directa, basadas en la normativa mencionada; con el objeto de evaluar la exposición por inhalación de agentes químicos acorde a las etapas de análisis propuestas por dicha norma: estimación inicial (lista de químicos o contaminantes), estudio básico (mediciones) y estudio detallado (comparación con los VLA).

La concentración umbral límite (TLV) o niveles de concentración permisibles para la exposición a polvos de harina es de 4 mg/m³ y puede ser medido por una variedad de metodologías [17]. Sin embargo, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos ha determinado

oficialmente metodologías para cuantificar los niveles de exposición a este tipo de contaminantes, por una parte, se encuentra la norma, partículas totales no reguladas de otra manera (NIOSH 0500) para la evaluación de la concentración del polvo total método que permite seleccionar el flujo de aire de la toma de la muestra entre 1 y 4 L/min y por otro lado, partículas sin otra regulación, respirable (NIOSH 0600) que exige tomar muestras para un turno de 12 horas con cuatro filtros y cada filtro solo puede soportar un volumen máximo de 400L a un flujo de 2.2l/minutos lo cual se logra en 181 minutos. [18].

Aunque la harina se ha convertido en uno de los alimentos más esenciales para la humanidad, al mismo tiempo se ha convertido en peligro potencial para los trabajadores que la manipulan, como es el caso de industrias molineras, panaderos u otro tipo actividades del sector de la alimentación. El principal problema radica en que los trabajadores respiran el polvo de harina suspendido en el aire, lo que se deriva en daños a la salud de los operarios y es un factor muy favorable a la aparición de enfermedades alérgicas (rinitis, asma, conjuntivitis, eczemas) [19]; por esta razón es esencial, que al realizar las distintas operaciones de trabajo con este tipo de material, se evite que estas se desprendan en forma de polvo y en los casos que no sea posible se deberá disponer de sistemas y/o mecanismos de aspiración que impidan que el polvo generado se transmita por el aire [20].

De acuerdo con lo estipulado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), al principio de las operaciones en las que se manipulen harinas se deben emplear velocidades bajas de extracción, con el propósito de reducir la producción de polvo en los espacios de trabajo, de igual manera este organismo recomienda que en las operaciones de llenado de sacos de harina, se coloquen mangas coberturas lo suficientemente largas desde los silos hacia los sacos para reducir la generación de polvo, además menciona que en muchos casos será necesario incurrir de manera temporal al uso de equipos de protección personal [21].

En el estudio realizado en [22], se menciona que las variables sociodemográficas como edad, sexo, peso y talla consideradas en su investigación no representan diferencias significativas dentro de un grupo de 628 personas analizadas y concluyen que no hay relación directa de estas variables con la aparición de enfermedades ligadas al material particulado de harina, pues de los individuos estudiados, 352 se encontraban

mayormente expuestos, presentando malestares como ardor en los ojos, dificultad para respirar, garganta irritada, congestión nasal, tos o dolores de cabeza; mientras que el resto, es decir, 276 trabajadores se encuentran menos expuestos, sin embargo presentaban los mismos síntomas pero en menores intensidades. No obstante, las afectaciones a la salud de los trabajadores dependerán de la concentración del agente contaminante, de la frecuencia y del tiempo de exposición [23].

En la presente investigación se pretende evaluar las condiciones ambientales referentes a material particulado en el área de ensacado de harina y sus perturbaciones sobre la salud y el bienestar de los trabajadores, una vez que con la ayuda de la matriz de identificación y control de riesgos determino como riesgo potencial esta tarea y con la finalidad de que se proporcionen mejoras en la calidad del ambiente de los puestos de trabajo, como lo exige la normativa legal vigente en seguridad y salud ocupacional.

Si bien en Ecuador no existe una normativa establecida para la evaluación de material particulado por lo que se refiere al uso de normativa internacional. Para el presente estudio se seleccionó la norma española UNE-EN 689:2019+AC. Determinar la cantidad de exposición al respirar sustancias químicas en el ambiente laboral. Método para asegurar que se cumplen los límites de exposición establecidos para la seguridad en el trabajo [24].

El material particulado, se caracteriza por poseer propiedades irritantes para el organismo humano [25]. Según lo descrito en [26], en los casos o escenarios de exposición con concentraciones altas en el ambiente laboral, puede penetrar fácilmente por las vías respiratorias de los trabajadores y provocar manifestaciones alérgicas, alveolitis, bronquitis, urticaria de contacto, blefaroconjuntivitis y asma ocupacional, que también se conoce como el *asma del panadero*. Se estima que alrededor del 9% al 15% de los casos de asma en personas adultas se debe a causas ocupacionales y que principalmente se reconoce como agentes causantes al polvo de cereales y la harina [27]. Un caso evidente es el de Chile; en el que el 44,5% de un total de 128 operarios analizados a través de una prueba de provocación branquial específica, presentaron asma ocupacional derivada de sus laborales y a la interacción constante con la harina de trigo [28].

Gran porcentaje de la industria ecuatoriana, que se encuentran expuestas a riesgos químicos en sus procesos productivos se hallan inmiscuidas en la generación de material particulado, que afectan de forma nociva a la salud de los trabajadores como lo afirma [29].

En el Ecuador se han desarrollado estudios enfocados a los riesgos asociados a material particulado, como es el caso de la industria textil, en el que se hallaron alteraciones y molestias en el sistema respiratorio en un 36.7% de los 24 trabajadores analizados; a causa de la exposición a polvo y pelusas; este material particulado en específico se genera a causa de las operaciones cotidianas de los operarios y pueden llegar alcanzar valores de concentración de hasta $244 \mu\text{g}/\text{m}^3$ superando al TLV de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para las partículas de algodón [30].

Del mismo modo, al mencionar a la exposición de los trabajadores al material particulado en la investigación [31], realizada en granjas avícolas del Ecuador, se menciona que la exposición al MP-10 (material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que $10 \mu\text{m}$), al MP-2,5 (material particulado con un diámetro aerodinámico de hasta $2,5 \mu\text{m}$) también denominadas partículas finas y al NH_3 (amoníaco), genera en los trabajadores molestias y afectaciones cardiorrespiratorias a corto y largo plazo, un caso las secreciones o congestiones nasales por la acumulación de dicho material particulado en la mucosidad nasal y en la garganta, que deriva en complicaciones mayores como asma, sinusitis, alergias o incluso enfermedades por el reflujo gastroesofágico y cáncer pulmonar [32].

Debido a la presencia de material particulado en las áreas de trabajo las organizaciones de salud recomiendan que en estos sistemas se implementen mecanismos para la succión y/o ventilación de los residuos, con el objetivo de minimizar la concentración de los materiales particulados en el ambiente de trabajo [33]. Por otra parte, es evidente el uso de equipos de protección personal para las vías respiratorias en conjunto con una adecuada capacitación para su manejo, así como la señalización de las áreas inmiscuidas a la generación de materiales particulados [34].

Al hablar de la industria molinera, su principal fuente de ingresos es la comercialización de harinas, que se deriva de la molienda de granos de trigo [35]. Además de todos los procesos que se desarrollan en esta industria, el proceso de

ensacado y/o empaquetado es el lugar en donde los trabajadores presentan mayores niveles de exposición a factores de riesgo por exposición a material particulado, debido a que en esta sección del proceso, se desarrollan actividades como el cocido de sacos, el paletizado y la limpieza del área; dichas actividades contribuyen a la difuminación de material particulado en el medio ambiente respirable [36].

Industrias Catedral S.A. y en específico su área de ensacado y/o empaquetado de harina, no cuentan con una medición de sus trabajadores expuestos al material particulado de la harina, que se genera en esta área; por tal razón, los operarios que conforman el proceso de ensacado pueden presentar daños y/o efectos perjudiciales para su salud; debido a la presencia de polvo de harina en el entorno de trabajo que fácilmente podrían generar problemas respiratorios como los ya mencionados en los párrafos anteriores; por este motivo el presente proyecto de investigación, pretende realizar la medición de las concentraciones de polvo de harina a las que se ven expuestos los trabajadores de esta área.

1.3.Fundamentación teórica

Constitución De La República Del Ecuador 2008

Artículo 326, literal 5. Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar [7].

Código Del Trabajo De Ecuador

Artículo 410. “Los empleadores están obligados a otorgar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida” [37].

Artículo 432. Normas de prevención de riesgos dictada por el IESS. - En las empresas sujetas al régimen del seguro de riesgos del trabajo, además de las reglas sobre prevención de riesgos establecidas en este capítulo, deberán observarse también las disposiciones o normas que dictare el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social [37].

Decisión 584: Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

Artículo 11. En todo lugar de trabajo se deberán tomar medidas tendientes a disminuir los riesgos laborales. Estas medidas deberán basarse, para el logro de este objetivo, en

directrices sobre sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo y su entorno como responsabilidad social y empresarial [38].

Higiene industrial

La higiene industrial es la ciencia de prevenir, detectar, evaluar y controlar los riesgos que surgen en el ambiente laboral o relacionados con él, que pueden poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores, tomando en cuenta también su posible influencia en las comunidades vecinas y en el medio ambiente. Hay distintas descripciones de la higiene industrial, pero en esencia, todas ellas comparten el mismo propósito fundamental: proteger y mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores, así como proteger el medio ambiente en general, mediante la implementación de medidas preventivas en el lugar de trabajo [42].

Riesgo químico

Un agente químico es cualquier elemento o compuesto químico, tanto en su forma natural o producida, utilizada o desechada, incluyendo los residuos, en una actividad laboral, ya sea elaborado intencionalmente o no, y sea comercializado o no [43].

El peligro químico es la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño debido a la exposición a agentes químicos, ya sea a través de inhalación o contacto dérmico. Para evaluar la gravedad de un riesgo químico, se debe tener en cuenta tanto la probabilidad de que ocurra el daño, así como la gravedad del mismo, al evaluar conjuntamente ambos factores. Para evaluar la gravedad de un riesgo químico, se deben tener en cuenta tanto la posibilidad de que ocurra un daño como la magnitud del mismo. Es necesario analizar tanto la probabilidad de que se presente una situación peligrosa, así como la gravedad de las consecuencias si se produce. Esto permite determinar el nivel de riesgo y tomar medidas para mitigarlo [44].

Esto implica considerar no solo la naturaleza del agente químico sino también las condiciones individuales del trabajador expuesto y las características de la exposición, que pueden variar dependiendo del puesto de trabajo y las condiciones ambientales en las que se lleva a cabo.

La investigación se centra en el estudio de los riesgos asociados al material particulado,

un tipo de contaminante presente en el aire compuesto por partículas sólidas o líquidas.

Material particulado

El Material Particulado (MP) es un tipo de contaminante presente en el aire compuesto por partículas sólidas o líquidas de diámetro menor a 9 micrómetros. Estas partículas pueden ser inhaladas profundamente en los pulmones y tienen un impacto negativo en la salud humana. Estudios han demostrado que el MP está asociado a problemas cardiovasculares y respiratorios, incluyendo enfermedad pulmonar, enfermedad cardíaca y enfermedad del sistema cardiovascular. Entre las enfermedades relacionadas con la exposición al material particulado (MP) en el aire respirado, se incluyen:

- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC): es una enfermedad irreversible y progresiva que afecta a las vías respiratorias y dificulta la respiración.
- Asma: es una enfermedad inflamatoria crónica de las vías respiratorias que causa dificultad para respirar, sibilancias y tos.
- Alergias: algunas personas pueden desarrollar alergias respiratorias debido a la exposición al MP.
- Bronquitis crónica: es una enfermedad inflamatoria crónica de las vías respiratorias que causa tos, producción de moco y dificultad para respirar.

Enfermedades laborales: como la silicosis, asbestosis y tabacosis son causadas por la exposición a sustancias tóxicas y pueden causar problemas respiratorios, y en algunos casos pueden ser causa de baja laboral. Es importante que se tomen medidas para reducir la exposición al MP y proteger la salud de los trabajadores. Los efectos negativos de las concentraciones de partículas en el aire dependen de una serie de factores relacionados con el contaminante y sus propiedades. Algunos de estos factores incluyen:

- Composición química: diferentes tipos de partículas pueden contener diferentes sustancias químicas, y algunas de estas sustancias pueden tener efectos más dañinos que otras.

- Concentración: a mayor concentración de partículas en el aire, mayor será el riesgo de efectos negativos en la salud humana.
- Morfología: la forma y tamaño de las partículas también pueden afectar a su toxicidad.
- Densidad: algunas partículas son más densas que otras, y esto puede afectar a su capacidad para penetrar en los pulmones y causar daño.
- Tamaño de partícula: las partículas más pequeñas son las que pueden penetrar más profundamente en los pulmones y causar más daño [45].

Según el Acuerdo Ministerial 097 se define al material particulado de la siguiente manera: “Se refiere al constituido por material sólido o líquido en forma de partícula, con excepción del agua no combinada, emitido por la fuente fija hacia la atmósfera” en la reforma del libro IX del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente [27].

Propiedades del material particulado

La mayoría de las características físicas de un sistema compuesto por partículas se determinan mediante el análisis estadístico de las propiedades geométricas de las partículas individuales que lo componen, dimensión (tamaño y distribución), forma. La área específica y porosidad son dos características de la superficie que son especialmente importantes, en un sistema compuesto por partículas, el tamaño de las partículas y las características de la superficie son propiedades fundamentales para entender su comportamiento y aplicaciones [46]. Las propiedades que caracteriza al material particulado son:

- Tamaño de partícula.
- Densidad de la partícula.
- Morfología. El análisis morfológico es una técnica utilizada para estudiar la forma y la estructura de las partículas en un sistema. Una herramienta comúnmente utilizada en el análisis morfológico es el microscopio electrónico, el cual permite observar las partículas a nivel microscópico, además del

microscopio electrónico, el análisis de energía dispersiva de rayos X (EDXRA) es otra técnica comúnmente utilizada en el análisis morfológico.

- Concentración de partículas en masa y número.
- Composición química de las partículas [46].

Clasificación del material particulado

Las partículas sólidas se clasifican en base a su proceso de formación y tamaño de la partícula.

En base al proceso de formación

- **Primarias:** Son aquellas que se encuentran en la forma que se emitieron, como resultado de procesos físicos o químicos propios de la fuente emisora.
- **Secundarias:** Son aquellas que se crean en la atmósfera a partir de fenómenos de condensación, precipitación o reacción química con otras sustancias presentes en ella.

Según el diámetro (tamaño) de la partícula

- **Partículas finas (PM_{2,5}):** Se refieren al material particulado con un diámetro aerodinámico menor que 2,5 μm.
- **Partículas gruesas (PM₁₀):** Incluye al material particulado cuyos diámetros están entre 2,5 μm y 10 μm. Aquellas partículas con un diámetro inferior o igual a 10 μm son denominados aerosoles respirables.
- **Partículas suspendidas totales:** Se utiliza para denominar el total de las partículas que se localizan en el aire y cuyos diámetros son hasta 50 μm.

El conjunto de partículas cuyos diámetros superan los 50 μm no permanecen en la atmósfera por largos periodos de tiempo y caen por efecto de las fuerzas gravitatorias, por lo que son consideradas como partículas sedimentables [47].

Según el tipo de fuente generadora

- **Naturales:** Son las provenientes de fuentes naturales como rocío de agua de mar, partículas de polen, polvo, erupciones volcánicas y procesos geotérmicos, así como las partículas arrastradas por los vientos, provenientes de la erosión

del suelo. Estas partículas tienden a ser gruesas y con cortos tiempos de permanencia en la atmosfera [47] .

- **Antropogénicas:** Las fuentes antropogénicas de material particulado incluyen procesos industriales de extracción, generación de calor doméstico e industrial, de combustibles fósiles, actividades de transporte, almacenamiento y traslado de materiales, circulación de vehículos [47].

Partículas en suspensión

Las partículas en suspensión en el aire son pequeñas partículas sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en el aire durante un tiempo determinado. Pueden ser de origen humano o natural, y pueden incluir polvo, humo, polen, cenizas, microorganismos, entre otros. Dichas partículas tienen un tamaño, composición y origen muy variables y muchas de ellas son perjudiciales.

Estas partículas pueden ser transportadas por el viento y pueden viajar grandes distancias.

PM seguido de un número se refiere a las partículas en suspensión en el aire, clasificadas según su tamaño máximo (diámetro aerodinámico). El número que sigue a PM indica el tamaño máximo de las partículas en micrómetros. Sí, las partículas de un rango inferior también quedan incluidas dentro de la clasificación PM seguido de un número.

PM_{0,1}: se refiere a las partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 0,1 micrómetros, también conocidas como partículas ultrafinas o fracción ultrafina.

PM_{2,5}: Las partículas finas son partículas en suspensión en el aire con un diámetro aerodinámico de hasta 2,5 micrómetros.

PM₁₀: partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 10 micrómetros. Estas partículas incluyen tanto las partículas finas como las partículas gruesas. La fracción PM₁₀ abarca las partículas gruesas (PM_{10-2,5}) como las finas (PM_{2,5}); mientras que la fracción fina (PM_{2,5}) contiene las partículas ultrafinas (PM_{0,1}).

Consecuentemente, no deben nunca sumarse las tres fracciones, pues PM₁₀ incluye a PM_{2,5}, que, también incluye a PM_{0,1} [48].

PM4: son partículas en suspensión con un diámetro de 4 μm , misma que se encuentra en la fracción respirable la cual al ser inhalada penetran a los conductos aéreos no ciliados.

Características de las partículas en suspensión

Partículas ultrafinas

Formadas por nucleación, que es la primera etapa en la que el gas se transforma en una partícula. Dichas partículas pueden crecer hasta alcanzar el tamaño de 1 μm , ya sea por condensación o por coagulación.

- Condensación = cuando otros gases se condensan en las partículas.
- Coagulación = cuando dos o más partículas se combinan para formar una mayor.

Las partículas ultrafinas (PM0.1) forman parte de la fracción fina (PM2,5) [48]. Pueden llegar a pasar por el torrente circulatorio, ya que son partículas menores a 100nm (0,1 μm).

Partículas finas

Las partículas finas son generalmente más pequeñas que las partículas gruesas debido a su diámetro aerodinámico. Como resultado, son más fáciles de transportar por el aire debido a su tamaño y peso más pequeño. Se forman en gran medida a partir de gases [48].

Partículas “respirables” menores de 2,5 μm , que pueden penetrar hasta las zonas de intercambio de gases del pulmón [49].

Partículas gruesas

Son las partículas trasladadas por el aire con un tamaño comparativamente, producidas especialmente por desintegración de partículas todavía mayores a través de procesos mecánicos.

Ejemplos = esporas, polvo, cenizas volantes, polen, y los fragmentos de insectos y plantas [48].

Partículas “torácicas” menores de 10 μm que pueden penetrar hasta las vías respiratorias bajas [49].

Exposición al material particulado

El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo debido a su impacto en la salud humana y el medio ambiente. Se origina a partir de una gran variedad de fuentes naturales, como erupciones volcánicas, incendios forestales, y erosión del suelo, así como de fuentes antropogénicas, como la quema de combustibles fósiles, la industria, el tráfico y la agricultura. El material particulado puede variar en tamaño y composición, y puede incluir partículas finas y gruesas, cada una con propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas diferentes. Estas propiedades afectan cómo se mueven, se depositan y se dispersan en el ambiente, y cómo pueden afectar a la salud humana y al medio ambiente [14].

Es cierto, es necesario evaluar no solo la concentración de material particulado en el aire, sino también su comportamiento en el espacio y el tiempo. Con esta información, se pueden desarrollar estrategias de control más efectivas para reducir la exposición a este contaminante y mejorar la calidad del aire [22].

Análisis del ambiente laboral

- **Observación cada puesto de trabajo:** consiste en un diagnóstico de las condiciones de trabajo mediante el reconocimiento inicial del área o proceso probablemente afectada por material particulado, realizando un análisis de los espacios de trabajo y definiendo las prioridades de intervención con la ayuda de la matriz de identificación y control de riesgos.
- **Especificación materia prima:** es la descripción de cada material o sustancia que incluye la definición de sus principales propiedades y características. En el análisis de la materia prima es necesario identificar su pureza y potencia antes de ser liberadas para su uso, ya que para su inmediata utilización debe estar sujeto a un conjunto de procedimientos que beneficien tanto a la empresa como a sus trabajadores [47].

Clasificación por la forma de presentarse los contaminantes químicos

Los contaminantes químicos se clasifican según la forma en la que se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1. Clasificación de los contaminantes químicos [50].

Clasificación			
CONTAMINANTES QUÍMICOS	Molecular	Gases	
		Vapores	
	Aerosoles	Sólidos	Polvo
			Humos
			Humos Metálicos
		Líquidos	Nieblas
Brumas			

Polvo

El polvo puede definirse como un sistema disperso (aerosol) de partículas sólidas heterogéneas en un gas (aire).

Clasificación del polvo

El polvo industrial se puede clasificar por su tamaño, por su forma y por su composición Tabla 2:

Tabla 2. Clasificación de polvo [50].

Clasificación del Polvo		
POLVO	Por su tamaño	Sedimentables
		Inhalables
		Torácicas
		Respirables
	Por su forma	Polvo
		Fibras
	Por su Composición	Animal
		Vegetal
		Mineral

Tipos de fracciones

Fracción inhalable: La fracción másica del aerosol total que es inalado por medio de nariz y boca.

Fracción extratorácica: Porción de las partículas inhaladas que no penetran más allá de la laringe

Fracción torácica: Fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe.

Fracción traqueo-bronquial: Partículas que pasan a través de las vías respiratorias inferiores, como la tráquea y los bronquios, pero son detenidas antes de llegar a los alvéolos pulmonares.

Fracción respirable: fracción de partículas inaladas que llega a los alvéolos pulmonares, donde se realiza el intercambio gaseoso entre el aire y la sangre [6].

Dosis de exposición

La exposición se considera a la cantidad de contaminante a la que está expuesto el trabajador por unidad de tiempo y peso corporal, mismo que esta expresado en miligramos de compuesto en el punto de exposición por kilogramo de peso corporal por día (mg/kg*día), en la valoración de riesgos se denomina ingesta, ingreso o incorporación.

La dosis absorbida es la fracción de la dosis externa que ingresa a la corriente de la sangre y puede distribuirse entre diferentes órganos, cuando se calcula la dosis dentro de la evaluación de riesgos exceptuando la exposición cutánea, en la que se calcula el grado de absorción.

Cuando existe presencia del contaminante en el medio ambiente donde se desarrollan las actividades de las personas es la consecuencia de esta exposición externa a una cierta cantidad de los contaminantes pueden alcanzar o entrar en el cuerpo humano, teniendo un efecto sobre él, dependiendo de; la concentración o nivel de presencia del contaminante en el medio y el lapso de exposición mismas que se clasifican en agudas, subagudas y crónicas según sea su duración y frecuencia.

Impacto sobre la salud de los trabajadores expuestos a material particulado y nanopartículas

La caracterización del material particulado (MP) se limitaba a la determinación de la concentración másica [51].

Control de material particulado

Equipos de protección individual (EPI) o personal (EPP)

Son una herramienta importante para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo. Estos dispositivos pueden incluir una amplia variedad de elementos, como cascos, gafas de seguridad, guantes, mascarillas, protectores auditivos, entre otros, que están diseñados para proteger al trabajador de diferentes riesgos presentes en el ambiente laboral. Los EPP son una medida temporal y complementaria a las medidas preventivas de carácter colectivo, ya que su uso es necesario en situaciones en las que no se pueden eliminar completamente los riesgos. [52].

los EPP son herramientas importantes para proteger a los trabajadores de los riesgos presentes en el lugar de trabajo. Es esencial seleccionar el EPP adecuado para el riesgo específico y asegurarse de que se utilice correctamente para garantizar la seguridad y salud del trabajador. Además, es importante realizar un seguimiento regular del uso y mantenimiento de los EPP para garantizar su eficacia.

Capacitación

Es indispensable realizar la capacitación en riesgos por material particulado, el cual debe estar dirigido a todo el personal del área de ensacado y/o empacado de harina. La misma que se debe evidenciar el cumplimiento con un listado de asistencia con registro fotográfico y video.

Además de ello el área debe contar con señalización en la que debe constar el peligro a la proyección de partículas, uso obligatorio de los EPP.

Magnitud de impacto

La magnitud de los impactos se cuantificará mediante de la evaluación ambiental del lugar de trabajo ocupando criterios de evaluación reconocidos a nivel mundial como

son los TLV's que son dictados por la ACGIH [22].

- **TLV's:** Representan los límites recomendados para la exposición diaria de un trabajador a una sustancia química específica. Estos límites son basados en la información científica disponible y han sido desarrollados para ayudar a los empleadores a proteger la salud y seguridad de sus trabajadores.
- **TLV-TWA valor límite umbral:** límite de exposición ponderada en el tiempo para una jornada normal de trabajo de 8 horas y 40 horas semanales, durante la cual los trabajadores podrían exponerse repetidamente, día tras día, y no producir efectos adversos.
- **TLV-STEL valor límite umbral:** Es un límite de exposición a corto plazo, que se refiere a la concentración máxima a la que un trabajador puede estar expuesto durante un período corto de tiempo (generalmente 15 minutos) sin sufrir efectos adversos.
- **TLV-C Valor límite umbral techo:** Concentración límite el cual no sobrepasa para nada la exposición durante el trabajo [44].

Afectación a la salud de los trabajadores

Las partículas difieren de acuerdo con las fuentes de emisión y se puedan caracterizar por sus propiedades físicas y químicas. Mientras las propiedades físicas tienen un efecto sobre el transporte y el depósito de las partículas en el sistema respiratorio humano, la composición química determina el impacto de estas sobre la salud. Las afecciones respiratorias abarcan variedad de afecciones como la silicosis, el asma y la enfermedad pulmonar debido a los polvos de cemento. realizando biopsias de pulmón, se descubrió un tipo de bronquiolitis llamado bronquiolitis obliterante constrictiva en muchos casos. Debido a esta afección los bronquiolos se infestan de tejido fibroso lo que produce estrechamiento bloqueando el paso del aire [18].

Los síntomas respiratorios de origen laboral son consecuencia de la inflamación de las vías respiratorias causada por exposiciones específicas a polvos, alérgenos o a otros agentes o que favorecen el proceso inflamatorio.

A la vista de los mecanismos inflamatorios y de los subsiguientes síntomas, se puede ejecutar una distinción entre enfermedades respiratorias alérgicas y enfermedades respiratorias no alérgicas. Los síntomas respiratorios que no producen alergia

manifiestan una inflamación específica no inmune de las vías aéreas; además que los síntomas respiratorios alérgicos son resultado de una inflamación concreta inmune en la que varios anticuerpos juegan un papel fundamental en la respuesta inflamatoria [27].

Al referirnos al área de ensacado de harina de la empresa INDUSTRIAS CATEDRAL S.A., existe polvo de harina, por tal razón a continuación se define a este contaminante.

Introducción a la norma UNE-EN 689

La norma UNE EN 689 es un estándar europeo que establece las directrices para evaluar la exposición de los trabajadores a agentes químicos a través de la inhalación. Esta norma proporciona un método para medir y evaluar la concentración de sustancias químicas en el aire de trabajo y compararlas con los valores límites recomendados para esas sustancias. A continuación, se ofrece una interpretación de alguno de los contenidos de esta norma más directamente relacionados con la evaluación de la exposición.

Independientemente de que se aplique una determinada normativa para realizar la evaluación, hay que tener siempre en cuenta que será, en definitiva, el criterio profesional el que garantizará la adecuación de las acciones correctoras a los riesgos derivados de la exposición de agentes químicos [24].

Para evaluar el nivel de exposición de los trabajadores al polvo de harina se debe emplear como un valor de referencia al valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED). Como criterio de evaluación se deben seguir los aspectos y factores que proporciona la Norma UNE-EN 689:2019+AC que se refiere a la Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición debido a la inhalación de agentes químicos y a las estrategias para el control de la conformidad de los valores límite de exposición profesional [24].

El muestreo del aire se requieren ciertos procedimientos que deben ser desarrollador de una manera adecuada por el evaluador. Este proceso comienza con una evaluación inicial de la exposición laboral, seguida de reevaluaciones periódicas. Esta valoración inicial se constituye por las siguientes fases y/o etapas, según [24]:

- Caracterización básica de los puestos de trabajo,
- Constitución de grupos de exposición similar (GES),
- La selección de un procedimiento de medición,
- La ejecución de las mediciones de exposición,
- La correcta validación de los resultados de las mediciones de exposición y los GES.
- La comparativa de los resultados con los VLA y
- El informe con los resultados.

Para la estrategia de muestro se debe considerar la constitución del GES y la definición de los procesos y/o procedimientos de medición. Por otra parte, si la evaluación inicial indica no conformidades con respecto a los VLA de alguno de los GES, obligatoriamente se deberán implementar medidas, normas y medios de control para poder realizar una nueva evaluación inicial [24].

Por otra parte, la Norma UNE-EN 689:2019+AC recomienda que se deberán realiza evaluaciones periódicas siempre y cuando se realicen o produzcan cambios en los lugares de trabajo. [24].

Caracterización básica

Para que se pueden llevar a cabo las mediciones, se deben considerar las características inherentes ligadas a los lugares de trabajo y al perfil de la exposición. Esta caracterización se la ejecuta en 3 pasos según la norma [24] :

- Identificación de los agentes químicos con toda su información necesaria,
- Revisión de los factores de exposición de los espacios de trabajo,
- Estimación de la exposición.

1.4.Objetivo general

- Desarrollar la evaluación de la concentración de material particulado en el área de ensacado de harina en la empresa Industrial Catedral S.A.

1.5.Objetivos específicos

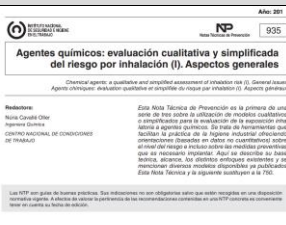
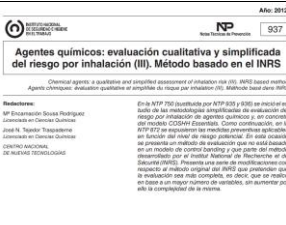
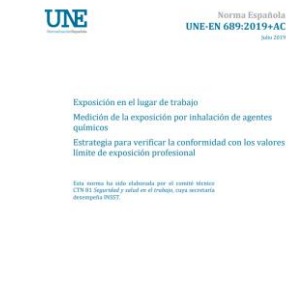
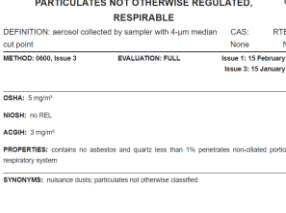

- Identificar las fuentes generadoras de material particulado en el área de ensacado de harina de la empresa.
- Determinar el nivel de concentración de material particulado en el área de ensacado de harina de la empresa.
- Plantear alternativas de control para minimizar el nivel de concentración de material particulado en el área de ensacado de la empresa.




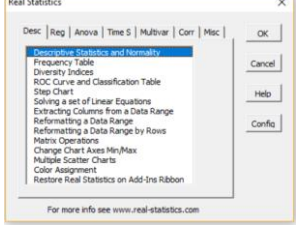






CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron las siguientes herramientas detalladas en la Tabla 2.

Tabla 2. Lista de materiales utilizados para el análisis de resultados

Nombre	Descripción	Imagen
Nota Técnica NTP 935	Nota técnica para la evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación de agentes químicos en el sitio de trabajo.	
Nota Técnica NTP 937	Nota técnica para la evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación de agentes químicos apoyado en el método del INRS.	
Normativa UNE-EN 689:2019+AC	Normativa que da las directrices para medir la exposición en el lugar de trabajo por inhalación de agentes químicos y a la vez expone la estrategia para verificar la conformidad con los VLA	
Normativa NIOS 0600	Método de evaluación para partículas de fracción respirable en el lugar de trabajo.	
Instrumento de lectura directa Microdust PRO	El Microdust PRO es un instrumento de medición de polvo fino para la evaluación de la exposición laboral.	

Software Casella Insight	Software de análisis de datos para medir y evaluar la exposición a contaminantes en el ambiente laboral, y para ayudar en la toma de decisiones para la implementación de medidas de control y seguridad.																																							
Bomba de muestreo marca Criffer modelo Accura 3 Plus	Instrumento para la toma de muestras de aire en ambientes laborales, utilizando el método de gravimetría.																																							
Microsoft Word	Programa de procesamiento de texto para crear y editar documentos.																																							
Microsoft Excel con extensión Real Statistics	Herramienta de análisis de datos, basada en Microsoft Excel, que proporciona una amplia variedad de funciones estadísticas avanzadas y herramientas de análisis de datos, incluyendo análisis multivariado, análisis de regresión, análisis de datos no paramétricos y mucho más.																																							
Ficha de levantamiento de datos de condiciones de trabajo	Ficha en donde se describen todas las características encontradas en el puesto de ensacado de harina.	<table border="1" data-bbox="1038 1267 1394 1552"> <tr> <td></td> <td>Código: ENSCTD-01</td> <td>Realizado por: Investigador</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N.º de revisión: 01</td> <td>Revisado por: Ing. Luis Morales</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fecha: 09-12-2022</td> <td>Aprobado por: Ing. Edwin García</td> </tr> <tr> <td>Ava: Ensayado de harina</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Número de trabajadores: 5 trabajadores</td> <td></td> <td rowspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Género del trabajador: Masculino</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jornada de trabajo: 06:00 - 14:00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Función de trabajo: De piso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tipo de trabajo: Móvil</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Localización: El puesto de trabajo se encuentra en un área cerrada dentro de la planta de producción.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Detalle de la exposición potencial de polvo de harina</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de producto utilizada por día: Cada saco lleva 49.50 Kg. se llena a una media de 150 sacos/ hora y se trabaja 9 horas en la jornada laboral. Dado un total de 92.760 kilogramos/ día.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de utilización del material particulado: El trabajador está en contacto con el producto a lo largo de toda su jornada laboral.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clase de pulverancia del material particulado: El material particulado de polvo de harina se presenta, en forma de polvo fino, el proceso de ensacado hace que este quede en suspensión y se deposite en la maquinaria y sobre el área de trabajo.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Código: ENSCTD-01	Realizado por: Investigador		N.º de revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales		Fecha: 09-12-2022	Aprobado por: Ing. Edwin García	Ava: Ensayado de harina			Número de trabajadores: 5 trabajadores			Género del trabajador: Masculino		Jornada de trabajo: 06:00 - 14:00		Función de trabajo: De piso		Tipo de trabajo: Móvil		Localización: El puesto de trabajo se encuentra en un área cerrada dentro de la planta de producción.			Detalle de la exposición potencial de polvo de harina			Cantidad de producto utilizada por día: Cada saco lleva 49.50 Kg. se llena a una media de 150 sacos/ hora y se trabaja 9 horas en la jornada laboral. Dado un total de 92.760 kilogramos/ día.			Frecuencia de utilización del material particulado: El trabajador está en contacto con el producto a lo largo de toda su jornada laboral.			Clase de pulverancia del material particulado: El material particulado de polvo de harina se presenta, en forma de polvo fino, el proceso de ensacado hace que este quede en suspensión y se deposite en la maquinaria y sobre el área de trabajo.		
	Código: ENSCTD-01	Realizado por: Investigador																																						
	N.º de revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales																																						
	Fecha: 09-12-2022	Aprobado por: Ing. Edwin García																																						
Ava: Ensayado de harina																																								
Número de trabajadores: 5 trabajadores																																								
Género del trabajador: Masculino																																								
Jornada de trabajo: 06:00 - 14:00																																								
Función de trabajo: De piso																																								
Tipo de trabajo: Móvil																																								
Localización: El puesto de trabajo se encuentra en un área cerrada dentro de la planta de producción.																																								
Detalle de la exposición potencial de polvo de harina																																								
Cantidad de producto utilizada por día: Cada saco lleva 49.50 Kg. se llena a una media de 150 sacos/ hora y se trabaja 9 horas en la jornada laboral. Dado un total de 92.760 kilogramos/ día.																																								
Frecuencia de utilización del material particulado: El trabajador está en contacto con el producto a lo largo de toda su jornada laboral.																																								
Clase de pulverancia del material particulado: El material particulado de polvo de harina se presenta, en forma de polvo fino, el proceso de ensacado hace que este quede en suspensión y se deposite en la maquinaria y sobre el área de trabajo.																																								

2.2. Métodos

Enfoque

La presente investigación tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo, el desarrollo cualitativo en la presente investigación fue guiado por la aplicación de la norma técnica NTP 935 que establece la metodología para evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación, la cual nos da como resultado una caracterización inicial del riesgo por inhalación, sin recurrir a mediciones ambientales. El enfoque cuantitativo

se basó en la normativa UNE-EN 689:2019+AC que trata acerca de la medición de la exposición a agentes químicos en el ambiente de los lugares de trabajo, y en particular con la estrategia de medición para la comparación de la exposición del personal por inhalación con los valores límite de exposición profesional (VLA).

2.3.Modalidad de investigación

Se recurrió a las siguientes modalidades de investigación para poder plantear una propuesta de solución a la problemática establecida:

2.3.1. Investigación de campo

Se utilizó la modalidad de campo dado que el estudio se realizó dentro de las instalaciones de la empresa Industrias Catedral S.A., con el objetivo de recolectar la información pertinente a las características del puesto de trabajo y la generación de material particulado dentro del proceso de ensacado de harina. LA información que se recolectó mediante este tipo de modalidad se la plasmó mediante apuntes y fotografías.

2.3.2. Investigación aplicada

Se utilizó este tipo de este tipo de investigación ya que se centra en la resolución del problema planteado, con la ayuda de habilidades y conocimientos previamente adquiridos en el área de Seguridad y Salud Ocupacional además que se plantea un resultado concreto con la realización de mediciones utilizando la metodología NIOS 0600 para la medición de partículas de polvo respirables.

2.3.3. Investigación bibliográfica – documental

La modalidad bibliográfica – documental es destinada para la investigación que se recopiló a través de revistas especializadas, libros, publicaciones, normativa nacional e internacional y otras investigaciones relacionadas y de campo ya que la toma de datos y los demás estudios necesarios hay que tomarlas en la empresa Industrias Catedral S.A. en el área de empacado de harina.

2.4.Población y muestra

Mediante el levantamiento de información en el puesto de trabajo se logró identificar que existe un total de cinco trabajadores que se localizan en el área de ensacado de harina, en esta área se identifican cuatro puestos de trabajo, cabe

recalcar que los trabajadores no permanecen fijos en el puesto de trabajo, ya que durante la jornada laboral rotan de puestos cada 12 minutos, tiempo promedio en el que se demoran en completar un pallet con 30 sacos de harina apilados en orden, evitando así desarrollar un trabajo repetitivo a lo largo de la jornada laboral.

En la Tabla 3, se especifica los datos informativos de esta empresa.

Tabla 3. Clasificación del personal por puesto de trabajo

Información de los puestos de trabajo			
Área	Puesto de trabajo	Número de trabajadores	Horario
Ensacado de Harina	Ensacador	1	6:00 – 14:00
	Cosedor	1	6:00 – 14:00
	Apilador	2	6:00 – 14:00
	Operario de montacargas	1	6:00 – 14:00
	Total	5	

La medición y evaluación del riesgo se realizó a todos los trabajadores expuestos, es decir, a toda la población. En este punto es importante diferenciar entre “tamaño de muestra” (que no aplica en este estudio porque se plantea la evaluación a toda la población expuesta al riesgo) y “técnica de muestreo”, que está establecida en la norma UNE-EN 689:2019+AC.

2.5.Recolección de Información

Para recolectar la información del área de ensacado de harina de la empresa INDUSTRIAS CATEDRAL S.A., se utilizarán las siguientes técnicas y herramientas, con la finalidad de cumplir los objetivos de la investigación, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Técnicas, métodos e instrumentos para la recolección de la información.

Objetivo	Actividad	Técnica/método	Instrumento o herramienta	Software
Identificar las fuentes generadoras de material particulado en el área de ensacado de harina de la empresa.	-Recopilar información de la empresa y del área de ensacado de harina. -Identificar las condiciones actuales de los puestos de trabajo.	-Observación directa de la empresa y del proceso productivo del área de ensacado para identificar las condiciones actuales de trabajo	-Ficha técnica de observación. -Cámara. -Lápiz. -Cuaderno de apuntes.	-Microsoft Word. -Microsoft Excel.
Determinar el nivel de concentración de material particulado en el área de ensacado de harina de la empresa.	-Estimar la exposición de los trabajadores en el área. -Definir la estrategia de muestreo. -Constituir los grupos de exposición similar. -Medir los niveles de concentración de material particulado -Tabular los datos hallados. -Comparar los valores medidos con los valores permisibles (VLA). -Interpretar los resultados.	-Investigación bibliográfica-documental para determinar mediciones realizadas anteriormente o realizadas en empresas similares. -Trabajo en campo con instrumentos de medición directa -Revisión de la normativa NTP 935 y UNE-EN 689.	-Equipos para la medición de los niveles de concentración de material particulado. -Internet. -Computador. -Normativa legal vigente.	-Microsoft Word. -Microsoft Excel.
Plantear alternativas de control para minimizar el nivel de concentración de material particulado en el área de ensacado de la empresa.	-Determinar las posibles causas generadoras de los altos niveles de exposición encontrados. -Plantear alternativas de control para minimizar el nivel de concentración material particulado.	-Revisión de la legislación vigente referente a material particulado.	-Normativa legal vigente.	-Microsoft Word. -Microsoft Excel.

2.6. Procesamiento y análisis de datos

Los datos e información recolectada se procesaron y analizaron en base a normativas específicas utilizadas en la evaluación de riesgo por exposición inhalatoria por agentes químicos.

2.6.1. Descripción de las etapas de la investigación

Para la evaluación de la exposición laboral a agentes químicos la investigación se basó en la NTP-935 que describe con detalle el contenido de la norma UNE-EN 689:1996, esta norma comprende la identificación de los agentes químicos, los factores determinantes de la exposición (tareas, tiempos, tipo de operación, localización de las fuentes de emisión, presencia de medidas de prevención, etc.) y las interacciones entre ambos. La evaluación se basa en 3 niveles de profundidad [54]:

- estimación inicial
- estudio básico
- estudio detallado

El estudio básico y detallado comprende mediciones de las concentraciones del agente químico.

El método que se utilizó para la evaluación del riesgo de exposición inhalatoria a agentes químicos presentado en la Figura 1, es un proceso que involucra la recopilación gradual de información detallada. A medida que se avanza en este asunto, se puede llegar a una aceptación o no aceptación del riesgo. Cuando la información es suficiente, se pueden tomar medidas para evitar la exposición. Aunque no siempre es necesario realizar mediciones ambientales para evaluar el riesgo, estas pueden proporcionar valiosa información para mejorar las circunstancias de trabajo y establecer relaciones causa-efecto y dosis-efecto para estudios epidemiológicos. Es importante destacar que estos modelos son complementarios y no sustitutos de otras formas de evaluación del riesgo.

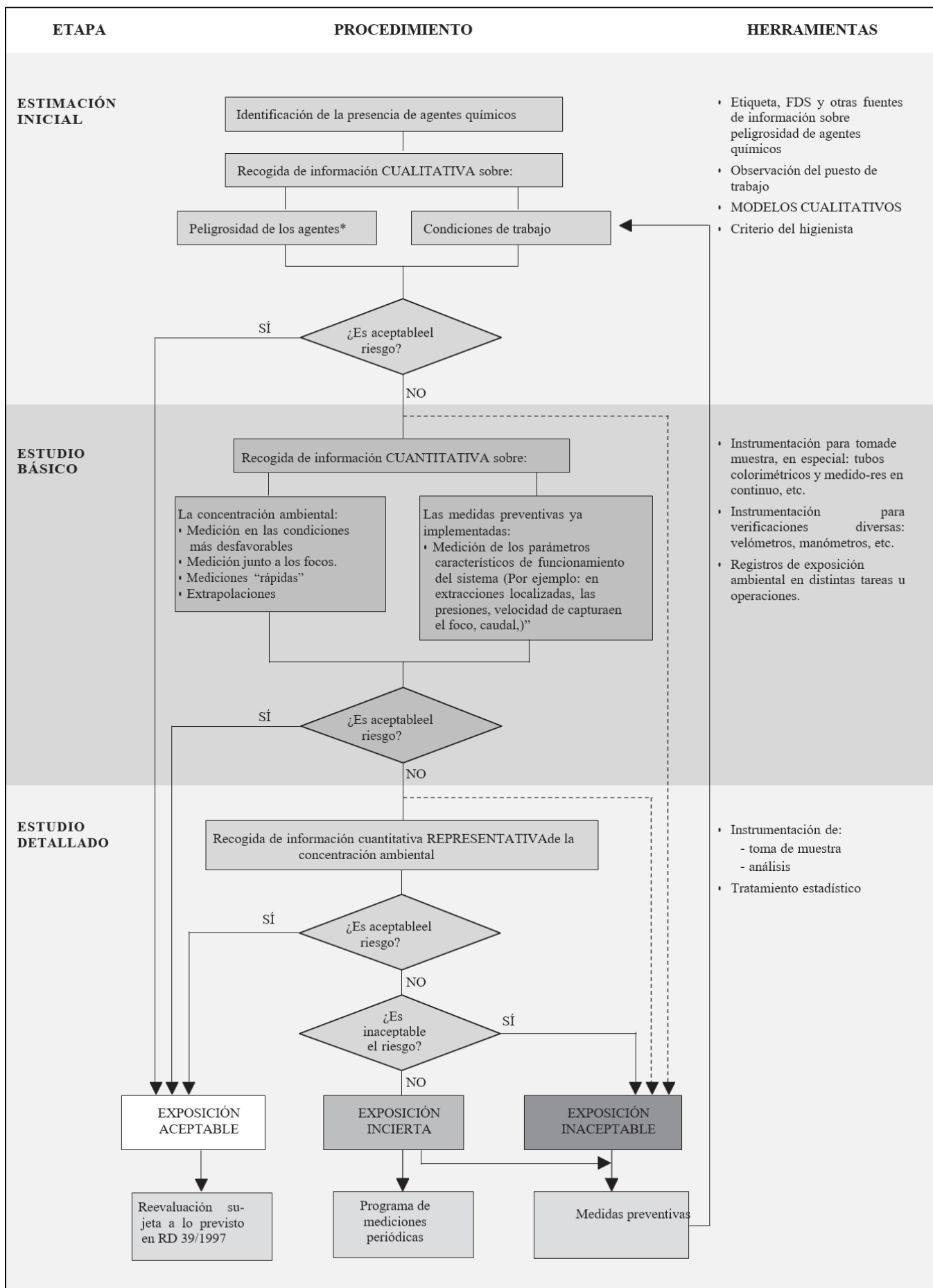


Figura 1. Procedimiento general de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos [54].

2.6.2. Estimación inicial

La estimación se realizó siguiendo la NTP 935, que establece que los modelos cualitativos o simplificados de evaluación de la exposición se pueden utilizar durante la fase de estimación inicial, ya que estos modelos permiten identificar situaciones de riesgo potencialmente alto que requieren un análisis más detallado y, en algunos casos, mediciones del ambiente.

Para realizar la estimación inicial se recopiló información cualitativa sobre las variables que pueden afectar la exposición al riesgo, tales como la peligrosidad intrínseca de la sustancia y las condiciones de trabajo. A veces, esta información puede ser suficiente para determinar si el riesgo es aceptable o no y, en consecuencia, si es necesario implementar medidas preventivas adicionales. Esto suele ser especialmente cierto en casos de altos o bajos niveles de riesgo.

2.6.2.1. Selección del modelo simplificado

El modelo que se escogió es el presentado en la NTP 935, modelo francés publicado por el INRS (Institute National de Recherche ed Sécurité) y detallado en la NTP 937 (Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación. Método basado en el INRS), que tiene como principal objetivo evaluar el nivel de riesgo por inhalación a agentes químicos en una determinada operación, sin necesidad de realizar mediciones ambientales de manera inicial [55]. Su alcance abarca los aspectos presentados en la Figura 2.

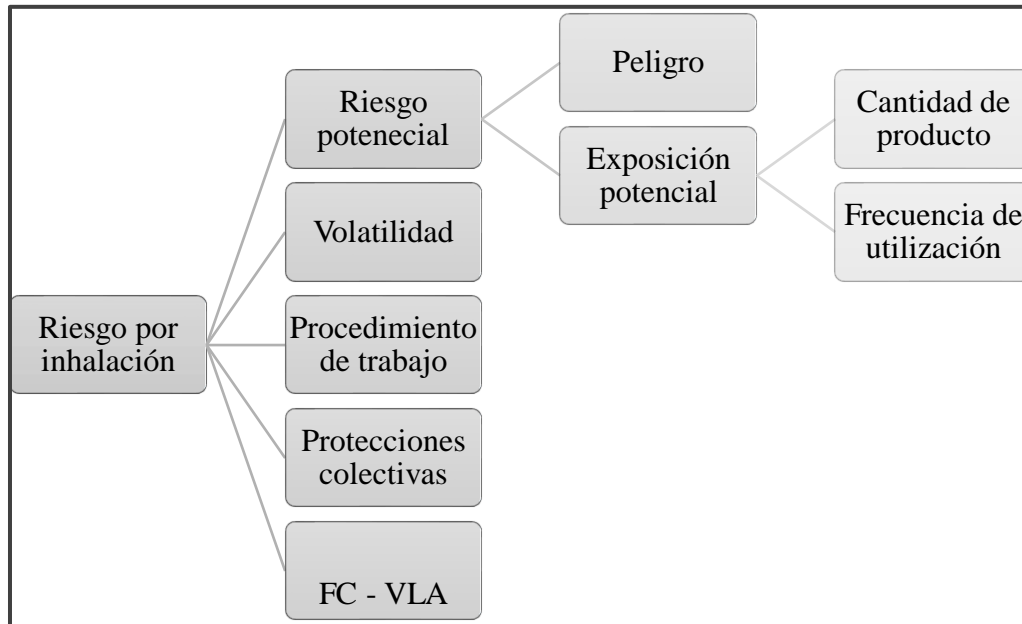



Figura 2. Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación [55].

2.6.2.3. Procedimiento para evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación

Se realizaron procedimientos para llevar a cabo la evaluación cualitativa inicial en INDUSTRIAS CATEDRAL S.A. según las estrategias seleccionadas, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Evaluación simplificada del riesgo por inhalación.

		Evaluación simplificada del riesgo por inhalación		
		Razón social:	Industrias Catedral S.A.	Representante legal:
Evaluador:	Investigador	Código:	EV-SMP-01	
Fecha de evaluación:	09/12/2022	Ficha N :	1	de 1
Revisor por:	Ing. Luis Morales	Aprobado por:	Ing. Edwin García	
Objetivo				
Determinar el nivel o grado de riesgo por exposición a agentes químicos en una determinada operación, y cubre los aspectos necesarios para evaluar el riesgo de exposición de manera aproximada. Este método puede ser utilizado en la fase de estimación inicial de una evaluación de riesgos químicos, y puede ser complementado con medidas de control y evaluaciones más detalladas en caso de ser necesario.				

Alcance
Área de ensacado de harina de la empresa “Industrias Catedral”
Definiciones
<p>Riesgo potencial: El riesgo potencial de un agente químico es una medida de la probabilidad de que el agente cause un daño a la salud humana o al medio ambiente en una determinada situación de exposición. El cálculo del riesgo potencial se basa en el peligro, la cantidad total de agente químico y la frecuencia de uso.</p> <p>Pulverulencia: La pulverulencia de un agente químico se refiere a su propiedad de convertirse en polvo o polvo fino cuando se tritura o se somete a ciertos procesos. Un agente químico altamente pulverulento es aquel que se desmenuza fácilmente en un polvo fino y puede dispersarse en el aire con facilidad.</p> <p>Procedimiento de trabajo: El procedimiento de trabajo con un agente químico incluye todas las medidas de seguridad y precaución necesarias para manipular de manera segura una sustancia química en un entorno laboral.</p> <p>Protecciones colectivas: La protección colectiva es un conjunto de medidas que se toman para proteger a un grupo de personas de la exposición a un agente químico peligroso en el lugar de trabajo. Estas medidas pueden incluir el uso de equipo de protección colectiva, como ventiladores y sistemas de extracción de aire, y pueden ser necesarias cuando el uso de equipo de protección personal como guantes y gafas de seguridad no es suficiente para proteger a las personas de la exposición.</p> <p>Factor de correlación en función del VLA: El factor de corrección asociado al valor límite ambiental es una herramienta utilizada para ajustar los valores límites de exposición a agentes químicos para tener en cuenta la variabilidad individual en la respuesta a la exposición.</p>
Revaluaciones
Para riesgo moderado, se puede escoger entre corregir las medidas de control existentes y volver aplicar este método de evaluación o continuar con una evaluación más detallada mediante mediciones y la Norma UNE-EN 689.
Procedimiento
<p>Para calcular la puntuación del riesgo por inhalación se utiliza la siguiente fórmula:</p> $P_{inh} = P_{riesgo\ pot} * P_{volatilidad} * P_{procedimieto} * P_{protec\ colec} * FC_{VLA} [55]$ <p>Donde:</p> <p>P_{inh} : puntuación del riesgo por inhalación</p> <p>$P_{riesgo\ pot}$: puntuación de la clase de riesgo potencial</p> <p>$P_{volatilidad}$: puntuación de la clase de volatilidad o pulverulencia</p> <p>$P_{procedimieto}$: puntuación de la clase de procedimiento</p> <p>$P_{protec\ colec}$: puntuación de la clase de protección</p> <p>FC_{VLA} : puntuación del factor corrección en función del VLA</p>

Determinación de puntuación la clase riesgo potencial

Para determinar la clase de riesgo se debe obtener la “exposición potencial” que se establece a partir del cruce de los resultados de la “tabla clases de cantidad” y la “tabla clase de frecuencia”

$$\text{Exposición potencial} = \text{Clase de cantidad} * \text{Clase de frecuencia}$$

Finalmente se puede calcular la clase de riesgo que se hace comenzando con los resultados obtenidos de las tablas “exposición potencial” y de la tabla “clases de peligro”

$$\text{Clase de riesgo} = \text{Exposición potencial} * \text{Clase de peligro}$$


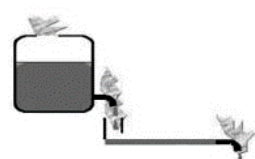
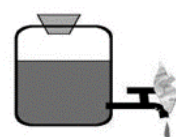
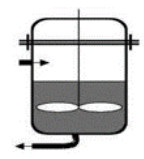
Paso 1: Determinar la clase de cantidad en función de la cantidad de agente químico que es utilizado por el trabajador a lo largo de la jornada laboral.	Clase de cantidad		Cantidad/día			
	1	< 100 g ó ml				
	2	≥ 100 g ó ml y < 10 kg ó l				
	3	≥ 10 y < 100 kg ó l				
	4	≥ 100 y < 1000 kg ó l				
	5	≥ 1000 kg ó l				
Paso 2: Determinar clase de frecuencia en función a la regularidad con la que está en contacto el trabajador con el agente químico durante la jornada laboral.	Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente	
	Día	≤ 30'	> 30 - ≤ 120'	> 2 - ≤ 6 h	> 6 horas	
	Semana	≤ 2 h	> 2-8 h	1-3 días	> 3 días	
	Mes	1 día	2-6 días	7-15 días	> 15 días	
	Año	≤ 15 días	> 15 días - ≤ 2 meses	> 2 - ≤ 5 meses	> 5 meses	
	Clase	1	2	3	4	
Paso 3: Determinar exposición potencial, al cruzar los resultados obtenidos de la tabla mencionada en el Paso 1 (clase de cantidad) y Paso 2 (clase de frecuencia)	Clase de cantidad					
	5	0	4	5	5	5
	4	0	3	4	4	5
	3	0	3	3	3	4
	2	0	2	2	2	2
	1	0	1	1	1	1
	0	1	2	3	4	Clase de frecuencia

<p>Paso 4: Determinar la clase de peligro. Para determinar la clase de peligro de un agente químico, es importante conocer sus frases R o H. Si un producto, sustancia o mezcla no tiene asignadas estas frases, se puede determinar la clase de peligro a partir de los valores límites de exposición (VLA) en mg/m³. Los VLA de larga duración son prioritarios frente a los de corta duración al asignar la clase de peligro.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Clase de peligro</th> <th>VLA mg/m³</th> <th>Materiales y procesos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>>10 ≤100</td> <td>Hierro/ cereal y derivados/ grafito material de construcción/ talco cemento/ composites / madera de combustión tratada soldadura metales – plásticos material vegetal-animal.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>>1 ≤10</td> <td>Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>>0,1 ≤1</td> <td>Maderas blandas y derivados Plomo metálico Fundición y afinaje de plomo</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>≤0,1</td> <td>Amianto y materiales que lo contienen betunes y breas gasolina (carburante), vulcanización, maderas duras y derivados.</td> </tr> </tbody> </table>	Clase de peligro	VLA mg/m ³	Materiales y procesos	1	>100		2	>10 ≤100	Hierro/ cereal y derivados/ grafito material de construcción/ talco cemento/ composites / madera de combustión tratada soldadura metales – plásticos material vegetal-animal.	3	>1 ≤10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes	4	>0,1 ≤1	Maderas blandas y derivados Plomo metálico Fundición y afinaje de plomo	5	≤0,1	Amianto y materiales que lo contienen betunes y breas gasolina (carburante), vulcanización, maderas duras y derivados.																															
	Clase de peligro	VLA mg/m ³	Materiales y procesos																																															
	1	>100																																																
	2	>10 ≤100	Hierro/ cereal y derivados/ grafito material de construcción/ talco cemento/ composites / madera de combustión tratada soldadura metales – plásticos material vegetal-animal.																																															
	3	>1 ≤10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes																																															
4	>0,1 ≤1	Maderas blandas y derivados Plomo metálico Fundición y afinaje de plomo																																																
5	≤0,1	Amianto y materiales que lo contienen betunes y breas gasolina (carburante), vulcanización, maderas duras y derivados.																																																
<p>Paso 5: Determinar la clase de riesgo potencial, con el resultado obtenido del Paso 3 (Clase de exposición potencial) y el resultado obtenido en el Paso 4 (Clase de peligro)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Clase de exposición potencial</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>Clase de peligro</td> </tr> </tbody> </table>	Clase de exposición potencial	1	2	3	4	5	5	5		2	3	4	5	5	4		1	2	3	4	5	3		1	2	3	4	5	2		1	1	2	3	4	1		1	1	2	3	4		1	2	3	4	5	Clase de peligro
Clase de exposición potencial	1	2	3	4	5	5																																												
5		2	3	4	5	5																																												
4		1	2	3	4	5																																												
3		1	2	3	4	5																																												
2		1	1	2	3	4																																												
1		1	1	2	3	4																																												
	1	2	3	4	5	Clase de peligro																																												
<p>Paso 6: Puntuar la clase de riesgo potencial obtenida.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Clase de riesgo potencial</th> <th>Puntuación de riesgo potencial</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>10.000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Clase de riesgo potencial	Puntuación de riesgo potencial	5	10.000	4	1.000	3	100	2	10	1	1																																					
Clase de riesgo potencial	Puntuación de riesgo potencial																																																	
5	10.000																																																	
4	1.000																																																	
3	100																																																	
2	10																																																	
1	1																																																	
<p>Determinación de puntuación la clase de volatilidad o pulverulencia</p>																																																		
<p>Paso 1: Seleccionar la clase de pulverulencia.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción del material sólido</th> <th>Clase de pulverulencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (p.e. azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (p.e. azúcar consistente cristalizada).</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Material en pastillas, granulado escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción del material sólido	Clase de pulverulencia	Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (p.e. azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3	Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (p.e. azúcar consistente cristalizada).	2	Material en pastillas, granulado escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1																																									
Descripción del material sólido	Clase de pulverulencia																																																	
Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (p.e. azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3																																																	
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (p.e. azúcar consistente cristalizada).	2																																																	
Material en pastillas, granulado escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1																																																	

Paso 2: Puntuar la clase de pulverulencia.	Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
	3	100
	2	10
	1	1














3 Determinación la puntuación del procedimiento de trabajo

Se da una determinada puntuacion en función de la clase del procedimieto utilizado.

Dispersivo	Abierto	Cerrado/ abierto regularmente	Cerrado permanente
			
Ejemplos: Pintura a pistola, taladro, muela, vaciado de sacos a mano, de cubos... Soldadura al arco... Limpieza con trapos. Máquinas portátiles (sierras, cepillos...)	Ejemplos: Conductos del reactor, mezcladores abiertos, pintura a brocha, a pincel, puesto de acondicionamiento (toneles, bidones). Manejo y vigilancia de máquinas de impresión...	Ejemplos: Reactor cerrado con cargas regulares de agentes químicos, toma de muestras, máquina de desengrasar en fase líquida o de vapor...	Ejemplos: Reactor químico.
Clase 4	Clase 3	Clase 2	Clase 1
Puntuación de procedimiento			
1	0,5	0,05	0,001

Determinación de la puntuación de protección colectiva

Se da una determinada puntuación en función de la clase de protección utilizada.

Trabajo en espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable 		Ausencia de ventilación mecánica 	
Clase 5, puntuación = 10		Clase 4, puntuación = 1	
Trabajos en intemperie 	Trabajador alejado de la fuente de emisión 	Ventilación mecánica general 	
Clase 3, puntuación = 0,7			
Campana superior 	Rendija de aspiración 	Mesa con aspiración 	Aspiración integrada a la herramienta 
Clase 2, puntuación = 0,1			
Cabina de pequeñas dimensiones ventilada 	Cabina horizontal 	Cabina vertical 	Captación envolvente (vitrina de laboratorio) 
Clase 2, puntuación = 0,1			Clase 1, puntuación = 0,001

Puntuación del factor de corrección en función del VLA

Dado que el procedimiento aplicado anteriormente puede subestimar el riesgo para sustancias que tienen un valor límite muy bajo se aplica el factor de corrección, FC, en función de la magnitud del VLA, en mg/m³ del producto químico utilizado en la jornada laboral.

VLA	FC _{VL} A
VLA > 0,1	1
0,01 < VLA ≤ 0,1	10
0,001 < VLA ≤ 0,01	30
VLA ≤ 0,001	100

Cálculo de la puntuación del riesgo por inhalación
Una vez obtenida las respectivas puntuaciones se procede a reemplazar en la siguiente formula y calcular.
$P_{inh} = P_{riego\ pot} * P_{volatilidad} * P_{procedimieto} * P_{protec\ colec} * FC_{VLA} [55]$
Número de mediciones
Esta evaluación se realizará únicamente en la caracterización inicial de riesgo por inhalación de agentes quimos, posteriormente se deberá realizar un estudio básico o detallado.
Recomendaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Recordar las variables que influyen en la concentración del agente químico en el aire, como la forma de trabajo y los sistemas de ventilación existentes. • Tener en cuenta que este método es semicuantitativo y la puntuación favorecería en la toma de decisiones. • Conocer los criterios de clasificación de peligro, exposición potencial, volatilidad o pulverulencia, procedimiento y protección colectiva, para asignar las puntuaciones adecuadas a cada uno de estos factores. • Conocer los valores límite de exposición para aplicar el factor de corrección dado de que el compuesto tenga un VLA. • Recordar las concentraciones de los componentes de una mezcla no comercial para no sobreestimar el riesgo. • Comprobar periódicamente el correcto de las medidas de control implantadas.
Responsables
<ul style="list-style-type: none"> • Investigador encargado de realizar el presente proyecto de investigación.
Normativas utilizadas
<ul style="list-style-type: none"> • Nota Técnica de Prevención NTP 937 “Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS” [55].

2.6.3. Estudio básico

Se realizó una caracterización básica según la normativa UNE 689 donde menciona utilizar sistemas de monitorización de la exposición que proporcionan una respuesta inmediata al usuario, tanto si se trata de lecturas puntuales o continuas (también conocidos como materiales de lectura directa), pueden brindar información precisa sobre el nivel de exposición aproximado, el patrón de exposición y la variabilidad de la exposición en el tiempo, el espacio y entre trabajadores.

2.6.3.1. Selección de la estrategia de medición

Las mediciones iniciales establecieron la concentración de la exposición de material particulado que se encuentra en el lugar de trabajo durante la jornada laboral. Estas mediciones iniciales permitieron establecer el perfil de exposición para realizar el

estudio detallado por medio de la verificación con la conformidad del VLA-8 h, la duración del muestreo será de la jornada completa (6am – 2pm).


Se debe tener en cuenta que estas mediciones realizadas en el estudio básico, suelen no poseer representatividad estadística. Por lo general, el estudio se limita a obtener datos cuantitativos en las condiciones más desfavorables, como mediciones realizadas durante la jornada sin garantizar su representatividad, extrapolaciones en el tiempo a partir de mediciones anteriores, y mediciones de los parámetros de funcionamiento de los sistemas de control de la exposición recogiendo así toda información disponible que permita una estimación inicial .

2.6.3.2. Procedimiento para la evaluación de material particulado con instrumento de lectura directa

La metodología a seguir para realizar las mediciones continuas de material particulado se indica en la norma ISO 21501-4:2007 "Partículas en el aire. Métodos de ensayo para la determinación de la concentración de partículas. Parte 4: Método de medición in situ con instrumentos láser" establece un método para medir la concentración de partículas en el aire utilizando instrumentos láser.


A continuación, se presentan los procedimientos seleccionados en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Procedimiento para la medición de material particulado con instrumento de lectura directa (Parte 1).

 INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.		Procedimiento de evaluación de material particulado de polvo de harina con instrumento de lectura directa			
Razón social:	Industrias Catedral S.A	Representante legal:	Ing. Otto Javier Buenaño		
Evaluador:	Investigador	Código:	MEDMP-LD-01		
Empresa encargada de realizar la medición:	SESACO Seguridad Industrial S.A.	Técnico encargado de realizar la medición:	Ing. Jennifer Judith Yáñez Santamaria		
Fecha de evaluación:	09/12/20222	Ficha N :	1	de	1
Revisor por:	Ing. Luis Morales	Aprobado por:	Ing. Edwin García		
Objetivos:					

<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una estimación inicial de la concentración de material particulado expresado mg/m³, presente a lo largo de la jornada laboral completa con la ayuda de instrumentos de medición directa que permitirán establecer una lectura continua. • Medir la primera mitad de la jornada laboral (6 am- 10 am) concentración de partículas PM_{2,5} • Medir la segunda mitad de la jornada laboral (10 am- 2pm) concentración de partículas PM₁₀
Alcance:
Área de ensacado de harina de la empresa “Industrias Catedral”
Definiciones:
<ul style="list-style-type: none"> • PM: es un acrónimo que se utiliza para referirse a "Material Particulado", también conocido como contaminación por partículas. Se refiere a una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Estas partículas pueden incluir polvo, suciedad, hollín, humo, entre otros. Algunas partículas son lo suficientemente grandes y oscuras como para ser visibles a simple vista, mientras que otras son tan pequeñas que solo pueden ser vistas con un microscopio. • PM_{2,5}: que son partículas presentes en el aire que tienen un diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micrómetros (µm) • PM₁₀: que son partículas suspendidas en el aire que tienen un diámetro aerodinámico inferior a 10 micrómetros (µm) • Instrumento de medición directa: dispositivo utilizado para medir la concentración de partículas en el aire y muestra el valor medido de manera directa en una escala calibrada o en una pantalla digital.
Periodicidad:
Primera intervención
Reevaluaciones:
Según la normativa UNE-EN 689:2019 la reevaluación de la exposición laboral debe ser actualizada regularmente para garantizar que la exposición de los trabajadores sigue cumpliendo con el límite de exposición admisible. Si se producen cambios significativos en los factores que determinan la exposición, la evaluación debe ser actualizada de inmediato. Se recomienda que se reevalúe con un intervalo anual.

Tabla 7. Descripción del instrumento de medición (Parte 2).

Equipo de medición	
Microdust PRO	Descripción del equipo
	<p>MicroDust Pro de Casella es un instrumento portátil de medición de material particulado que se utiliza para medir la concentración de partículas en el aire. Este equipo cuenta con un sensor láser de alta precisión y una pantalla digital para mostrar los resultados de la medición. El MicroDust Pro es capaz de medir partículas de diferentes tamaños, incluyendo las partículas PM10 y PM2,5, y es utilizado en una variedad de aplicaciones, como la evaluación de la calidad del aire en el ambiente de trabajo y la monitorización de la contaminación del aire en el ambiente exterior. Este equipo es fácil de usar y proporciona resultados precisos y confiables.</p>
Calibración	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparar el equipo: Asegurarse de que el equipo esté limpio y en buenas condiciones y que esté configurado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. 2. Preparar el material de referencia: Seleccionar un material de referencia conocido y prepararlo de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Este material de referencia debe ser una muestra de material particulado conocida y debidamente etiquetada. 3. Realizar la medición de referencia: Utilizar el material de referencia para realizar una medición de referencia conocida. 4. Realizar la medición del equipo: Utilizar el equipo para medir el material de referencia y comparar. <p>Se recomienda realizar una calibración anual con el fabricante.</p>	
Características	
<ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición: El equipo puede medir partículas de diferentes tamaños, desde las partículas PM1 hasta las partículas PM10. • Resolución: El equipo tiene una resolución de 0.1 µg/m³ para mediciones por debajo de 10 µg/m³ y de 1 µg/m³ para mediciones por encima de 10 µg/m³. • Precisión: La precisión del equipo es del ±10% o ±5 µg/m³, lo que es mayor. • Tasas de flujo: El equipo está diseñado para trabajar con tasas de flujo de 1 a 5 l/min. • Fuente de alimentación: El equipo cuenta con una batería recargable y también se puede utilizar con un adaptador de corriente. • Dimensiones: El equipo tiene un tamaño compacto y ligero, lo que lo hace fácil de transportar. • Peso: El equipo pesa aproximadamente 1 kg. • Interfaz de comunicación: El equipo cuenta con una interfaz USB para transferir los datos de medición a un ordenador. 	
Procedimiento de medición	
<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar un lugar adecuado para colocar el equipo: El equipo debe colocarse en un lugar donde se pueda tomar una muestra representativa del aire que se 	

quiere medir. En el caso de medir polvo de harina, es importante asegurarse de que el equipo esté lo suficientemente cerca de la fuente de polvo para que se pueda medir adecuadamente.

- Configurar el equipo: Asegurarse de que el equipo esté configurado de acuerdo con las instrucciones del fabricante y con el tamaño de las partículas que se quieren medir.
- Conectar el equipo: Conectar el equipo al adaptador de flujo y a la fuente de alimentación (si es necesario).
- Iniciar la medición: Encender el equipo y comenzar a tomar la muestra de aire según las instrucciones del fabricante.
- Revisar los resultados: Una vez finalizada la medición, revisar los resultados en la pantalla del equipo y anotarlos para poder compararlos con los límites de exposición permitidos.

Tipos de partículas a ser medidas

- PM_{2,5}: que son partículas suspendidas en el aire que tienen un diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micrómetros (μm)
- PM₁₀: que son partículas suspendidas en el aire que tienen un diámetro aerodinámico inferior a 10 micrómetros (μm)

Escala de medición

Depende del tamaño de las partículas que se estén midiendo. El equipo está diseñado para medir partículas de diferentes tamaños, desde las partículas PM₁ hasta las partículas PM₁₀.

La escala de medición del equipo se mide en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Esto significa que el equipo mide la cantidad de partículas en el aire en términos de peso. Por ejemplo, si el equipo muestra una lectura de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, significa que hay 50 microgramos de partículas por cada metro cúbico de aire.

Duración de la medición en base al Grupo de exposición similar

Información de los puestos de trabajo

Área	Puesto de trabajo	Número de trabajadores	Duración de la medición
Ensacado de Harina	Ensacador	1	8 horas
	Cosedor	1	
	Apilador	2	
	Operario de montacargas	1	
	Total	5	

Se establece un grupo de exposición similar formado por los operarios que están presente en el puesto de ensacado de harina y se establece una única medición en el puesto de trabajo con una duración de 8 horas la cual cubre la jornada completa de trabajo.

Días y horarios de medición			
Información de los puestos de trabajo			
Área	Puesto de trabajo	Fecha de medición	Duración de la medición
Ensacado de Harina	Ensacador	09/12/2022	8 horas
	Cosedor		
	Apilador		
	Operario de montacargas		
Número de mediciones			
Dado que esta medición servirá únicamente para realizar una estimación inicial de la exposición en el lugar de trabajo y al no poseer representatividad estadística se realizará únicamente una medición.			
Recomendaciones			
<ul style="list-style-type: none"> • Configurar el equipo adecuadamente: Asegurarse de que el equipo esté configurado de acuerdo con el tamaño de las partículas que se quieren medir y la tasa de flujo adecuada. • Colocar el equipo en un lugar adecuado: El equipo debe colocarse en un lugar donde se pueda tomar una muestra representativa del aire que se quiere medir. • Asegurar una buena ventilación: Es importante asegurar una buena ventilación durante la medición para evitar que se concentre el polvo en el área de medición. • Revisar regularmente el equipo: Revisar el equipo de manera regular para asegurar que esté en buenas condiciones y funcionando adecuadamente. • Realizar la calibración del equipo de manera regular: Es importante realizar la calibración del equipo de manera regular para asegurar una medición precisa y confiable. • Anotar los resultados de la medición: Anotar los resultados de la medición para poder compararlos con los límites de exposición permitidos. 			
Responsables			
<ul style="list-style-type: none"> • Investigador encargado de realizar el presente proyecto de investigación. • Técnico encargado de realizar la medición: Técnico de la empresa SESACO SEGURIDAD INDUSTRIAL encargado de manipular el instrumento de medición. 			
Normativas utilizadas			
Normativa ISO 21501-4:2007 "Partículas en el aire. Métodos de ensayo para la determinación de la concentración de partículas. Parte 4: Método de medición in situ con instrumentos láser"			

2.6.4. Estudio detallado

La evaluación detallada de la exposición laboral incluyo varias fases: la caracterización básica de los lugares de trabajo, creación de grupos de exposición similares, selección de un procedimiento de medida adecuado, realización de mediciones de la exposición, validación de los resultados de las mediciones y los valores límite de exposición (VLA), comparación de los resultados con los VLA y la elaboración de un informe de resultados, como se puede apreciar gráficamente en la Figura 3.

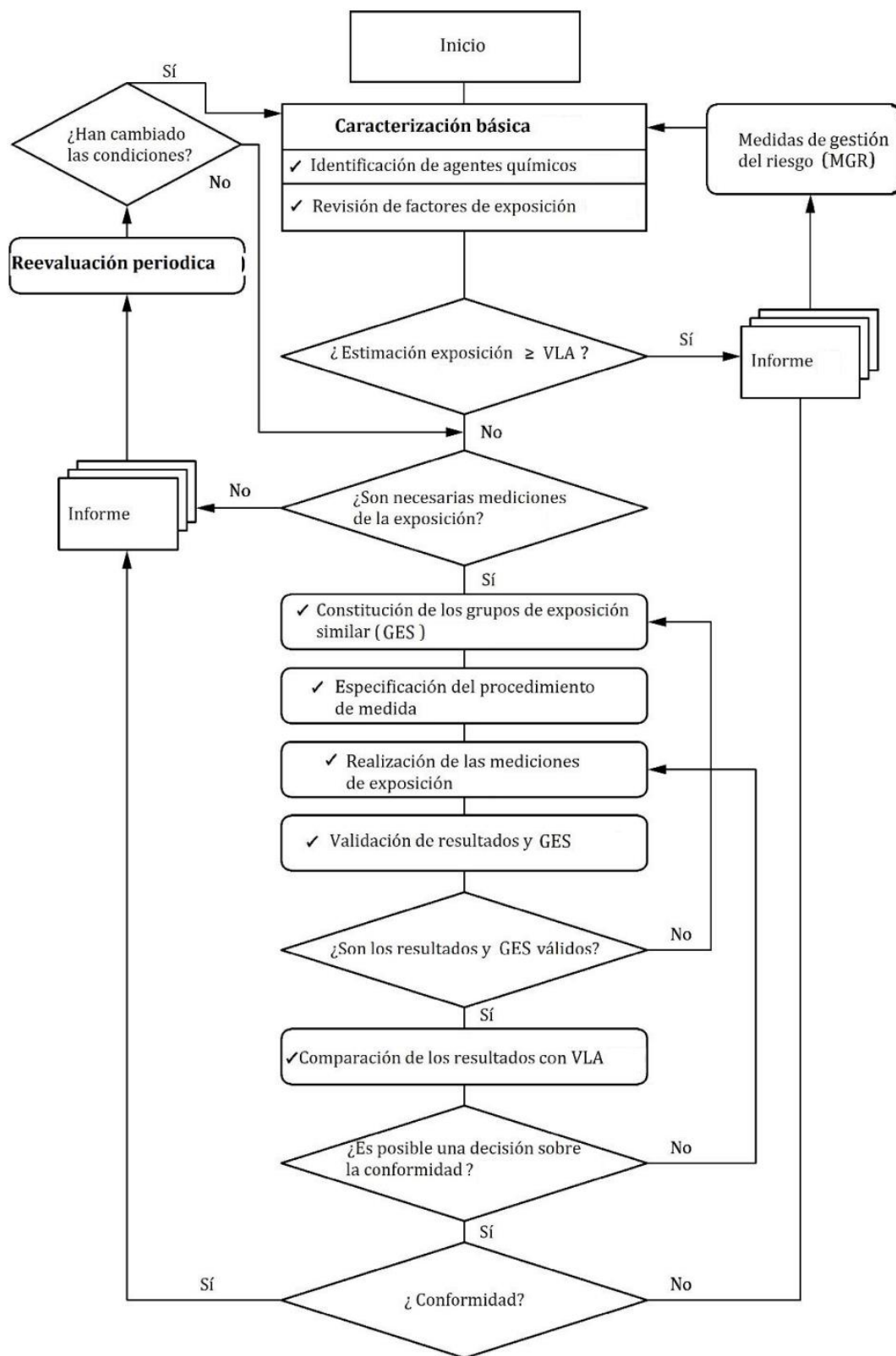


Figura 3. Esquema del procedimiento de evaluación detallado de la exposición laboral a agentes químicos [24].

2.6.4.1. Procedimiento de evaluación con el método detallado

Constitución de los grupos de exposición similar

En esta fase se formaron los Grupos de Exposición Similar (GES), este método basado en la observación de las condiciones laborales y permite medir la exposición de un pequeño número de trabajadores para la comparación respectiva con los VLA. Este proceso se basó en la normativa UNE-EN 689:2019 la cual describe para que un trabajador se tome en cuenta dentro del GES se debe de observar las condiciones laborales usando información sobre el perfil de exposición de las tareas desarrolladas durante jornada laboral, tomando en cuenta variables como, el tipo de trabajo que se desarrolla dentro del puesto, descripción de las tareas dentro del puesto de trabajo, el perfil de exposición específico de determinada tarea, las condiciones en las que el operario realiza la tarea, localización y duración de la exposición dentro de la jornada laboral [24].

El propósito de los GES es la simplificar la evaluación de la exposición si varios operarios se desenvuelven bajo los mismos perfiles de exposición. Dentro de este contexto es necesario especificar el procedimiento de medición y la estrategia de muestreo para obtener medidas veraces y representativas de las exposiciones de los trabajadores para su comparación con el VLA del agente químico asociado [24].

2.6.4.2. Identificación de las condiciones de trabajo

Se utilizo la norma UNE-EN 689:2019, la cual describe aproximaciones en diferentes situaciones de lugares de trabajo para poder escoger la condición que más se adapte al proceso analizado, entre estas condiciones de trabajo descritas se tienen: lugares de trabajo con condiciones constantes, exposiciones de corta duración con condiciones constantes, exposición ocasional, fijo con exposición irregular, móvil con exposición irregular, impredecible, exposición cambiante constantemente, en el exterior, bajo tierra [54].

2.6.4.3. Definición de los valores límite

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) y su publicación sobre los “Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2021” [69], y aceptado por el REAL DECRETO 374/2001, especifica que los

valores límite de exposición profesional publicados para la evaluación y control de los riesgos originados por la exposición de los trabajadores a agentes químicos, específicamente de polvo de harina es el presentado en la tabla [56] .

Tabla 8. Valores limite ambientales

Agente químico	Valores Límite		Notas	Indicaciones de peligro (H)
	VLA-ED	VLA-EC		
Harina	4 mg/m ³	n/a	Sensibilizante	n/a

2.6.4.4. Definición del número de mediciones

Se deben realizar al menos 3 mediciones válidas por GES. Con base en estas mediciones, se determinará el número de mediciones adicionales necesarias, considerando las condiciones específicas establecidas en la prueba preliminar y prueba estadística. [57].

2.6.4.5. Duración del muestreo para verificar la conformidad con el VLA-8h

Este tipo de mediciones se basaron en la concentración de la exposición frente al tiempo, estos datos pueden ser obtenidos de las mediciones con los instrumentos de lectura directa realizadas en el estudio básico [24].

La normativa UNE-EN 689:2019+AC establece que, si la concentración a lo largo de la jornada laboral es constante, la duración total del muestreo (DTM) debería ser al menos de 2h (DTM_{min}), de modo que la exposición diaria (ED) del periodo muestreado puede considerarse representativo para toda una jornada laboral (JL) y puede ser comparado con el VLA-ED del agente químico estudiado [24].

En la Figura 4, se puede apreciar la duración del muestreo mínimo de 2h (DTM_{min}) para una concentración constante a lo largo de la jornada laboral.

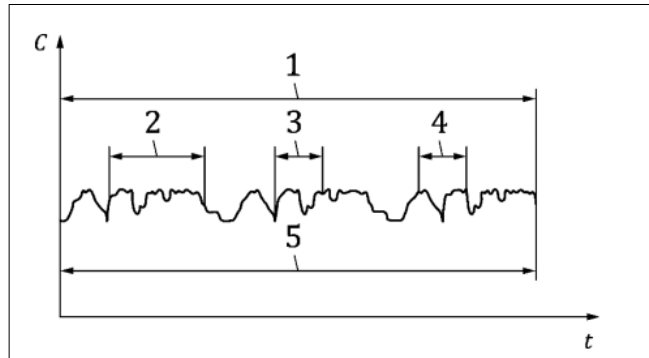


Figura 4. Duración del muestreo de acuerdo con la norma UNE-EN 689:2019+AC [24].

En donde:

- C = Concentración de la exposición
- t = Tiempo
- 1 = $DTM_{\text{máx}} = JL$
- 2 = $DTM_{\text{min}} = 2 \text{ horas}$
- 3 y 4 = $DTM_{\text{min}} = 1 \text{ hora} + 1 \text{ hora}$
- 5 = JL

2.6.4.6. Selección de la normativa para medición de material particulado

Para medir los niveles de exposición la normativa UNE-EN 689:2019+AC, se deben emplear equipos de muestreo personal, sujetos a las prendas de vestir de los trabajadores y dentro de la zona de respiración [24].


Los procedimientos específicos para realizar las mediciones personales que se aplicaron en la presente investigación se encuentran detallados en la Norma NIOSH 0600 del National Institute for Occupational Safety and Health, que especifica como determinar la cantidad de partículas de partículas respirables por el método gravimétrico [58].

Además, se utilizó la normativa actualizada MTA/MA – 014/A11 “Determinación De Materia Particulada (Fracciones Inhalable, Torácica Y Respirable) En Aire - Método Gravimétrico” [59].

2.6.4.7. Descripción del procedimiento para medición de material particulado (fracción respirable) en aire, utilizado el método gravimétrico


Se realizaron procedimientos para llevar a cabo las mediciones de material particulado de polvo de harina en la empresa “INDUSTRIAS CATEDRAL S.A” según las estrategias seleccionadas, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 9. Procedimiento para la medición de material particulado, fracción respirable, mediante el método gravimétrico (Parte 1).

 INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.		Procedimiento para la medición de material particulado mediante el método gravimétrico.			
Razón social:	Industrias Catedral S.A	Representante legal:	Ing. Otto Javier Buenaño		
Evaluador:	Investigador	Código:	MEDMP-GRV-01		
Empresa encargada:	Bioenergy Environment & Consulting S.A.	Técnico encargado:	Ing. Fabian Aguaiza I.		
Fecha de evaluación:	28/12/2022	Ficha N :	1	de	1
Revisor por:	Ing. Luis Morales	Aprobado por:	Ing. Edwin García		
Objetivos:					
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la cantidad de partículas respirables (mg) presentes en el aire 					
Alcance:					
Área de ensacado de harina					
Definiciones:					
<ul style="list-style-type: none"> • Bomba gravimétrica: Una bomba gravimétrica es un dispositivo utilizado para medir y controlar la cantidad de una sustancia en un flujo de gas o líquido. Se basan en el principio de la medición gravimétrica, que consiste en determinar la cantidad de una sustancia mediante la medición de la masa de la sustancia. • Fracción respirable: se refiere a la cantidad de ese agente químico presente en el aire que es lo suficientemente pequeña como para inhalarse y llegar a los pulmones. Las partículas respirables tienen un diámetro de menos de 10 micrómetros (μm) y pueden inhalarse profundamente en los pulmones. • Método gravimétrico: consiste en recolectar una muestra del aire en un filtro, las muestras se recogen haciendo pasar una cantidad conocida de aire a través de un filtro situado en el muestreador. La cantidad de materia particulada recogida se determina mediante la diferencia de peso antes y después del muestreo. Esta información se puede utilizar para evaluar la calidad del aire y para tomar medidas para reducir la exposición a partículas respirables peligrosas. • Zona de respiración: En términos simples es el espacio en torno a de la cara del operario, en una definición técnica sería, semiesfera de un radio de 0,3 metros que se encuentra delante del rostro del trabajador. Su centro se ubica en el punto medio del segmento entre los dos oídos y la base está formada por un plano que incluye la parte superior de la cabeza y la laringe. • Tren de Muestreo: conjunto compuesto por bomba de muestreo, manguera de conexión y cabezal de muestreo. 					

Reevaluaciones:
<ul style="list-style-type: none"> • Se debe realizar una reevaluación inmediatamente en el caso de cambios significativos en los factores determinantes de la exposición, como pueden ser el deterioro del equipo de ventilación o cambios sutiles en el modo de trabajo, que pueden pasar desapercibidos tanto para los trabajadores como para los evaluadores. • Se recomienda un intervalo anual para la reevaluación

Tabla 10. Procedimiento para la medición de material particulado, fracción respirable, mediante el método gravimétrico (Parte 2).

Equipo de medición	
Bomba de muestreo marca Criffer modelo Accura 3 Plus	Descripción del equipo
	<p>Bomba de muestreo digital programable utilizada para la toma de muestras y análisis de agentes químicos. La Accura en su tercera generación implementa un sistema de compensación de flujo para el control de pérdida de carga, asegura estabilidad ya que este es monitoreado y controlado en tiempo real.</p> <p>Ideal para la presente evaluación de material particulado de polvo de harina, ya que cumple con los requisitos del método de evaluación utilizado (NIOSH 0600).</p>
Características	
<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla digital en color • Muestra instantánea de compensación de carga (backpressure), caudal y tiempo de muestreo, • Rango de -flujo: de 0 a 5 l/min, que requiere el uso del reductor de caudal LF-500 para flujo hasta 5 l/min • Caudal y tiempos programables • Filtro externo CR-44 de protección del motor, que permite limpieza en el campo • Fuente de alimentación: Bivolt • Alta resistencia a EMI/RFI • Calibración digital de flujo, que no requiere llaves de ajuste • Alimentación: Batería Li-ion de 3.600 mAh • Sistema activo de compensación de flujo para hasta 70" de H2O • Alerta audible y visual de obstrucción • Sistema de seguridad de seguridad apagado automático • Dimensiones: 85 x 100 x 35 mm • Peso: 260g 	

Detalles del tren de muestreo



Figura 5. Bomba de muestreo marca Criffer modelo Accura 3 Plus.



Figura 6. Casete SC-300.



Figura 7. Soporte de casete SC-500



Figura 8. Ciclón de aluminio CL-700.



Figura 9. Membrana de PVC de 5 micras.



Figura 10. Calibrador para bomba marca Criffer, modelo CR 4.



Figura 11. Bomba gravimétrica marca Criffer modelo Accura 3 Plus y tren de muestreo para medición de polvo respirable.

Aparatos y material para la toma de muestra

- a) **Elemento de retención:** filtros de membrana de cloruro de polivinilo (PVC) de 37 mm de diámetro y 5,0 μm de tamaño de poro, es un dispositivo de filtración utilizado para recolectar una muestra de aire para su posterior análisis por el método gravimétrico. Este tipo de filtro se coloca en un casete de muestras y se utiliza para recolectar partículas respirables presentes en el aire.
- b) **Ciclón de aluminio CL-700:** dispositivo utilizado para separar partículas sólidas o líquidas de un flujo de aire o gas, este dispositivo se basa en el principio de que las partículas más pesadas en un flujo de aire o gas tendrán una mayor tendencia a caer hacia el fondo del ciclón debido a la fuerza gravitatoria. En este accesorio se depositan las partículas que no son de tamaño respirable.
- c) **Bomba de muestreo:** equipo diseñado para funcionar de manera continua durante el tiempo necesario para realizar la muestra. Su caudal debe mantenerse constante dentro de un margen del 5% del caudal establecido durante su calibración. Esto garantiza que se obtenga una muestra representativa del aire ambiental.
- d) **Mangueras:** para la conexión entre los diferentes aparatos.
- e) **Calibrador:** para bomba de muestreo modelo CR 4 marca Criffer
- f) **Casete de muestras:** dispositivo utilizado para recolectar una muestra de aire para análisis por el método gravimétrico. El casete de muestras consta de un filtro y un recipiente para almacenar el filtro después de la recolección de la muestra.

Calibración inicial en campo

Para la calibración del flujo de la bomba de muestreo Accura 3 Plus seguirá la normativa NIOSH 0600 que establece que para la medición de polvo respirable con ciclón de aluminio y filtro de PVC de 5,0 μm de tamaño de poro se establecerá un flujo de 2 l/min . A continuación, se detallarán los pasos a seguir:

1. Cargar la batería de la bomba durante 12 horas para que la bomba trabaje sin interrupción durante las horas de muestreo.

2. Armar el tren de muestreo compuesto por a), b), c), d) y e) y a la vez montar a presión el ciclón en el caset de tal manera de que quede perfectamente ajustado.
3. Remover la tapa del ciclón antes de su uso. Además, se debe inspeccionar detalladamente el interior del ciclón para verificar si existen suciedad o algún tipo de contaminación, y limpiarlo si es necesario, con el fin de evitar el arrastre de partículas de gran tamaño.
4. Verificar si el tren de muestreo presenta fugas.
5. Encender el calibrador digital modelo CR4
6. Encender la bomba de muestreo Accura 3 Plus y con las flechas seleccionar la opción flujo.
7. Observar la variación de flujo en la pantalla del calibrador.
8. Ajusta el porcentaje de flujo en la bomba de muestreo hasta que indique un flujo de 2 l/min en la pantalla del calibrador.
9. Una vez que se visualiza el flujo deseado en la pantalla del calibrador, colocar la opción “Selec” en la bomba y emparejar con el flujo mostrado en la pantalla del calibrador.
10. Presionar la tecla “Selec” y la bomba Accura 3 se encontrará calibrada.
11. Retirar calibrador CR4 del tren de muestreo.

Procedimiento de muestreo

1. Colocar la bomba en el cinturón y el ciclón en el cuello de la camisa del operador designado para el muestreo, de tal manera que el cabezal de muestreo quede cerca de la altura de su zona respiratoria. Es importante que el dispositivo se mantenga en posición vertical.
2. Informar al trabajador cuales son los propósitos del muestreo y los cuidados que deberán tener con respecto al tren de muestreo.
3. Iniciar el muestreo de material particulado poniendo la bomba en funcionamiento y anotar la hora de inicio y la persona evaluada.
4. Detener el funcionamiento de la bomba una vez finalizado el tiempo de muestreo y anotar la hora de término.

Transporte de muestras

Extraer los portafiltros del ciclón en el lugar donde se armaron los trenes de muestreo, o en el laboratorio donde serán analizados. Es importante tener en cuenta que el traslado de los trenes de muestreo desde el lugar de la evaluación hasta el sitio de instalación o al laboratorio de análisis, debe ser realizado en un recipiente especialmente diseñado para mantener los filtros en posición vertical durante el transporte.

Además, los portafiltros deben ser llevados en un contenedor específico que impida el contacto físico entre ellos. El transporte se debe realizar de tal manera que las superficies del filtro se mantengan siempre paralelas al plano horizontal.

Tipos de partículas a ser medidas

PM10: que son partículas suspendidas en el aire que tienen un diámetro aerodinámico inferior a 10 micrómetros (μm)


Unidades de medición

El peso del material particulado (P) recogida en el elemento de retención esta expresada en miligramos (mg).

Y el volumen de aire muestreado se encuentra expresado en litros por minuto (l/min).

Duración de la medición en base al Grupo de exposición similar			
Información de los puestos de trabajo			
Área	Puesto de trabajo	Número de trabajadores	Duración de la medición
Ensacado de Harina	Ensacador	1	2 horas
	Cosedor	1	
	Apilador	2	
	Operario de montacargas	1	
	Total	5	
Se establece un grupo de exposición similar formado por los operarios que están presente en el puesto de ensacado de harina.			
Días y horarios de medición			
Información de los puestos de trabajo			
Área	Número de medición	Fecha de medición	Horario de medición
Ensacado de Harina	Medición 1	28/12/2022	09:00 – 11:00
Ensacado de Harina	Medición 2	29/12/2022	09:00 – 11:00
Ensacado de Harina	Medición 3	30/12/2022	09:00 – 11:00
Recomendaciones			
Supervisar regularmente la medición para asegurarse de que la bomba esté funcionando adecuadamente, que todas las piezas del equipo estén colocadas correctamente, y que el ciclón se mantenga en una posición vertical.			
Responsables			
<ul style="list-style-type: none"> • Investigador encargado de realizar el presente proyecto de investigación. • Técnico encargado de realizar la medición: Técnico de la empresa Bioenergy Environment & Consulting S.A. encargado de manipular el instrumento de medición. 			
Normativas utilizadas			
<ul style="list-style-type: none"> • “Determinación De Materia Particulada(Fracciones Inhalable, Torácica Y Respirable) En Aire - Método Gravimétrico” MTA/MA – 014/A11. • NIOSH 0600 Muestreo de fracción respirable . 			

Tabla 11. Procedimiento de análisis de muestras.

Equipo de medición	
Balanza analítica AS 220.R2 PLUS	Descripción del equipo
	<p>La balanza modelo AS R2 PLUS es un aparato para peso analítico estándar.</p>
Características técnicas	
<ul style="list-style-type: none"> • Máxima capacidad 220 g • Mínima capacidad 10 mg • Legibilidad [d] 0,1 mg • División de legalización [e] 1 mg • Rango de tara -220 g • Repetibilidad estándar [5% Máx.] 0,07 mg • Repetibilidad estándar [Máx.] 0,08 mg • Porción mínima estándar (USP) 140 mg • Porción mínima estándar (U = 1%, k = 2) 14 mg • Repetibilidad permitida [5% Máx.] 0,09 mg • Repetibilidad permitida [Máx.] 0,1 mg • Linealidad $\pm 0,2$ mg • Tiempo de estabilización 2 s • Calibración interna (automática) 	
Aparatos y material para el análisis	
<p>Balanza analítica: equipo diseñado para pesar con una precisión mínima de 0,01 miligramos. Esto significa que es capaz de medir con una resolución de 1 o 10 microgramos, lo que equivale a 6 o 5 cifras de precisión, respectivamente. Esta alta sensibilidad permite realizar mediciones precisas de pequeñas cantidades de sustancias en laboratorios.</p> <p>Dispositivo diseñado para eliminar la electricidad estática: es utilizado para minimizar los efectos de la acumulación de cargas estáticas en ciertos elementos de retención. Esto puede ser importante en algunas aplicaciones, ya que la electricidad estática puede afectar negativamente a la calidad y la seguridad de los productos o procesos involucrados.</p> <p>Pinzas: estas deben tener las puntas planas y sin estrías en los bordes ya que deben ser herramientas diseñadas para evitar dañar los elementos de retención y reducir la acumulación de cargas electrostáticas al manejarlos.</p> <p>Guantes: diseñados para prevenir el contacto de la piel con los elementos de retención.</p>	
Método de ensayo	
<ul style="list-style-type: none"> • Colocar un filtro dentro de cada casete o portafiltros mediante el uso de pinzas específicas, antes de tomar las muestras. 	

- El conjunto casete/filtro se deja reposar en una cámara de humedad controlada durante un período mínimo de 24 horas.
- Encerar la balanza.
- Pesar el conjunto en una balanza con una precisión mínima de 10 µg, permitiendo que la lectura se establezca por 3 minutos.
- Registrar el peso obtenido como P1 y se relaciona con el casete/filtro mediante una referencia.
- Colocar el conjunto casete/filtro dentro del muestreador y llevar a cabo la toma de muestra según las instrucciones anteriormente especificadas.
- Finalizar la toma de muestra y dejar reposar el conjunto casete/filtro en la cámara de humedad controlada durante un período mínimo de 24 horas.
- Encerar la balanza.
- Volver a pesar el conjunto en la misma balanza utilizada anteriormente, permitiendo que la lectura se establezca por 3 minutos y registrar el peso obtenido (P2).
- Calcular el peso de polvo o materia particulada retenida en el casete/filtro se mediante la diferencia entre las dos pesadas, P2 y P1.

Cálculos

El peso de la materia particulada recogida en el elemento de retención se calcula mediante la diferencia entre el peso obtenido antes y después de la toma de muestra. Se expresa en miligramos y se obtiene restando el peso previo a la toma de muestra (P1) al peso posterior (P2), según lo indica la norma NIOSH 0600 [58].

$$C = \frac{(W2-W1)-(B2-B1)}{V} * 10^3 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ [58]}$$

Donde:

- C: Concentración de la materia particulada en aire
- W1: Peso del filtro en miligramos antes del muestreo
- W2: Peso del filtro que contiene la muestra, posterior al muestreo
- B1: Peso medio de los filtros en blanco
- B2: Peso medio posterior al muestreo de los filtros en blanco
- V: Volumen nominal muestreado con la bomba en metros cúbicos

Responsables

- Investigador encargado de realizar el presente proyecto de investigación.
- Técnico encargado de realizar la medición: Técnico de la empresa Bioenergy Environment & Consulting S.A. encargado de manipular el instrumento de medición.

Normativas utilizadas

- “Determinación De Materia Particulada(Fracciones Inhalable, Torácica Y Respirable) En Aire - Método Gravimétrico” MTA/MA – 014/A11.
- NIOSH 0600 Muestreo de fracción respirable .

2.7. Procesamiento y análisis de datos

Se detalla los resultados que se obtuvo una vez aplicadas las metodologías específicas. Las estimaciones que se utilizarán permitirán verificar si los muestreos y las técnicas de análisis propuestos para las mediciones son adecuados.

2.7.1. Procesamiento de datos del estudio inicial

Caracterización del riesgo por inhalación

Una vez obtenida la puntuación del riesgo por inhalación se procedió a realizar la caracterización. Cuando se presenta un riesgo moderado, se pueden implementar o mejorar las medidas de control existentes y luego evaluar si esto ha ayudado a reducir el riesgo. Si aún existe un nivel moderado de riesgo, se puede continuar la evaluación siguiendo la Norma UNE-EN 689 y considerar si se necesitan medidas adicionales y periódicas. Además, es importante verificar de manera regular el buen labor de las medidas de control implementadas.

Tabla 12. Caracterización del riesgo por inhalación [55].

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
>1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado
>100 < 1.000	2	Riesgo moderado
<100	3	Riesgo a priori bajo

2.7.2. Procesamiento de datos del estudio básico

2.7.2.1. Cálculo de resultados de las mediciones realizadas con instrumento de lectura directa

Se descargó la información recogida por el instrumento de medición directa, Microdust Pro con la ayuda del software Casella Insight y el cable USB incluido. Los datos del historial de concentración de polvo se revisaron y analizaron, permitiendo ver las fechas, horas y alcance de eventos especialmente las altas concentraciones. Además, las mediciones pueden ser almacenadas por persona o área, y que permite emitir informes con los datos relevantes para varias personas o lugares.

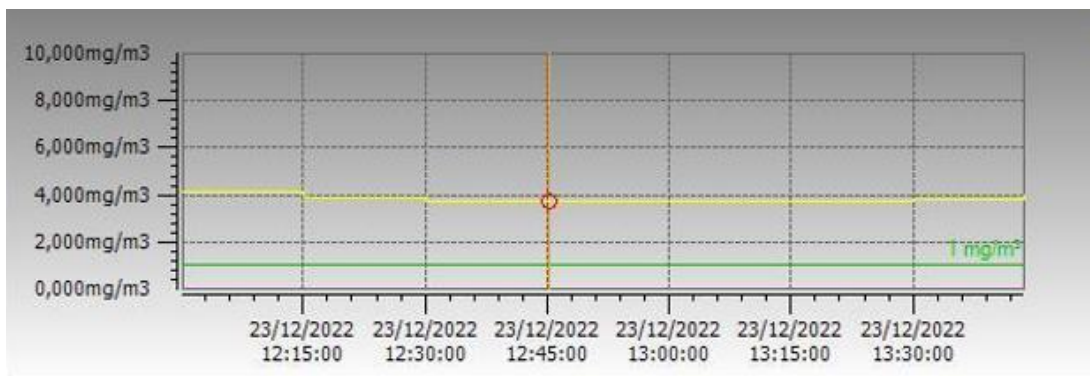


Figura 12. Resultado de la medición de concentración de material particulado en función del tiempo.

2.7.3. Procesamiento de datos del estudio detallado

Procedimiento para determinación de la incertidumbre de una medición gravimétrica

Determinación de la incertidumbre	
Definiciones	
Elemento de retención	Sustancia o material utilizado en el muestreador para retener la fracción de interés del aerosol para su posterior análisis.
Sesgo	La desviación se refiere a la diferencia entre los resultados obtenidos al aplicar un procedimiento de medición con respecto al valor aceptado como referencia.
Incertidumbre	Estimación del intervalo de valores en el que se ubica, generalmente, con una probabilidad determinada, el valor verdadero de la magnitud medida.
Elementos de retención en blanco	Estos elementos son similares en composición y forma a las muestras que se están analizando, pero no contienen la especie química de interés Los elementos de retención en blanco se pesan junto con las muestras y se utilizan para calcular la incertidumbre en el resultado del análisis, estos son utilizados para corregir la inestabilidad de la pesada
Normativa utilizada	La incertidumbre en una determinación gravimétrica se puede determinar siguiendo los criterios establecidos en la Norma ISO 15767 [60]. En una situación específica donde la determinación se realiza a través de la diferencia de pesadas, se puede corregir la inestabilidad utilizando elementos de retención en blanco.

Procedimiento de calculo	
Variación de peso del elemento de retención	<p>Diferencia entre la media de las pesadas inicial y final $P = (P2 - P1)$ Donde: P1= Valor medio de las tres pesadas iniciales del elemento del filtro de retención, en mg P2 = Valor medio del filtro de retención después de realizadas las muestras.</p>
Cálculo de la desviación típica	<p>Esta se calcula para cada lote de elementos de retención ensayados.</p> $S_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^F (P_i - \bar{P})^2}{F - 1}}$ <p>Donde: F = es el número de elementos de retención por lote Pi= Diferencia de peso de cada elemento de retención P= es el promedio de las variaciones de los elementos de retención.</p>
Cálculo de la desviación típica promediada	<p>Se calcula a partir de las desviaciones típicas de cada lote, con n-1 grados de libertad</p> $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^B S_{bi}^2}{B}}$ <p>Donde: S = desviación típica promediada B = número de lotes ensayados</p>
Determinación de la incertidumbre	<p>Esta se calcula aplicando elementos en blanco para aplicar la corrección</p> $U_w = \sqrt{S^2 * [1 + \left(\frac{1}{N_b}\right)]}$ <p>Donde: Uw = incertidumbre debida a la determinación gravimétrica Nb = Número de blancos en este caso son los 3 blancos utilizados para efectuar la corrección.</p>
Determinación de la incertidumbre expandida	$U = k * U_w$ <p>Donde: U = incertidumbre expandida asociada al método gravimétrico k = factor de cobertura, k=2, genera un intervalo de confianza del 95%</p>

2.7.3.1.Procedimiento para la validación de resultados y grupos de exposición similar

La normativa española UNE-EN 689:2019 indicó, que antes de poder verificar la conformidad de los resultados con los VLA, es necesario realizar una verificación de la precisión de cada medición, para asegurar su validez y así poder utilizar estas mediciones para validar los GES [24].

2.7.3.2.Validación de los resultados de la medición

Una vez que los resultados de las mediciones están disponibles, se los analizo con detenimiento. Es importante evaluar cada medición comparándola con la información recolectada durante la medición y con las demás mediciones en el GES. Si un resultado es inusualmente alto o bajo, se debe considerar la posibilidad de que sea el resultado de errores en el muestreo o el análisis, y si ese es el caso, debería ser descartado. Sin embargo, antes de eliminar una medición, es importante investigar cualquier anotación o información contextual relacionada con el equipo o el funcionamiento inadecuado, o el uso indebido en relación con la actividad, el muestreo o el análisis [24]. Si no es posible identificar una causa para la irregularidad, la medición no debe ser descartada. Si se descartan mediciones, puede ser necesario volver a realizar las mediciones para obtener un número suficiente de mediciones representativas para comparar con el VLA.

2.7.3.3.Validación del grupo de exposición similar

En esta etapa se revisaron los resultados de las mediciones; si el resultado es inusualmente alto o en relación considerarse la posibilidad de que se hayan generado errores de muestreo o de análisis y si este es el caso los resultados deben ser excluidos. Si las mediciones son excluidas es necesario repetirlas con el propósito de obtener mediciones representativas para la comparación con los VLA [24].

2.7.3.4.Prueba preliminar

Para la validación de los resultados se recolecto un mínimo de tres resultados, tal como indica la normativa UNE- 689 a continuación se presentan tres escenarios detallados para la determinación preliminar:

- a) Si todos los resultados obtenidos están por debajo de los siguientes límites:
 - 0,1 VLA para un conjunto de 3 mediciones del agente químico,

- 0,15 VLA para un conjunto de 4 mediciones del agente químico,
- 0,2 VLA para un conjunto de 5 mediciones del agente químico.

Entonces se considera que el límite de emisión no se ha superado y se declara: “Conformidad”.

b) Si alguno de los resultados obtenidos es mayor que el VLA, se considera que se ha superado el límite de emisión y se declara: “No conformidad”.

c) Si todos los resultados obtenidos están por debajo del VLA, pero un resultado supera los límites de:

- 0,1 VLA para un conjunto de 3 mediciones del agente químico,
- 0,15 VLA para un conjunto de 4 mediciones del agente químico,
- 0,2 VLA para un conjunto de 5 mediciones del agente químico.

No se puede concluir sobre la conformidad con el VLA, por lo tanto, se declara: “No decisión”. En esta situación, se deben realizar más mediciones (al menos seis en total) para calcular el intervalo de confianza de la probabilidad de superar el VLA.

2.7.3.5. Prueba estadística

Método gráfico para la validación del grupo de exposición similar

Se aplicó el análisis gráfico para evaluar la exposición, que consiste en plasmar los valores obtenidos de las mediciones de la concentración de material particulado en orden creciente sobre una representación gráfica utilizando una escala logarítmica.

En palabras de la Norma ISO 5479 “si una representación sobre este papel da un conjunto de puntos que parecen estar proyectados alrededor de una línea recta, esto suministra el soporte para asumir que la muestra puede razonablemente ser representada como que pertenece a la distribución ensayada” [61].

A continuación, se describió el procedimiento para aplicar el análisis gráfico:

1. Recolectar los datos de la exposición a agentes químicos en el lugar de trabajo (X_k).
2. Ordenar los datos en orden ascendente.
3. Calcular las probabilidades P_k utilizando la fórmula de la ecuación 1 [24], valor de probabilidad especificada en el documento.

$$P_k = (k - 3/8)/(n + 1/4) \quad (1)$$

Donde:

k = Número de medición

n = Número de mediciones

4. Representar los datos en un gráfico de probabilidad logarítmica, donde los valores medidos de exposición se representan en el eje horizontal y las probabilidades P_k en el eje vertical.

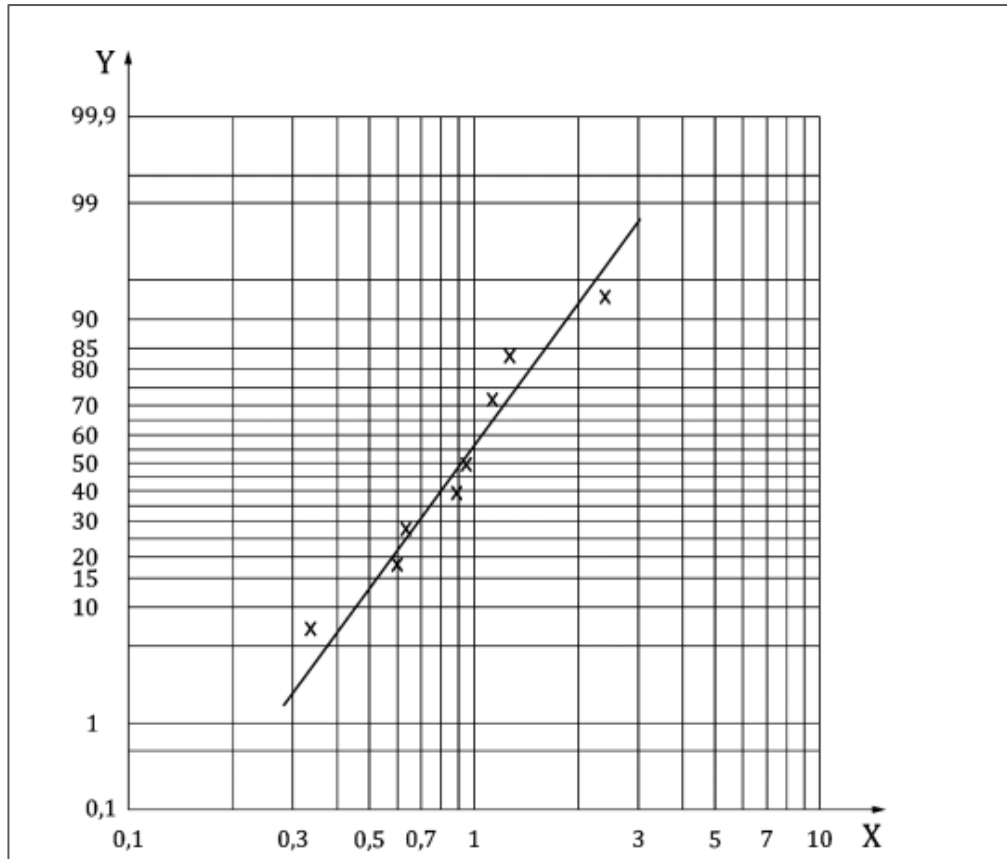


Figura 13. Nueve mediciones de exposición y sus valores de probabilidad [24].

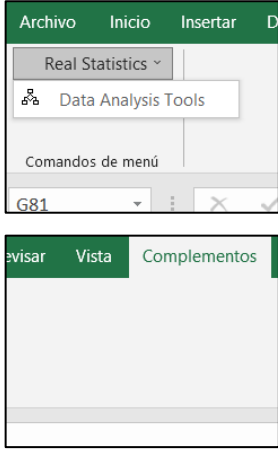
5. Examinar el gráfico para determinar si los datos se distribuyen de forma logarítmica normal.
6. Si el gráfico se ajusta a una recta, se puede concluir que a efectos prácticos es aceptable asumir que la distribución de los datos es logarítmica - normal.
7. En caso contrario, se deben considerar otras técnicas de análisis estadístico para evaluar la exposición.

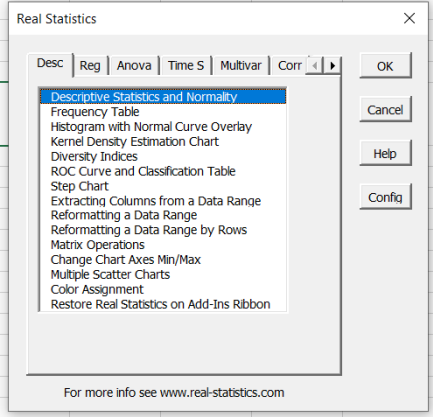
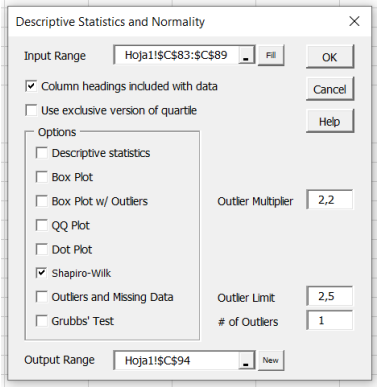
2.7.3.6. Método estadístico

Prueba de Shapiro y Wilk para la validación del grupo de exposición similar

Se aplicó la prueba de Shapiro y Wilk como lo recomienda la norma UNE-EN 689:2019+AC, para la aplicación de pruebas más rigurosas que comparen el ajuste de los resultados de la concentración a una exposición de distribución log-normal.

Tabla 13. Procedimiento para aplicar prueba de Shapiro y Wilk con la extensión Real Statistics de Excel.

Procedimiento para aplicar prueba de Shapiro y Wilk con la extensión Real Statistics de Excel.									
<p>La Normativa UNE-EN 689:2019+AC indica que se debe recolectar al menos seis datos de la exposición a agentes químicos en el puesto de trabajo [24]. Se aplicó la prueba de Shapiro y Wilk utilizando una hoja de cálculo en Excel y con la ayuda de la extensión Real Statistics.</p>									
Ordenar los datos de la concentración		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Concentración mg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15</td></tr> <tr><td>20</td></tr> <tr><td>25</td></tr> <tr><td>25</td></tr> <tr><td>30</td></tr> <tr><td>35</td></tr> </tbody> </table>	Concentración mg/m ³	15	20	25	25	30	35
Concentración mg/m ³									
15									
20									
25									
25									
30									
35									
Seleccionar la pestaña “Complementos”, Real Statistics y Data Analysis Tools.		 <p>The image shows two screenshots of the Microsoft Excel interface. The top screenshot displays the 'Real Statistics' and 'Data Analysis Tools' tabs on the ribbon, with the 'Data Analysis Tools' tab selected. The bottom screenshot shows the 'Complementos' (Add-ins) pane, which is used to manage installed and available add-ins.</p>							

<p>Seleccionar pestaña “Desc” opción “Descriptive Statics and Normalty” y ok.</p>											
<p>En la ventana “Descriptive Statics and Normalty” en “Input Range” seleccionar la columna donde se encuentran ordenados los valores de la concentración y en “Options” marcar únicamente la casilla “Shapiro-Wilk” y botón OK.</p>											
<p>Visualizar los resultados</p> <p>p-value = valor de probabilidad</p> <p>w-stat = valor estadístico de prueba</p> <p>Alpha = nivel de significancia</p>											
<p>Comparar el valor de probabilidad (p-value) con el nivel elegido (0,05)</p>	<table border="1" data-bbox="831 1384 1390 1579"> <thead> <tr> <th colspan="2">Concentración mg/m3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W-stat</td> <td>0,98176309</td> </tr> <tr> <td>p-value</td> <td>0,9599785</td> </tr> <tr> <td>alpha</td> <td>0,05</td> </tr> <tr> <td>normal</td> <td>yes</td> </tr> </tbody> </table>	Concentración mg/m3		W-stat	0,98176309	p-value	0,9599785	alpha	0,05	normal	yes
Concentración mg/m3											
W-stat	0,98176309										
p-value	0,9599785										
alpha	0,05										
normal	yes										
<p>Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, se accede a la hipótesis nula y se concluye que los datos son normales.</p>											

2.7.3.7. Prueba de conformidad con los VLA

La prueba que se utilizó para probar los resultados obtenidos de las mediciones con sus respectivos VLA es la recomendada en la norma UNE-EN 689:2019+AC y descrita en el informe “Interpretación estadística de los resultados de medida” que se basa en

la comparación del límite superior de confianza del 70% con el percentil 95 de la distribución de los resultados [62]. Si el LSC es más alto que el VLA, entonces hay una probabilidad inadmisiblemente de excederlo, si el LSC tiene un valor menor que el VLA, entonces la probabilidad de exceder el VLA es aceptablemente baja. Para llevar a cabo esta prueba se deben realizar al menos seis mediciones representativas de la exposición de los trabajadores en el GES.

Prueba de conformidad del grupo de exposición similar para al menos seis mediciones de la exposición

Se identificó que la distribución de resultados es log-normal, mediante la aplicación del método gráfico o método de Shapiro y Wilk se calculó la media geométrica (MG) y la desviación estándar geométrica (DSG) del conjunto de resultados obtenidos a través de las mediciones (x_i). Esto se realizó siguiendo las fórmulas específicas a continuación. Ecuación 2, fórmula de la media geométrica, Ecuación 3, fórmula de la desviación estándar geométrica [24].

$$\ln(MG) = \frac{\sum_1^n \ln(x_i)}{n} \qquad MG = e^{\frac{\sum_1^n \ln(x_i)}{n}} \qquad (2)$$

$$\ln(DSG) = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\ln(x_i) - \ln(MG))^2}{n-1}} \qquad DSG = e^{\sqrt{\frac{\sum_1^n (\ln(x_i) - \ln(MG))^2}{n-1}}} \qquad (3)$$

Donde:

- MG = Media geométrica
- x_i = Resultado de las mediciones de concentración
- n = Número total de mediciones
- DSG = Desviación estándar geométrica

Se calculó la variable U_R a partir de un conjunto de parámetros obtenidos a través de los resultados de medición, utilizando la Ecuación 4 [24] , específica a continuación.

$$U_R = \frac{\ln(VLA) - \ln(MG)}{\ln(DSG)} \quad (4)$$

Se comparó con el valor tabulado de U_T , que varía en función del número de resultados obtenidos, como se puede ver en la Tabla 14.

Tabla 14. Valores de U_T dependiendo del número de resultados de mediciones de la exposición [24].

Número de mediciones de la exposición	U_T	Número de mediciones de la exposición	U_T	Número de mediciones de la exposición	U_T
6	2,187	15	1,917	24	1,846
7	2,120	16	1,905	25	1,841
8	2,072	17	1,895	26	1,836
9	2,035	18	1,886	27	1,832
10	2,005	19	1,878	28	1,828
11	1,981	20	1,870	29	1,824
12	1,961	21	1,863	30	1,820
13	1,944	22	1,857		
14	1,929	23	1,851		-

Toma de decisión, una vez se comparó la variable U_R calculada, con el valor tabulado de U_T , se toma una decisión en base a los resultados obtenidos. Si el valor de U_R es igual o superior al de U_T , se considera que hay conformidad con el límite de exposición laboral (VLA). Por el contrario, si el valor de U_R es menor al de U_T , se concluye que hay no conformidad con el VLA.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Situación actual de la empresa

"Industrias Catedral S.A." es una empresa ecuatoriana con sede en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, que se especializa en la fabricación de productos como harina de trigo, fideos y velas. Fundada en 1956 como una empresa productora de velas para el consumo local, a lo largo de los años ha expandido sus operaciones para incluir la producción de fideos a mediados de los años 70, y luego la molienda, siempre comercializando sus productos bajo la marca Catedral desde sus inicios.

 INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	Datos informativos de la empresa	
Razón Social:	INDUSTRIAS CATEDRAL S.A	
Actividad principal:	Fabricación y distribución de afrecho, velas, fideos y harina	
Gerente General:	Javier Buenaño Gerente General	
Dirección principal:	Principal: Av. Rodrigo Pachano entre Batallón Montecristi y Cabo Primero Segundo	
Segunda planta:	Av. Bernardino Echeverría, sector parque industrial de Santa Rosa	
Teléfonos:	(03) 2854820	
Email:	ventas@industriascatedral	
Misión		Visión
“Ser los mejores productores en derivados del trigo, parafina y en la comercialización de productos de consumo masivo respaldados en un Sistema de Gestión de Calidad y con experiencia de más de 60 años”.		“Al 2022, se proyecta como una empresa competitiva en la elaboración y comercialización de productos de consumo masivo, con presencia en el mercado internacional e incorporando nuevos productos con valor agregado”.

3.2.Descripción de los procesos de producción

Diagrama de flujo del proceso de llenado, cocido, apilado y almacenado.

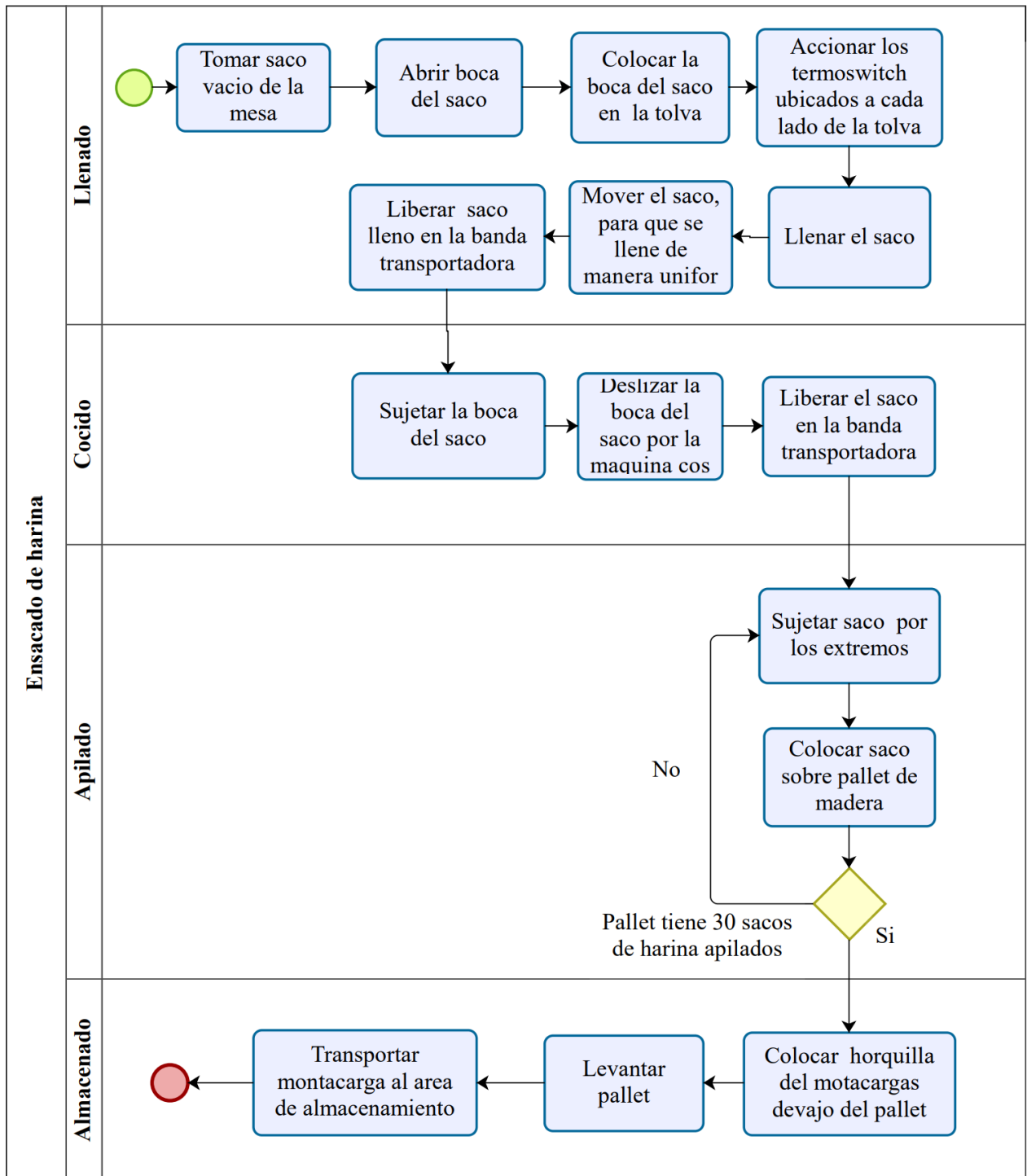


Figura 14. Diagrama de flujo de ensacado de harina.

3.2.1. Distribución del puesto de trabajo

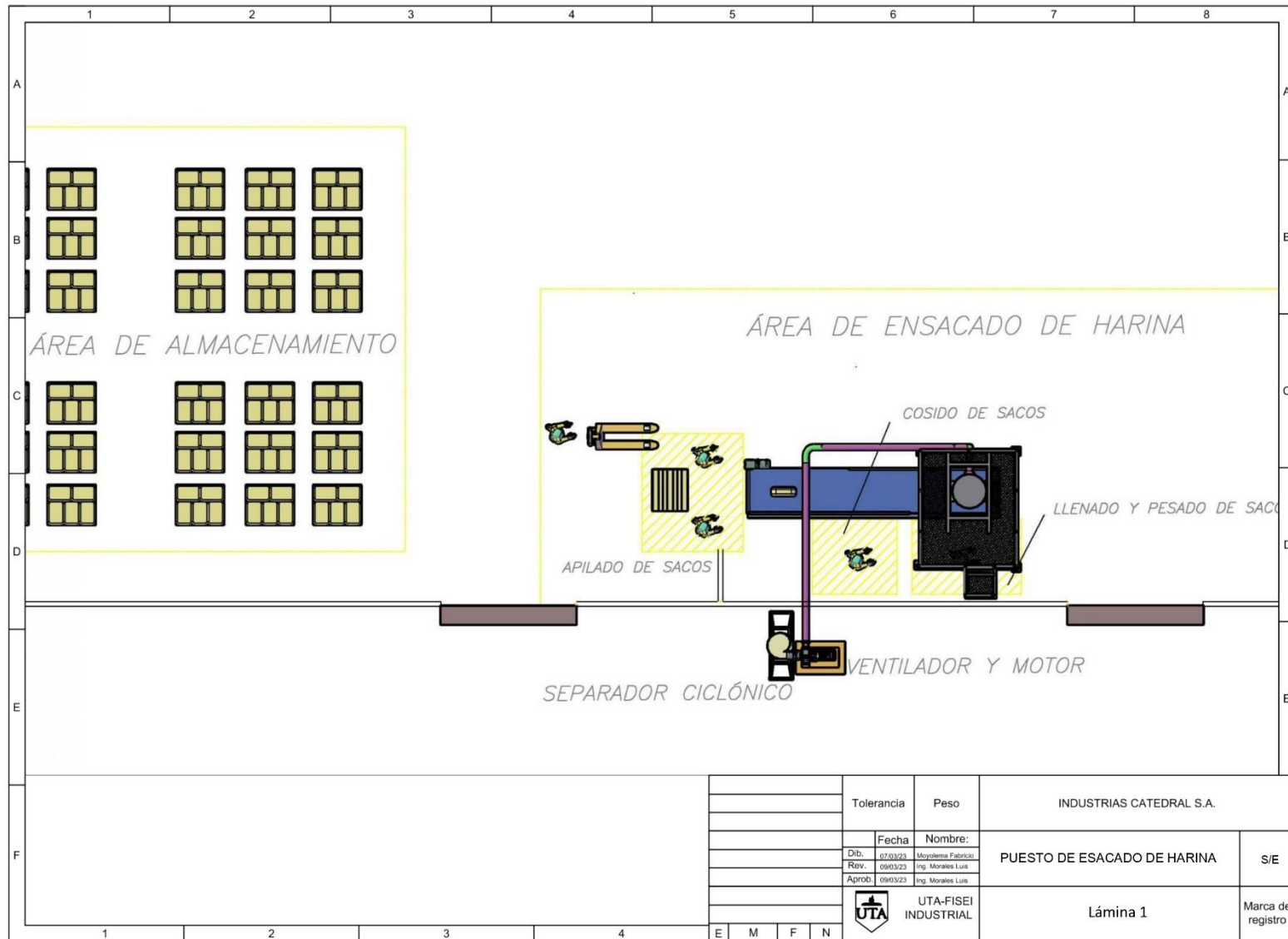


Figura 15. Distribución del puesto de trabajo.

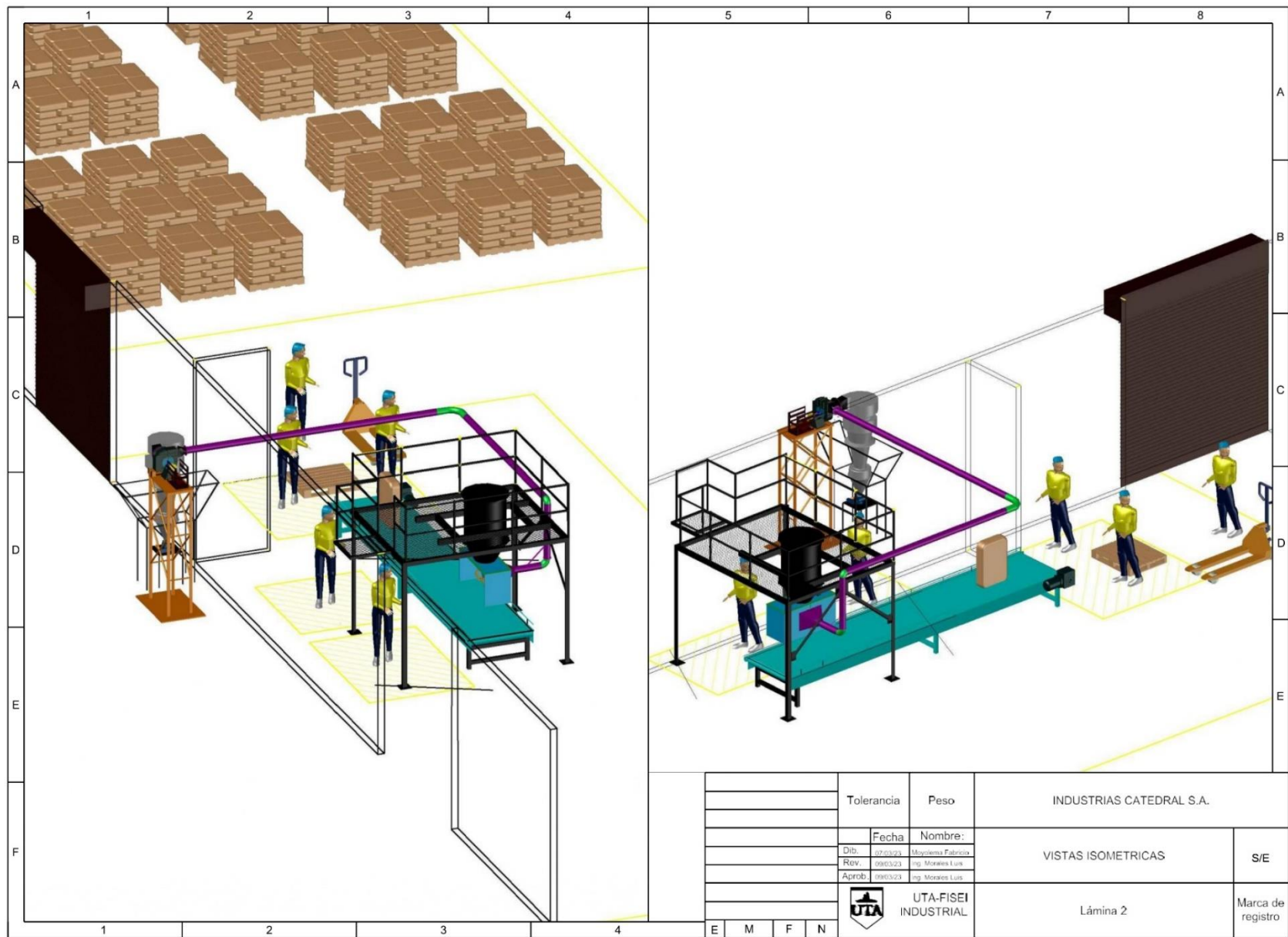








Figura 16. Vista isométrica del puesto de trabajo.




3.3. Análisis de las condiciones de trabajo del área de ensacado de harina

En la empresa “INDUSTRIAS CATEDRAL S. A”, existen máquinas, materiales y herramientas utilizados cuando se realizan las actividades del proceso productivo, determinando así las fuentes generadoras de material particulado, que afecta a los trabajadores. Por lo tanto, se realizó una ficha para el puesto de trabajo y así se logró identificar las tareas que realizan, las máquinas, herramientas, y las fuentes de riesgo.

Tabla 15. Ficha del área de ensacado de harina.



	Código:	ENSCD-01	Realizado por:	Investigador
	N.º de revisión:	01	Revisado por:	Ing. Luis Morales
	Fecha:	09-12-2022	Aprobado por:	Ing. Edwin García.
Área:	Ensacado de harina			
Número de trabajadores:	5 trabajadores			
Género del trabajador:	Masculino			
Jornadas de trabajo:	06:00 – 14: 00			
Posición de trabajo:	De pie			
Tipo de trabajo:	Móvil			
Localización:	El puesto de trabajo se encuentra en un área cerrada dentro de la planta de producción.			
Detalle de la exposición potencial de polvo de harina				
Cantidad de producto utilizada por día:	Cada saco lleva 49,80 Kg, se llena a una media de 150 sacos/hora y se trabaja 8 horas en la jornada laboral . Dando un valor promedio de 60.000 kilogramos de harina ensacados al día.			
Frecuencia de utilización del producto:	El trabajador está en contacto con el producto a lo largo de toda su jornada laboral.			
Clase de pulverancia del material particulado:	El material particulado de polvo de harina se presenta, en forma de polvo fino, el proceso de ensacado hace que este quede en suspensión y se deposite en la maquinaria y sobre el área de trabajo.			
Tipo de procedimiento del trabajo:	Procedimiento disperso.			



Clase de protección colectiva:		
Sistema de ventilación:	Sistema de extracción localizada:	
El puesto de trabajo no cuenta con la presencia de sistemas de ventilación mecánicos, posee una fuente de ventilación natural , puerta ubicada a 2 metros del área de trabajo.	La máquina ensacadora cuenta con un sistema de extracción de dos boquillas ubicadas una a cada lado de la tolva de llenado.	
Maquinaria y herramientas		
Nombre	Descripción	Registro fotográfico
Mesa vibratoria vertical	Se encarga de compactar la harina de manera uniforme dentro del saco.	
Ensacadora manual con bascula de peso neto	Pesa el producto antes de colocarlo en el saco, para garantizar una mayor precisión y velocidad de ensacado.	
Extractor de partículas suspendidas	Succiona partículas suspendidas en el área de trabajo hacia la tubería, estas pueden ser 5µm máx.	
Cocedora semi - automática	Maquina automática cose el extremo superior de los sacos, se acciona de manera automática con un sensor ubicado al inicio y corta el hilo sobrante con una cuchillada de manera automática.	

Montacargas	Dispositivo mecánico utilizado para mover pallets de madera en el área de almacenamiento.	
Banda transportadora	Desplaza los sacos desde el área de ensacado por el área de cocido y hacia el área de apilado.	
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> • El pesado del producto se realiza de manera automática, se pesa por encima de la tolva de llenado al peso seteado y luego se dosifica en el saco de boca abierta preparado por el operario. • Los extractores de material particulado cumplen con su trabajo hasta cierto punto, pero aún existe pérdida de material el mismo que se suspende en el ambiente de trabajo. • Existe una pérdida del 100 gr por acción de movimiento de bulto cuando se paletiza. • Los trabajadores presentes en el puesto de trabajo rotan cada 12 minutos o cada vez que se completa un pallet de 30 sacos. 	
Niveles de material particulado anteriormente medidos		
No existen datos		
Equipos de protección personal		
Equipo	Especificaciones	
Mascarilla	Respirador reutilizable de media cara 3M, con filtro 2097 contra material particulado y humos metálicos marca 3M	
Guantes	Guantes de protección industrial Jackson Safety G40, recubiertos con nitrilo.	
Lentes	Lente de Seguridad 3M - 11330, gris, antiempañante y antirayadura	
Orejeras	Orejeras modelo Peltor marca 3M de banda para Cabeza.	
Calzado de trabajo	Botas para trabajo industrial, punta de acero.	
Señalética de seguridad		
 <p>USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA</p>		

3.4.Ficha general de las condiciones del puesto de trabajo





Tabla 16. Condiciones de los puestos de trabajo

		Ficha general de las condiciones de los puestos de trabajo		
		Código : ENSCD-02	Realizado por: Investigador	
		Número de revisión:02	Revisor por: Ing. Luis Morales	
		Fecha: 09/12/2022	Aprobado por: Ing. Edwin García.	
Tareas				
Operario	Proceso	Maquinaria utilizada	Detalle de fuente emisora de material particulado	Registro fotográfico
Ensacador	<ul style="list-style-type: none"> Colocar el saco en la boca de la maquina ensacadora y a la vez accionar con las dos manos los termoswitch ubicados a cada lado de la máquina. Recargar el cuerpo contra el saco para permitir que la mesa vibratoria vertical haga contacto con el saco y que así el producto ingrese de manera uniforme. Llenar el saco hasta que alcance el peso seteado. Liberar el saco sobre la banda transportadora. Guiar el saco sobre la banda transportado hacia la línea de cocido. 	<ul style="list-style-type: none"> Ensacadora manual Mesa vibratoria vertical Extractor de partículas suspendidas Banda trasportadora 	<ul style="list-style-type: none"> A la vez que cae el producto dentro del saco el polvo de harina se escapa por los extremos del saco que no alcanzan a sujetar las mordazas, el polvo de harina se suspende en el aire, también se pierde material debido a las características porosas del saco. Se abren automáticamente las mordazas y la bolsa cae sobre la banda transportadora, en este proceso se puede evidenciar que una pequeña cantidad de material resultante del proceso de llenado se libera al ambiente debido a la rapidez de la liberación del saco sobre la banda transportadora. 	

Cocedor	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar los extremos de la boca superior del saco. • Guiar el extremo superior del saco a lo largo de la línea de cocido que se acciona de manera automática por medio de un sensor que detecta la presencia del saco. • Liberar el saco sobre la banda transportadora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cocedora semi automática • Banda transportadora 	El material particulado que se encuentra en las paredes del saco, se suspende en el ambiente debido al movimiento efectuado por la maquina cocedora.	
Apiladores	<ul style="list-style-type: none"> • Sujetar el saco por sus extremos y colocar el saco sobre un pallet de madera. • Repetir el proceso de apilado y disponer los sacos en un arreglo de 30 sacos por pallet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Banda transportadora 	Existe una pérdida del 100 gr por manipulación del bulto mientras es paletizado.	
Conductor de montacargas	<ul style="list-style-type: none"> • Manipula el montacargas para transportar el pallet lleno al área de almacenamiento. • Colocar pallet de madera vacío en el área de apilado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Montacargas 	Existe una mínima perdida de material particulado en el proceso de manipulación del montacargas.	

3.5.Descripción del proceso generador de la fuente de material particulado

Tabla 17. Fuentes generadoras de material particulado

Descripción del proceso generador de la fuente de material particulado	
	Código : ENSCD-03 Realizado por: Investigador
	Número de revisión: 01 Revisor por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 09/12/2022 Aprobado por: Ing. Edwin García.
Fuentes generadoras	
Registro fotográfico	Descripción
	<p>La manera en la que se incorpora el material particulado al proceso es en forma de pulverización y voladura.</p> <p>El material particulado de polvo de harina se incorpora en forma de una nube de polvo a los lados de la tolva de llenado, a través de las aberturas que quedan expuestas por las mordazas que sujetan el saco.</p>
	<p>A pesar de que existe un sistema de extracción localizado en la máquina, este no es suficiente para capturar las nubes de polvo generadas por el proceso de ensacado.</p>
	<p>La segunda forma en la que se incorpora el polvo de harina al ambiente es después de que se termina el llenado del saco, una nube de polvo sobrante del dosificado de harina, cae por la tolva hacia la banda transportadora.</p> <p>El proceso como se incorpora el material particulado es en forma de pulverización y voladura.</p>

3.6. Resultados obtenidos de la estimación inicial


	Resultado de la evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación																																	
	Código: EV-INC-01		Realizado por: Investigador																															
	Número de revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales																															
	Fecha: 11-01-2023		Aprobado por: Ing. Edwin García																															
Norma de referencia:	NTP 937 “Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación. Método basado en el INRS”																																	
Agente químico:	Polvo de harina																																	
Se realizó la valoración en función de los datos especificados en la Tabla 18 . Ficha del área de ensacado de harina.																																		
Asignación de las calificaciones en la evaluación inicial																																		
Tabla clase de cantidad																																		
Se selecciono la clase 5 dado que la cantidad de material utilizada al día por los operarios en el proceso de ensacado de harina, supera los 1000 Kg																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Clase de cantidad</th> <th style="width: 60%;">Cantidad/día</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>< 100 g ó ml</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>≥ 100 g ó ml y < 10 Kg ó l</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>≥ 10 y < 100 Kg ó l</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>≥ 100 y < 1000 Kg ó l</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d4af37;">5</td> <td style="background-color: #d4af37;">≥ 1000 Kg ó l</td> </tr> </tbody> </table>					Clase de cantidad	Cantidad/día	1	< 100 g ó ml	2	≥ 100 g ó ml y < 10 Kg ó l	3	≥ 10 y < 100 Kg ó l	4	≥ 100 y < 1000 Kg ó l	5	≥ 1000 Kg ó l																		
Clase de cantidad	Cantidad/día																																	
1	< 100 g ó ml																																	
2	≥ 100 g ó ml y < 10 Kg ó l																																	
3	≥ 10 y < 100 Kg ó l																																	
4	≥ 100 y < 1000 Kg ó l																																	
5	≥ 1000 Kg ó l																																	
Tabla clase de frecuencia																																		
Se selecciona la clase 4 dado que la frecuencia con la que se utiliza el agente químico al día es mayor a 8 horas.																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Utilización</th> <th style="width: 20%;">Ocasional</th> <th style="width: 20%;">Intermitente</th> <th style="width: 20%;">Frecuente</th> <th style="width: 25%;">Permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d4af37;">Día</td> <td style="background-color: #d4af37;">≤ 30'</td> <td style="background-color: #d4af37;">> 30 - ≤ 120'</td> <td style="background-color: #d4af37;">> 2 - ≤ 6 h</td> <td style="background-color: #d4af37;">> 6 horas</td> </tr> <tr> <td>Semana</td> <td>≤ 2 h</td> <td>> 2-8 h</td> <td>1-3 días</td> <td>> 3 días</td> </tr> <tr> <td>Mes</td> <td>1 día</td> <td>2-6 días</td> <td>7-15 días</td> <td>> 15 días</td> </tr> <tr> <td>Año</td> <td>≤ 15 días</td> <td>> 15 días - ≤ 2 meses</td> <td>> 2 - ≤ 5 meses</td> <td>> 5 meses</td> </tr> <tr> <td>Clase</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </tbody> </table>					Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente	Día	≤ 30'	> 30 - ≤ 120'	> 2 - ≤ 6 h	> 6 horas	Semana	≤ 2 h	> 2-8 h	1-3 días	> 3 días	Mes	1 día	2-6 días	7-15 días	> 15 días	Año	≤ 15 días	> 15 días - ≤ 2 meses	> 2 - ≤ 5 meses	> 5 meses	Clase	1	2	3	4
Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente																														
Día	≤ 30'	> 30 - ≤ 120'	> 2 - ≤ 6 h	> 6 horas																														
Semana	≤ 2 h	> 2-8 h	1-3 días	> 3 días																														
Mes	1 día	2-6 días	7-15 días	> 15 días																														
Año	≤ 15 días	> 15 días - ≤ 2 meses	> 2 - ≤ 5 meses	> 5 meses																														
Clase	1	2	3	4																														

Tabla de exposición potencial

Una vez obtenidas las clases de cantidad y frecuencia se cruzan los valores y se tiene como exposición potencial 5.

Clase de cantidad						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Clase de frecuencia

Tabla clase de peligro

Se obtuvo una clase de peligro 3, dado que el VLA especificado para polvo de harina 4 mg/m^3 es mayor que uno y menor que 10 mg/m^3

Clase de peligro	VLA mg/m^3	Materiales y procesos
3	>1 ≤ 10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes

Tabla clase de riesgo

Se cruzo los valores obtenidos en la clase de exposición y clase de peligro y se tiene una clase de riesgo 4 .

Exposición potencial						
5	2	3	4	5	5	
4	1	2	3	4	5	
3	1	2	3	4	5	
2	1	1	2	3	4	
1	1	1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	Clase de peligro

Puntuación de la clase de riesgo potencial

La puntuación de riesgo potencia fue 1.000 en base a la clase de riesgo potencial obtenida.

Clase de riesgo potencial	Puntuación de riesgo potencial
5	10.000
4	1.000
3	100

Tabla clase de volatilidad o pulverulencia.

Se escogió una clase de volatilidad 3, dado las características del químico.

Descripción del material sólido	Clase de pulverulencia
Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (p.e. azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (p.e. azúcar consistente cristalizada).	2
Material en pastillas, granulado escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1


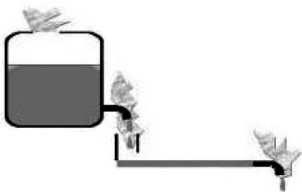
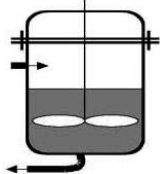
Puntuación de la clase de pulverulencia

La puntuación volatilidad o pulverulencia fue 3 en función de la clase de volatilidad obtenida

Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
3	100
2	10
1	1





Puntuación del procedimiento de trabajo

La puntuación del procedimiento fue 1 dado la condición del procedimiento del proceso.

Dispersivo	Abierto	Cerrado permanente
 <p>Ejemplos: Pintura a pistola, taladro, muela, vaciado de sacos a mano, de cubos, etc.</p>	 <p>Ejemplos: Conductos del reactor, mezcladores abiertos, pintura a brocha, a pincel.</p>	 <p>Ejemplos: Reactor químico.</p>
Puntuación de procedimiento		
1	0,5	0,001

Puntuación de protección colectiva

Se obtuvo una clase 2 con una puntuación 0,1 en la puntuación de protección colectiva, dadas las características de las protecciones instaladas en el puesto de trabajo.

Campana superior	Rendija de aspiración	Mesa con aspiración	Aspiración integrada a la herramienta
			
Clase 2, puntuación = 0,1			

Puntuación del factor de corrección en función del VLA

Dado que el VLA establecido para polvo de harina es mayor que 0,1 se obtuvo una puntuación de 1

VLA	FC _{VLA} A
VLA > 0,1	1
0,01 < VLA ≤ 0,1	10
0,001 < VLA ≤ 0,01	30
VLA ≤ 0,001	100

Cálculo de la puntuación del riesgo por inhalación

$$P_{inh} = P_{\text{riesgo pot}} * P_{\text{pulverulencia}} * P_{\text{procedimieto}} * P_{\text{protec colec}} * FC_{VLA}$$

$$P_{inh} = 1.000 * 100 * 1 * 0,1 * 1$$

$$P_{inh} = 10.000$$

Caracterización del riesgo por inhalación

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado
>100 < 1.000	2	Riesgo moderado
<100	3	Riesgo a priori bajo

Resumen								
Producto químico	Clase de riesgo potencial		Clase de volatilidad		Clase de procedimiento		Protección Colectiva	
	Clase	Puntuación	Clase	Puntuación	Clase	Puntuación	Clase	Puntuación
Polvo de harina	4	1.000	3	100	4	1	2	0,1

Evaluación cualitativa de riesgo químico por inhalación					
Producto Químico	Clase de riesgo potencial	Clase de volatilidad	Clase de procedimiento	Protección colectiva	Factor de corrección con VLA
	Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación	
Polvo de harina	1.000	100	1	0,1	1

Puntuación del Riesgo	Comparación	Prioridad de acción
10.000	10.000 > 1.000	1

Caracterización del riesgo	Riesgo probablemente muy elevado
----------------------------	----------------------------------

3.6.1. Análisis de los resultados obtenidos de la estimación inicial

Se identifico las características relevantes del puesto de trabajo, que ayudaron en la determinación de las puntuaciones en la estimación inicial del riesgo, entre estas se observa que el puesto de trabajo se encuentra localizado en un lugar cerrado dentro de la fábrica, existe únicamente una fuente de ventilación natural de aire, producida mediante una puerta de embarque de material ubicada a dos metros del puesto, esto genera una puntuación de 0,1 unidades en el apartado de puntuación de protección colectiva.

La cantidad de producto ensacada al día se encuentra en un promedio de 60.000 kilogramos, la frecuencia a la que están en contacto los trabajadores con el agente químico es permanente a lo largo de la jornada esto género como resultado un valor de 5 unidades en la tabla de exposición potencial. La clase de pulverulencia del material se presenta en forma de polvo fino, que puede quedar en suspensión, dando

un valor de 3 unidades en la tabla de pulverulencia y un valor de 1 unidad en la tabla de puntuación del procedimiento de trabajo.

Se identifico que ya existe un control en la persona, los trabajadores están equipados con guantes de protección, lentes de seguridad, orejeras y respiradores de media cara equipados con filtros, específicos para partículas, a lo largo de la jornada laboral, por la alta pulverulencia de harina generada en el proceso.

La evaluación cualitativa inicial del riesgo por inhalación, dio como resultado una puntuación de 10.000 unidades. El valor que se obtuvo, supero el referencial de 1.000 unidades que establece la normativa, por lo que la prioridad de acción es de nivel 1. Es indica que existe la presencia de un riesgo muy elevado en el puesto de trabajo. Las acciones a tomar son la implementación de medidas correctoras inmediatas y el desarrollo de un estudio básico y detallado.

3.6.2. Discusión de los resultados obtenidos de la estimación inicial

En esta primera fase, se realiza la estimación inicial del riesgo por inhalación de material particulado, por medio de la evaluación cualitativa y simplificada, aplicando el método basado en El Instituto Nacional Francés de Investigación y Seguridad para la Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales (INRS), se identificaron las características propias del puesto de trabajo y utilización del agente químico, para así asignar calificaciones a las diferentes variables establecidas en la norma, se procede al calculo de las puntuaciones obtenidas para determinar el nivel de acción que se debe tomar.

Los resultados muestran que el cálculo obtenido del riesgo por inhalación al polvo de harina en los trabajadores es elevado, dando como resultado un valor de 10.000 unidades, este resultado es significativamente alto y genera una medida de acción correctora inmediata. Estos valores son comparados con la investigación hecha en el área de preparación de color de pinturas Unidas [63], dado que las dos investigaciones utilizan la normativa INRS para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación.

Los resultados obtenidos en las tablas donde se califica la frecuencia, cantidad de uso y dispersión del agente químico, en las dos investigaciones son elevadas, dado que en estas la utilización del agente químico es constante, se manipula a lo largo de toda la jornada laboral y su dispersión en el puesto de trabajo es elevada. Se llega a la

conclusión de que, estas tres variables disparan, los valores finales obtenidos en la evaluación, independientemente del proceso productivo analizado, la calificación de la evaluación cuantitativa generara como acción correctora un grado de nivel 1.

3.7. Resultados obtenidos del estudio básico

	Ficha registro fotográfico de medición de material particulada de polvo de harina- Instrumento de medición directa	
	Código: MEDMP-DRT- 01	Realizado por: SESACO S.A.
	Número de revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 09-12-2022	Aprobado por: Ing. Edwin García
Instrumentos: Instrumento de medición directa	Marca: Casella Cell	Modelo: MicroDust Pro
Área de Trabajo:	Ensacado de harina	
Procedimiento	Registro fotografico	
Armar el kit de muestreo con el accesorio Dust Detective especial para medir polvo.		
Calibrar el instrumento In-Situ seleccionando las opciones en la pantalla del configuración. Ubicar el instrumento MicroDust Pro de Casella Cell, cerca de la fuente generadora de material particulado. Programar el tiempo de medición para 8 horas.		
Supervisar la medición Al terminar el periodo de medición se puede observar el registro de datos almacenados de manera continua en a pantalla del instrumento, o su vez se puede ingresar al programa para descargar los datos al ordenador.		

3.7.1. Concentración de material particulado PM 2,5

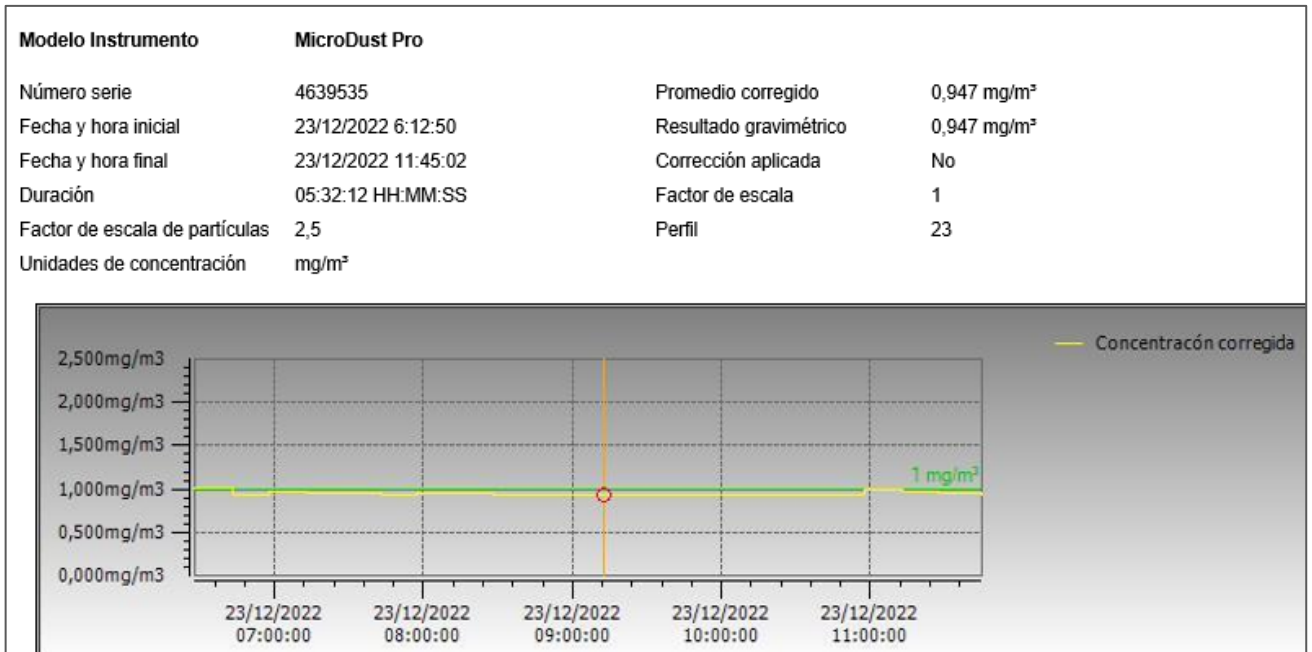


Figura 17. Gráfico concentración de material particulado PM 2,5 a lo largo de la jornada laboral [64].

3.7.2. Concentración de material particulado PM 10

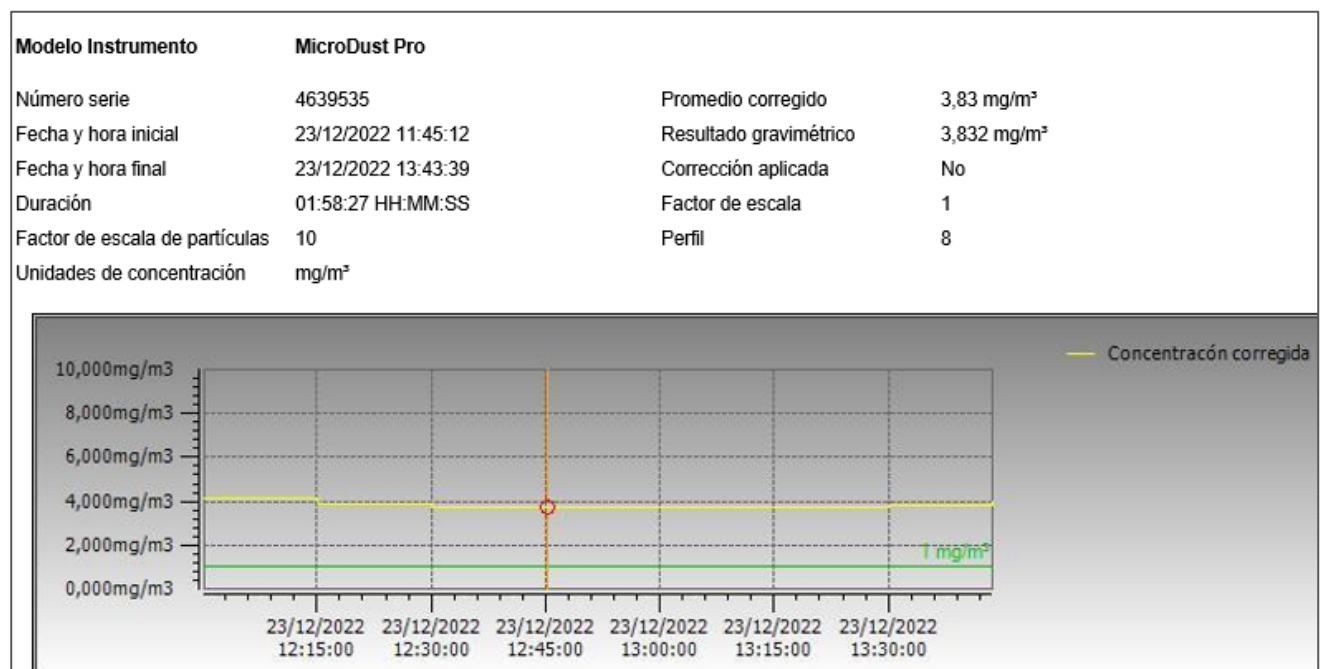


Figura 18. Gráfico concentración de material particulado PM 10 a lo largo de la jornada laboral [60].

3.7.3. Resumen de mediciones realizadas con instrumento de medición directa.

Tabla 19. Resultados mediciones realizadas por la empresa SESACO Seguridad Industrial S.A. [64].

Puesto de trabajo	Resultados	
	PM2,5	PM10
Ensacado de harina	0.947 mm/m ³	3.83 mm/m ³

3.7.4. Análisis de los resultados obtenidos del estudio básico.

En este estudio, se evaluó la concentración de material particulado en el área de ensacado de harina, utilizando un método de medición directa. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 17 y 18, donde se observa la concentración del agente químico en mg/m^3 sobre el eje de las ordenadas y el tiempo sobre el eje de las abscisas.

Como resultado se obtuvo una concentración constante de partículas PM2,5 y PM10 durante de las ocho horas que dura la jornada laboral, en esta fase del estudio estas mediciones únicamente servirán para realizar una valoración general del patrón de exposición, la variabilidad de la exposición en el tiempo y las condiciones existentes en el puesto de trabajo. Con estos resultados se observó que el patrón de exposición a material particulado en el tiempo no se ve afectado por la variación del diámetro de las partículas.

Según la normativa UNE-EN 689:2019 [24], una distribución constante del agente químico a lo largo del tiempo significaría, que los procesos, técnicas, actividades y tareas, así como las cargas de trabajo, la tasa de actividad o producción dentro del puesto de trabajo es desarrollado bajo condiciones constantes. Esto implica que la exposición de los trabajadores a agentes químicos se mantiene estable durante un largo periodo.

Esta medición reflejo las condiciones propias de un puesto que se dedica a la producción industrial en serie, ya que los procesos, tecnologías y parámetros utilizados, así como el tipo, cantidad de agentes químicos, el grado de uso de la instalación y las condiciones ambientales, se repiten diariamente y permanecen estables a lo largo del tiempo.

3.7.5. Discusión de resultados obtenidos del estudio básico


En esta segunda fase, se realiza el estudio básico de la concentración de material particulado, por medio de la medición con instrumentos de lectura directa que presenta un registro de los datos en continuo a lo largo del tiempo. Los resultados obtenidos en esta fase del estudio servirán únicamente para poder elegir el tipo de muestreo que mejor se adapte a las condiciones del puesto de trabajo según lo especifica la normativa UNE-EN 689:2019 [24].




Los resultados muestran un patrón constante de exposición a material particulado a lo largo de la jornada laboral, esto refleja los procesos, técnicas y actividades de trabajo constantes, propias de un puesto de trabajo que se dedica a la producción industrial en serie, como lo es el ensacado de harina.

Se concluye que en los procesos productivos cuya actividad debe adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto, el patrón de concentración obtenido será disperso a lo largo de la jornada laboral. Un ejemplo de patrón disperso, se da en la exposición a agentes químicos en el proceso productivo industrial carroceros [65], donde los trabajadores no se encuentran en un lugar fijo para realizar sus labores, además de que utilizan procesos, materiales y tecnologías diferentes lo largo de la jornada laboral.

La exposición a patrones de concentración variables puede dificultar la evaluación precisa del riesgo, ya que los niveles de exposición pueden variar significativamente a lo largo del tiempo y pueden ser difíciles de medir. Además, la exposición intermitente puede provocar efectos acumulativos en el cuerpo del trabajador, lo que puede aumentar el riesgo de enfermedades crónicas a largo plazo [65].

3.8. Resultados obtenidos del estudio detallado

	Ficha registro fotográfico de medición de material particulada de polvo de harina	
	Código: MEDMP-GRV- 01	Realizado por: Bioenergy Environment & Consulting S.A.
	Número de revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 09-12-2022	Aprobado por: Ing. Edwin García
Instrumentos: Bomba de muestreo	Marca: Criffer	Modelo: Accura 3 Plus

Área de Trabajo:	Ensacado de harina
Condiciones ambientales:	Temperatura de 17.74 °C, 40% de humedad relativa, velocidad de aire 0.15 m/s
Procedimiento	Registro fotográfico
Colocar la bomba de muestreo y sus accesorios en un lugar con condiciones de temperatura y humedad constantes, para su posterior armado y calibración In-Situ,	
Extraer una membrana de PVC de su contenedor, se destaca que esta membrana ya ha sido pesada previamente en una balanza de precisión.	
Colocar la membrana de PVC en el interior del casete SC-300	

Colocar el casete con la membrana en el soporte para casete SC-500.



Armar el tren de muestreo y se conecta el calibrador para bomba de muestreo marca Criffer CR 4. Se procede a calibrar el flujo de aire que circula por la bomba a 2 l/min, según lo establece la normativa NIOSH 0600.





Una vez calibrado el caudal de aire, se sujeta la bomba de muestreo a la ropa del trabajador, teniendo en cuenta que el casete quede dentro de un radio de 30 cm con relación a la nariz del trabajador.




Configurar el tiempo a ser muestreado por la bomba, en este caso 2 horas, según lo establece la normativa UNE-EN: 689-2019.



<p>Supervisar al operario durante el periodo de medición para detectar posibles bloqueos en las mangueras del tren de muestreo o desconexión de las mismas.</p>	
<p>Una vez finalizado el periodo de medición se retira el tren de muestreo y se almacena el casete con el filtro cargado, en un recipiente que asegure su transporte.</p>	

3.8.1. Resultados de las mediciones realizadas empleando el método gravimétrico

Tabla 20. Ficha de registro primeras mediciones

 INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	Ficha registro de medición de material particulada de polvo de harina					
	Código: MEDMP-GRV- 01			Realizado por: Bioenergy Environment & Consulting S.A.		
	Número de revisión: 01			Revisado por: Ing. Luis Morales		
	Fecha: 09-12-2022			Aprobado por: Ing. Edwin García		
Instrumentos: Bomba de muestreo		Marca: Criffer		Modelo: Accura 3 Plus		
Área de Trabajo:			Ensacado de harina			
Condiciones ambientales:			Temperatura de 17.74 °C, 40% de humedad relativa, velocidad de aire 0,15 m/s			
Valores medidos						
Número de muestra	Fecha	Periodo de muestreo	Polvo medido (mg/m ³)	Incertidumbre ±	Polvo (1) (mg/m ³)	Exposición diaria 8h (ED)
1	28/12/2022	09:00- 11:00	25,0	0,008	25,008	25,008
2	29/12/2022	09:00- 11:00	25,0	0,008	25,008	25,008
3	30/12/2022	11:00-13:00	15,0	0,008	15,008	15,008

3.8.2. Prueba preliminar

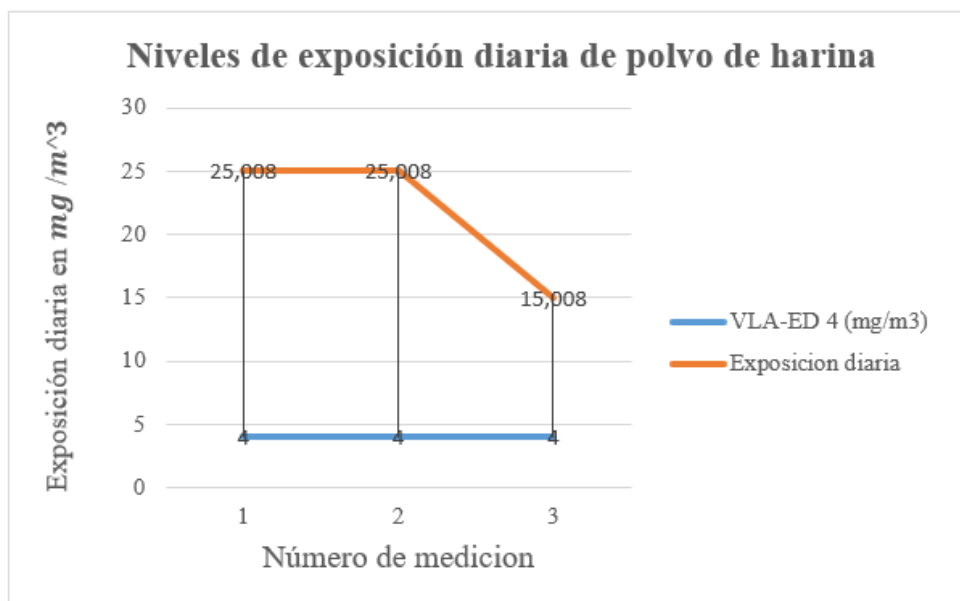



Figura 19. Niveles de exposición diaria de polvo de harina.


Tabla 21. Resultado de exposición a polvo de harina prueba preliminar.

		Resultado de exposición a polvo de harina		
		Código: COMP-01		Realizado por: Investigador
		Número de revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales
		Fecha: 11-01-2023		Aprobado por: Ing. Edwin García
Área de Trabajo:		Ensacado de harina		
VLA-ED de polvo de harina	Valor límite para 3 mediciones	Exposición diaria de polvo de harina (mg /m ³)	Comparación	Conclusión
4 mg /m ³	< 0.1 *VLA	25	25 > 0,4 mg /m ³	Medición 1 supera VLA-ED
4 mg /m ³	< 0.1* VLA	25	25 > 0,4 mg /m ³	Medición 2 supera VLA-ED
4 mg /m ³	< 0.1 *VLA	15	15 > 0,4 mg /m ³	Medición 3 supera VLA-ED
Decisión:			No conformidad	

3.8.3. Prueba estadística

3.8.3.1. Método gráfico para la validación del grupo de exposición similar

Tabla 22. Ficha de registro mediciones adicionales para prueba de conformidad.

 <p>INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.</p>	Ficha registro de medición de material particulada de polvo de harina					
	Código: MEDMP-GRV- 02		Realizado por: Bioenergy Environment & Consulting S.A.			
	Número de revisión: 02		Revisado por: Ing. Luis Morales			
	Fecha: 09-01-2023		Aprobado por: Ing. Edwin García			
Instrumentos: Bomba de muestreo	Marca: Criffer		Modelo: Accura 3 Plus			
Área de Trabajo:		Ensacado de harina				
Condiciones ambientales:		Temperatura de 17.74 °C, 40% de humedad relativa, velocidad de aire 0.15 m/s				
Valores medidos						
Número de muestra	Fecha	Periodo de muestreo	Polvo medido (mg/m^3)	Incertidumbre \pm	Concentración de polvo (1) (mg/m^3)	Exposición diaria 8h (ED)
1	09/01/2023	07:00- 9:00	35,0	0,008	35,008	35,008
2	10/01/2023	9:00- 11:00	30,0	0,008	30.008	30.008
3	11/01/2023	11:00-13:00	20,0	0,008	20.008	20.008

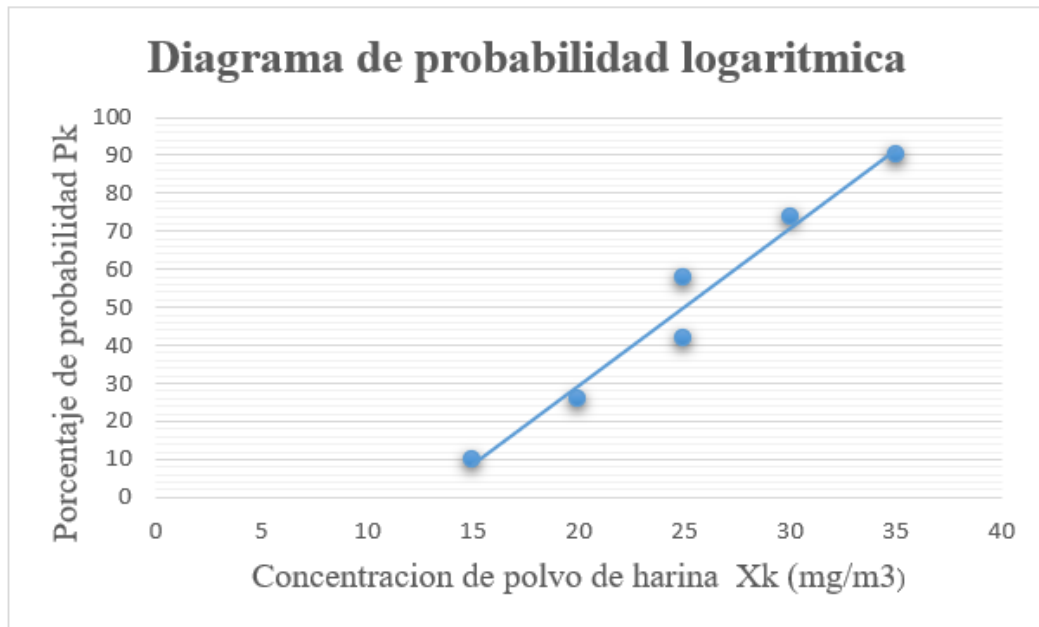


Figura 20. Diagrama de probabilidad logarítmica con tres mediciones adicionales de material particulado.


3.8.3.2. Método estadístico para la validación del grupo de exposición similar

Tabla 23. Prueba de Shapiro y Wilk

Shapiro-Wilk Test	
	<i>Exposición</i>
W-stat	0,98176309
p-value	0,9599785
alpha	0,05
normal	yes

3.8.3.3. Prueba de conformidad del grupo de exposición similar para al menos seis mediciones de la exposición

Tabla 24. Ficha registro prueba de conformidad del GES para al menos seis mediciones de la exposición

 INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	Ficha registro prueba de conformidad del GES para al menos seis mediciones de la exposición						
	Código: CONF-EXP- 01			Realizado por: Investigador			
	Número de revisión: 01			Revisado por: Ing. Luis Morales			
	Fecha: 10-01-2023			Aprobado por: Ing. Edwin García			
Área de Trabajo:		Ensacado de harina					
Valores medidos							
MG	ln (MG)	DSG	ln (DSG)	VLA-ED	ln (VLA)	U_R	U_T 6 Datos
24,13	3,18	1,35	0,30	4	1,39	-5.99	2,187
Comparación de U_R con U_T					$U_R < U_T$		
Decisión					No conformidad		

3.8.4. Análisis de los resultados obtenidos del estudio detallado

Una vez realizadas la estimación inicial y el estudio básico, del riesgo por inhalación de agentes químicos, se procede a realizar el estudio detallado, en el cual se realizan mediciones utilizando el método gravimétrico para la determinación de concentración de material particulado de polvo de harina, los resultados que se obtuvieron de las mediciones se detallan a continuación.

Los resultados obtenidos en las primeras tres mediciones de material particulado realizadas utilizando el método gravimétrico muestran la siguiente información, en la primera y segunda medición, se obtuvo una concentración de $25 \text{ mg}/\text{m}^3$ en las muestras tomadas el día 28 y 29 de diciembre del 2022 respectivamente, esto muestra que el nivel de polvo en el aire fue constante en las fechas y períodos de muestreo

seleccionados.

Mientras que la tercera medición realizada el día 30 de diciembre del 2022, muestra un valor de $15 \text{ mg}/\text{m}^3$, esta variación significativa se da por los cambios sufridos en las condiciones del puesto de trabajo en este día en específico, estas variaciones responden a disturbios en el flujo del aire presente por la apertura de una puerta destinada al embarque de producto listo para la distribución, esto causa disturbios en el flujo del aire en el interior del edificio, lo que afecta a la distribución del polvo y las partículas.

La investigación sobre concentración de material particulado obtenida de las mediciones en un periodo de tiempo de dos horas, se puede utilizar para ser comparada con el VLA-ED de ocho horas, según lo indica la norma [24], si en el estudio básico preliminar realizado con instrumentos de lectura en continuo, se observa que la concentración a lo largo de la jornada laboral es constante, se procede a realizar la comparación directa.

Para realizar la prueba preliminar con las primeras tres mediciones se debe determinar el VLA-ED, actualmente no existe un límite de exposición establecido en el Reglamento de condiciones sanitarias y ambientales en los lugares de trabajo para el polvo de harina de trigo, por lo que en consecuencia se utiliza el valor establecido en el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) en su publicación sobre los “Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2021” [69], y aceptado por el REAL DECRETO 374/2001 es de $4 \text{ mg}/\text{m}^3$. Las tres mediciones obtenidas (25 , 25 y $15 \text{ mg}/\text{m}^3$) superan el límite de $0,1 \text{ VLA}$ ($0,1 * 4 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,4 \text{ mg}/\text{m}^3$), se establece que en las tres mediciones se supera el valor de $0,1 \text{ VLA}$ -ED, dando como resultado una no conformidad, exponiendo que los trabajadores presentes en el puesto de trabajo están sobreexpuestos al agente químico y se necesita implementar medidas de control.

Las tres mediciones adicionales utilizadas para el cálculo estadístico de la conformidad, dan un resultado $35;30$ y $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ de material particulado, estas mediciones fueron necesarias para aplicar el método gráfico y la prueba estadística por el método de Shapiro y Wilk. Como resultado se identifica que se adaptan a una distribución logarítmico-normal, esto muestra que no hay ningún resultado de

concentración de material particulado que sea excepcional al resto, y todas las mediciones están agrupadas dentro de un valor esperado en la distribución de la exposición, dentro del grupo de exposición seleccionado, de tal manera que si se realizan más mediciones los resultados obtenidos se adaptarían a las mediciones tomadas anteriormente.

Al identificar que la distribución de resultados se adaptó una log-normal se puede realizar la prueba de conformidad, con la ayuda del cálculo de la desviación estándar y la desviación estándar geométrica para la comparación con el VLA-ED de $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ para polvo de harina, dando como resultado un valor de U_R de -0.6232 y un valor U_T hallado en la tabla para un valor de seis mediciones de 2.187 , al comparar que el valor de U_R es menor a U_T , la conclusión es no conformidad como lo determina [24].

3.8.5. Discusión de resultados obtenidos del estudio detallado

El presente estudio encuentra un elevado valor en las concentraciones de polvo de harina, a las que se encuentran expuestos los trabajadores del puesto de ensacado, estos valores llegan a superar hasta por 6 veces el VLA-ED recomendado.

Se identifica que la deficiente extracción de aire localizo ubicado en el puesto de trabajo, es una de las principales causas de los elevados valores encontrados en las muestras tomadas de la concentración de agente químico.

Los resultados que se obtienen en la evaluación preliminar y estadística muestran que existe una no conformidad, demostrando de manera clara que los trabajadores presentes en el puesto de ensacado de harina están expuestos a sufrir efectos sensibilizantes, los trabajadores pueden desarrollar alergias al polvo de harina [68], esta reacción puede manifestarse en forma de síntomas como rinitis, asma, conjuntivitis y menos comúnmente, eczemas.

La exposición a sustancias químicas puede provocar efectos agudos y crónicos en la salud de los trabajadores, dependiendo de la duración de la exposición y la concentración a la que están expuestos. Los efectos agudos pueden incluir irritación de la piel y los ojos, náuseas, mareos y dificultad para respirar, mientras que los efectos crónicos pueden incluir enfermedades respiratorias, cáncer y trastornos del sistema nervioso. Las afecciones a la exposición al polvo de harina en concentración de $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ ya presenta un riesgo de sensibilización y de desarrollo de rinitis desde un

nivel de $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ [68].

Dado los resultados elevados que se obtienen en la investigación y conociendo los efectos que se pueden generar sobre los trabajadores es necesario que se tomen medidas inmediatas para proteger a los trabajadores. Esto incluirá la implementación de medidas de control de ingeniería para reducir la exposición al material particulado, como la extracción localizada de aire y la ventilación general del lugar de trabajo. Si estas medidas no son suficientes para reducir los niveles de exposición a un nivel seguro, se implementarán medidas de protección personal, como el uso de respiradores.

También se proporcionará una capacitación adecuada a los trabajadores sobre los riesgos potenciales y las medidas de seguridad necesarias para protegerse a sí mismos y a otros en el lugar de trabajo.

Así como se planteará un seguimiento regular de los niveles de concentración de material particulado en el lugar de trabajo y se realice una evaluación de la eficacia de las medidas de control implementadas.

3.9. Propuestas de control para atenuar los altos niveles de la concentración de material particulado

3.9.1. Control en la fuente

Los resultados de las mediciones que se obtuvieron de la concentración de material particulado de polvo de harina evidenciaron, que los niveles de exposición en el área de ensacado sobrepasan el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) fijado en el documento "Límites de exposición profesional para agentes químicos 2007" [69], aprobado por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo y aceptado por el REAL DECRETO 374/2001, que es de $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ para polvo de harina para fracción inhalable.

Según el artículo 5 del Real Decreto 374/2001 que dispone, "El empresario deberá evitar el uso de dicho agente sustituyéndolo o a su vez a través de la modificación del proceso que sea menos peligroso en relación a su uso" [70].

La principal función de la empresa "Industrias Catedral S.A." es la producción de

harina y el ensacado de este producto en el área de trabajo analizada en la presente investigación. No es posible la sustitución del agente químico como una forma de medida preventiva de riesgos en la fuente. De igual manera no es factible emplear otro proceso para reducir la frecuencia o duración de la emisión, ya que los procesos de ensacado de harían es estándar para que se adapte a las maquinas presentes en el puesto de trabajo y para el cumplimiento con los tiempos de entrega establecidos. Es por esto que los trabajadores están en contacto con el producto a lo largo de toda la jornada laboral.

Dado que el entorno de la actividad no consienta la eliminación del riesgo por sustitución, el administrador deberá garantizar la disminución al mínimo de dicho riesgo utilizando medidas de prevención y protección. En este caso se aplicarán medidas en el medio de transmisión y controles en el trabajador como se muestra en los siguientes literales.

3.9.2. Control en el medio de transmisión

Ya que no se puede generar medidas de control en la fuente se procedió a establecer medidas para evitar la difusión de polvo de harina en el puesto de trabajo, por medio del aislamiento y la captación de polvo mediante la aspiración localizada en el proceso de ensacado.

Para la presente propuesta utiliza la metodología descrita, en la “Guía para la ventilación de escape local (LEV)” [71] y en el “Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales, ventilación industrial” [72], documentos que brindan información acerca de cómo diseñar sistemas de ventilación de escape local eficaces. Se explican los principios para tomar decisiones, planificar, implementar y evaluar el funcionamiento de estos sistemas.

3.9.2.1. Proceso de aplicación de ventilación de escape local

Para proceder a la aplicación de la metodología descrita se debe conocer de antemano los componentes de la mayoría de los sistemas utilizados para la extracción localizada de contaminantes.

- 1. Campana:** Aquí es donde la nube contaminante ingresa al sistema de ventilación de escape local o LEV.

2. Conductos: Este conduce el aire y el contaminante desde la campana hasta el punto de descarga.

3. Filtro de aire: Esto filtra o limpia el aire extraído. No todos los sistemas necesitan limpieza de aire.

4. Transportador de aire: Es el motor que alimenta el sistema de extracción, generalmente un ventilador.

Descarga: Esto libera el aire extraído a un lugar seguro.

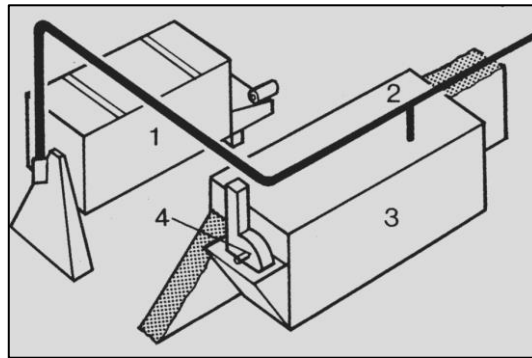


Figura 21. Sistema de extracción localizada [72].

3.9.2.2. Responsables del LEV

Empleador: Ingeniero de Seguridad Industrial a cargo de la salud y seguridad es el propietario del sistema y es el cliente de un sistema LEV nuevo o rediseñado.

Empleados: como operadores de procesos o usuarios de LEV, deben hacer un uso completo y adecuado de cualquier LEV provisto e informar cualquier falla.

3.9.2.3. Identificación de la fuente y el proceso

La aplicación efectiva de LEV requiere una buena comprensión del proceso y las fuentes como lo indica [71], guía para la ventilación de escape local (LEV) en su capítulo 4, procesos y fuentes.

Tabla 25. Identificación de procesos y fuentes en el puesto de ensacado de harina.

Proceso	Descripción	Mecanismos de creación y descripción de la fuente	Contaminante	Posibles controles
Caída	Solido cae	El material que cae	Polvo de	Cerramiento

libre de sólidos, y polvos	en forma de polvo o material	induce un flujo de aire hacia abajo.	harina	parcial [71].
Impacto y vibración	Vertido polvoriento del material en sacos	<ul style="list-style-type: none"> • El choque del impacto físico o la vibración crea una nube de polvo. • La ropa contaminada con polvo también crea una nube de polvo. • El polvo sedimentado se vuelve a suspender en el aire 	Polvo de harina	Cerramiento parcial [71].

3.9.2.4. Diseño del sistema de ventilación de escape local para el área de ensacado de harina

Especificaciones del sistema de extracción

El manual de práctica para el diseño de ventilación industrial [72], presenta las siguientes guías como regla general de diseño, en el proceso de llenado de sacos.

Tabla 26. Especificaciones para el proceso de llenado de sacos [72].

Especificación	Valor
Campana	Campana de tiro vertical unida a la tolva
Angulo de la campana	45°
Velocidad de captura en la campana	2,5 m/s
Caudal para polvo de harina no toxico	De 0,47 – 0,70 m ³ /s
Velocidad mínima de flujo en el conducto	18 m/s
Perdida en la entrada	0,25 Presión dinámica

Elección de la campana de extracción

Los sistemas LEV exitosos contienen, capturan o reciben la nube contaminante dentro de la campana LEV y la conducen. Cuanto mayor sea el grado de encierro de la fuente, más probable es que el control tenga éxito [71].

Para el puesto de ensacado de harina se sugiere establecer un cerramiento parcial alrededor de la boca de la tolva de llenado como lo sugiere [71], guía técnica de control para el llenado de sacos en su fase de diseño y equipos, con una campana de tiro lateral

como lo especifica [72], manual de práctica para el diseño de ventilación industrial, en su capítulo 8, operaciones específicas para llenado de sacos.

Se recomienda utilizar un espesor de 3mm, para la fabricación de la campana con acero ASTM A36.

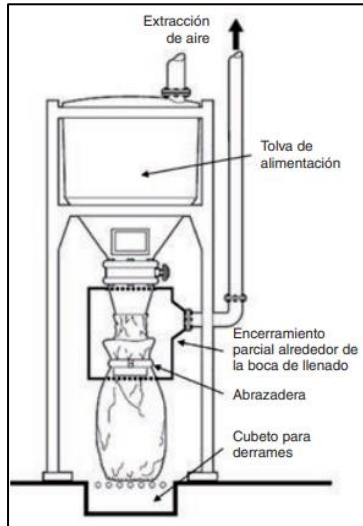


Figura 22. Cerramiento con extracción [71].

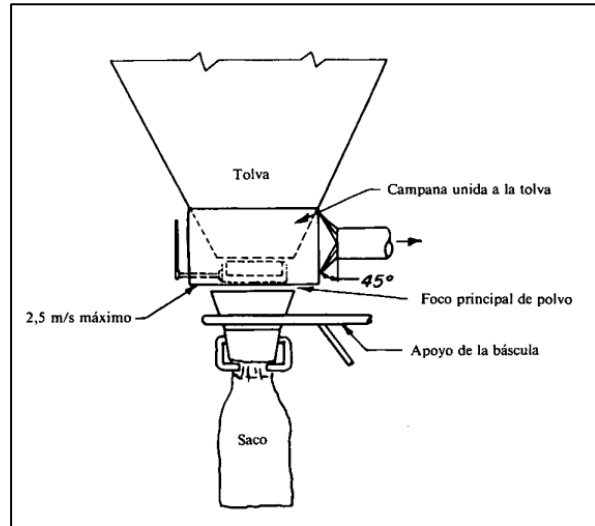


Figura 23. Campana unida a la tolva [72].

Diseño de los conductores

La elección de los espesores y materiales a utilizar en la construcción de los conductores se basó en lo descrito en el manual [72], que especifica en el capítulo 8, recomendaciones para la construcción de sistemas de extracción localizada. Según lo descrito en la Tabla 25, se escogió la “Clase 2” dado que el sistema generara prestaciones medias que incluye aplicaciones con partículas moderadamente abrasivas a bajas concentraciones como lo es el polvo de cereales. Los conductores se deberán construir en tubo de acero soldado, unido mediante bridas y juntas o de chapa de acero galvanizado.

Tabla 27. Tabla de valores recomendados para espesores de conductores [72].

Diámetros de los tramos rectos (mm)	Espesores recomendados (mm)			
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
100 hasta 200	0,8-1	0,8-1,5	1,5	2
Mas de 200 hasta 450	0,8-3	0,8-3	1,5-3	2-3
Mas de 450 hasta 750	1-5	1,5-5	1,5-5	2-5
Mas de 1750	2-7	2-7	3-7	3-7

Especificaciones de construcción de los conductores

- Los codos de los conductores deben ser al menos entre 0,5 y 1 mm más gruesos que los tramos rectos y tener un radio de curvatura de 2 a 2,5 veces el diámetro del conducto como lo indica la Figura 24. Los codos de 90 grados se construían con cinco piezas en el caso de conductores circulares hasta 150 mm de diámetro y con siete piezas para tamaños superiores. Para la construcción de codos de menos de 90 grados deben de tener un número de piezas proporcional, empleando codos prefabricados.
- Se deberá disponer de compuertas de limpieza en los tramos horizontales y verticales y en las aproximaciones de los codos y uniones, las compuestas no deben estar a más de 4 metros unas de otras como la indica la Figura 23.
- Los cambios de sección en los conductos principales deben ser progresivos y las adaptaciones deben tener un ángulo de 30 grados, como se observa en la Figura 24.
- Antes de la conexión al ventilador deberá disponerse un tramo recto de longitud no inferior a seis diámetros, el diámetro del conducto debe ser aproximadamente igual al de la boca de entrada al ventilador, como indica la Figura 25.

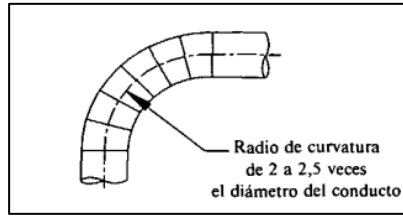


Figura 24. Radio de curvatura de los codos.

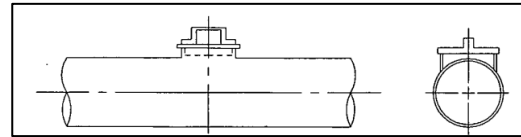


Figura 25.Apertura de codos para la limpieza.

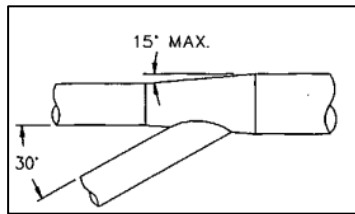


Figura 26. Uniones de conductos.

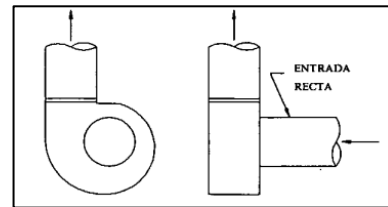


Figura 27. Conexión al ventilador.

Elección del equipo de depuración de aire

Según la tabla descrita en el Anexo 1, guía para la selección de captadores de polvo, la opción de captador de polvo que mejor se adapta al proceso de extracción localizada en el área de ensacado de harina es el separador centrífugo de ciclón por vía seca, como se ilustra en el Anexo 2.

Cálculo de la potencia del motor

Tabla 28. Cálculos para la elección del sistema de ventilación.

Cálculo de la potencia del motor	
Dimensiones de la campana	
<p>Se calcula las dimensiones de la campana, teniendo para el ancho de la campana 0,92 m y para el largo 0,72 m teniendo en cuenta que cumpla la condición descrita en la formula, según el factor de forma que</p>	<p>Donde:</p> <p>A= Ancho de la campana en metros</p> <p>L=Largo de la campana en metros</p> $\frac{A}{L} \geq 0,2$ $\frac{0,92}{0,72} \geq 0,2$

especifica [71], en la sección tipos de campanas y cálculos de caudal.	$1,27 \geq 0,2$
Cálculo del caudal	
El valor de velocidad de captura en la campana se lo toma de las especificaciones dadas en [72], guía técnica de control para el llenado de sacos en su fase de diseño y equipos, plasmada en la Tabla 24 de este proyecto que es de 2,5 m/s.	$Q = V(10x^2 + A)$ <p>Dónde:</p> <p>Q= caudal (m³ /s)</p> <p>V= Velocidad de captura (m/s)</p> <p>x= Distancia del foco de contaminación a la campana (m)</p> <p>A= Área de la campana (m²)</p> $Q = 2,5 (10 * 0,24^2 + 0,6624)$ $Q = 3,096 \text{ m}^3/\text{s}$
Cálculo de las pérdidas totales	
$H = H_{rp} + H_{rs} + \frac{v^2}{2g} + z$ <p>Dónde:</p> <p>H= pérdida total de carga (m).</p> <p>H_{rp}= pérdidas primarias de presión por longitud (m)</p> <p>H_{rs}= pérdidas secundarias de presión por accesorios o puntuales (m)</p> <p>v= velocidad del fluido (m/s)</p> <p>z= altura de carga (m)</p> <p>g= gravedad (m/s²)</p>	
Pérdidas primarias de presión por longitud	<p>Dónde:</p> <p>H_{rp}= pérdidas primarias de presión por longitud (m)</p> <p>f= factor de perdida</p> <p>L= longitud de tubería (m)</p> <p>v= velocidad del fluido (m/s)</p> <p>D= diámetro de la tubería (m)</p>
$H_{rp} = f \frac{Lv^2}{D2g}$	

	g= gravedad (m/s ²)
Determinación del régimen de flujo con el cálculo del número de Reynolds	$Re = \frac{vD}{\gamma}$
<p>Según el manual [72] en su sección, elección de los espesores y materiales a utilizar en la construcción de los conductores, el diámetro elegido del conductor es 0.1 m.</p> <p>La elección de la viscosidad cinemática para una temperatura de 20 °C se escogió en base a tabla especificada en el Anexo 3, propiedades físicas del aire a presión atmosférica, obteniendo un valor de $1,51 * 10^{-5} \frac{m^2}{s}$.</p>	<p>Dónde:</p> <p>Re= número de Reynolds</p> <p>v= velocidad del fluido (m/s)</p> <p>D= diámetro de la tubería (m)</p> <p>γ = Viscosidad cinemática (m²/s)</p> $Re = \frac{18 * 0,1}{1,51 * 10^{-5}}$ $Re = 119.205,29$ <p>Ahora:</p> <p>Re>2400: flujo turbulento</p> <p>Re<2100: flujo laminar</p> <p>Por lo tanto, el régimen de flujo es turbulento</p>
Cálculo de la rugosidad relativa	$Rr = \frac{\epsilon}{\phi}$
En base a los materiales recomendados para la construcción de tuberías [72], se escoge como material para las tuberías acero galvanizado, con un valor de rugosidad relativa de 0.15 mm detallado en el Anexo 4.	<p>Dónde:</p> <p>Rr: Rugosidad relativa (m)</p> <p>ϵ: Rugosidad absoluta (m)</p> <p>ϕ : Diámetro (m)</p> $Rr = \frac{0,00015 m}{0,1 m} \quad Rr = 0,0015$
Factor de perdida	Tabla 29. Determinación del factor de
Una vez calculado el número de	

Reynolds (Re) y el coeficiente de rugosidad relativa (Rr), se determina el factor de pérdida en función del diagrama de Moody descrito en el Anexo 5.	pérdida. <table border="1" data-bbox="906 304 1353 421"> <tr> <th colspan="2">Factor de pérdida</th> </tr> <tr> <td>$Re = 119.205,29$</td> <td>$Rr = 0,0015$</td> </tr> <tr> <td colspan="2">$f=0,043$</td> </tr> </table>	Factor de pérdida		$Re = 119.205,29$	$Rr = 0,0015$	$f=0,043$	
Factor de pérdida							
$Re = 119.205,29$	$Rr = 0,0015$						
$f=0,043$							
Cálculo de pérdidas primarias de presión por longitud							
<p>Una vez obtenido el valor del factor de pérdida ,se procede a calcular las pérdidas primarias de presión por longitud, asumiendo que la longitud total del sistema desde la campana hasta el filtro de partículas es de 20 metros.</p> $H_{rp} = f \frac{Lv^2}{D2g}$ $H_{rp} = 0,043 \frac{8 * 18^2}{0.1 * 2 * 9,8}$ $H_{rp} = 56,86 \text{ m}$							
Pérdidas secundarias de presión por accesorios							
$H_{rs} = k \frac{v^2}{2g}$ <p>Dónde: v= velocidad del fluido (m/s) g= gravedad (m/s²) k= constante de los accesorios</p> <p>Se utilizarán 4 codos de 90 grados para poder armar el sistema de extracción de aire localizado en el área de ensacado de harina, cuyo valor de la constate k es de 0.9 por cada codo, como se describe en el libro [73], Hidráulica de tuberías: abastecimiento de agua, redes y riegos.</p> $H_{rs} = 4 * 0.9 \frac{18^2}{2 * 9,81}$ $H_{rs} = 59,44 \text{ m}$							
Cálculo de las pérdidas totales							
$H = H_{rp} + H_{rs} + \frac{v^2}{2g} + z$ <p>La altura del sistema tendrá una medida de 3 metros.</p>							

$$H = 56,86 + 59,44 + \frac{18^2}{2(9,81)} + 3$$

$$H = 135,81 \text{ m}$$

Cálculo de la potencia del motor para el sistema de extracción.

$$HP = \frac{We * Q * H}{745,7}$$

Dónde:

HP: Potencia del motor

We: Peso específico del aire (a 1 atm de presión) en (N/m³)

H: Pérdida total de carga en metros

Q: Caudal en m³/s

$$HP = \frac{11,76 * 3,096 * 135,81}{745,7}$$

$$HP = 5$$

Selección del ventilador comercial

Tabla 30. Cálculos para la selección del ventilador.

Selección del ventilador	
Cálculo de la velocidad del ventilador	$Vc = \frac{Q}{Ac}$ <p>Dónde:</p> <p>Vc: velocidad del ventilador en m/s Q: Caudal de entrada en m³/s Ac: área del conducto en m²</p> $Vc = \frac{3,096}{0,1 * 0,1}$ $Vc = 309,6 \text{ m/s}$
Cálculo de la presión dinámica	$Pd = \frac{Vc}{1,289}$ <p>Dónde:</p> <p>Pd: Presión dinámica Vc: velocidad del ventilador en m/s</p>

$$Pd = \frac{309,6}{1,289}$$

$$Pd = 240,16 Pa$$

Especificaciones del sistema de extracción.

Tabla 31. Especificaciones del sistema de extracción.

Parámetro	Valor
Velocidad en la campana	2,5 m/s
Velocidad en el conducto	18 m/s
Caudal	3,096 m ³ /s
	11.145,6 m ³ /h
Potencia del motor	6 HP
Presión dinámica	240,16 Pa

Elección del ventilador industrial

Según los datos obtenidos de caudal 11.145,6 m³/h, potencia 6 HP y presión dinámica 240.16 Pa, se procede a buscar un modelo de ventilador que se adapte a los requerimientos en el catálogo de Greenheck Fan Corp [74], donde se presentan modelos de ventiladores para aplicaciones industriales, escogiendo la curva característica perteneciente al ventilador SBF-15 Belt Drive, que es la que mejor se adapta a las necesidades establecidas. En el **Anexo 6** se describe la ficha técnica del ventilador elegido SBF-15- Belt Drive.

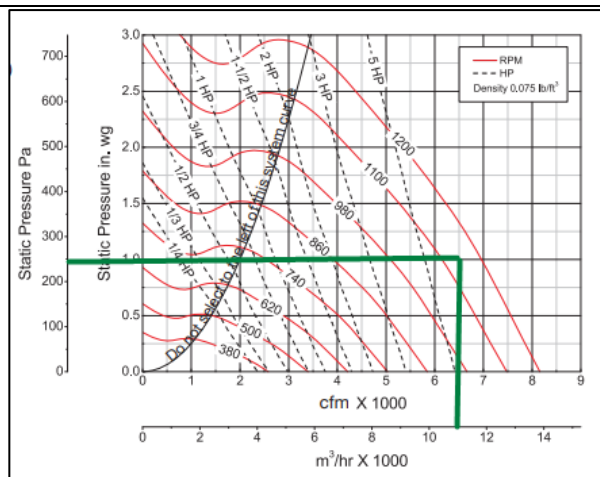





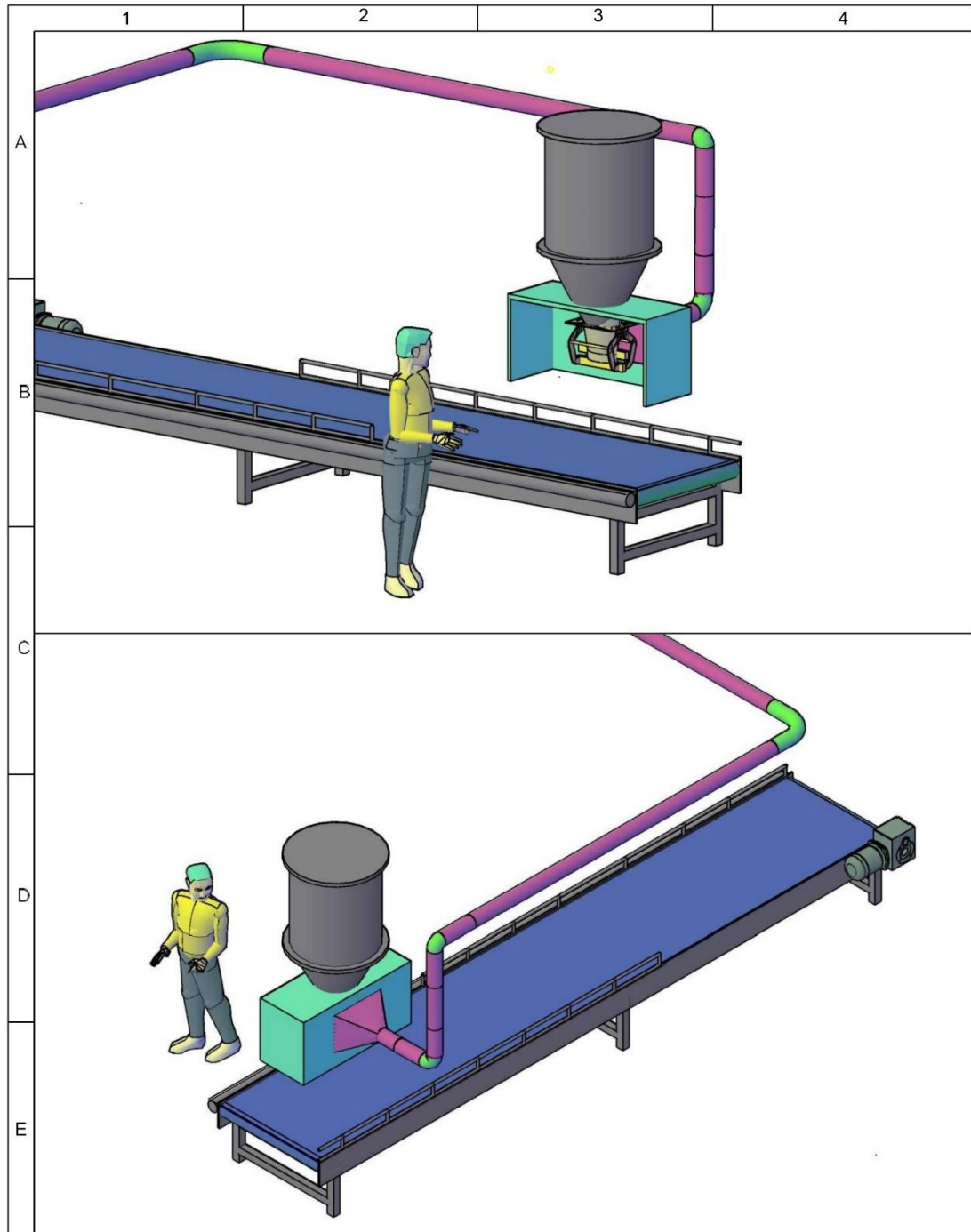
Figura 28. Curva característica caudal – presión estática del ventilador SFB-15 - Belt Drive.

Especificaciones técnicas		
Componente	Especificaciones	Ilustración
Motor Trifásico Weg 5 Hp 4 Polos	Carcasa : 100L Potencia : 5 HP Frecuencia : 60 Hz Polos : 4 Rotación nominal : 1710 rpm Deslizamiento : 5,00 % Voltaje nominal : 220/380/440 V Corriente nominal : 14,0/8,12/7,01 A Corriente de arranque : 89,7/51,9/44,9 A Ip/In : 6,4 Corriente en vacío : 6,47/3,75/3,24 A Par nominal : 20,7 Nm Par de arranque : 270 % Par máxima : 290 % Clase de aislación : F	
Ventilador centrifugo serie BPT	Boca de aspiración. Caudales: hasta 10.200 m3/h. Presiones: hasta 405 mm c.a. Rotor: multipala SIROCCO. Series RG y RH Para aire sucio, con material filamentososo o granular en suspensión. Temperatura máxima: 100°C Caracol: Montado en chapa de acero soldado eléctricamente y de sólida construcción, que posee una mesa soporte motor y patas tipo B3. A pedido se construye en forma rectangular especial. Aplicación en transporte neumático no abrasivos, aspiración de polvos en máquinas. Simple boca de aspiración.	

Proforma costos del sistema de la implementación de sistema de extracción de aire localizado en el puesto de ensacado de harina

		Proforma sistema de extracción localizado de aire		
Razón social:	Industrias Catedral S.A	Representante legal:	Ing. Otto Javier Buenaño	
Planificador:	Investigador	Aprobación:	Ing. Edwin Garces	
Estructura				
Material	Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Plancha de tol galvanizado	2.44x1.22x1/16"	1	25	25
Tubo circular de 4"x6mts	unidades	2	33,24	66,48
Motor Trifásico IE1, 5HP, 4 polos, 220/380/440V	unidades	1	485	485
Codo ajustable 4" ventilación	unidad	4	6,37	25,48
Ventilador centrífugo	unidad	1	1104	1104
Imprevistos		1	100	100
Separador ciclónico de polvos				
Material	Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Plancha de tol galvanizado	2.44x1.22	7	71,34	499,38
Tubo cuadrado 3/4 in	unidades	5	4,32	21,6
Pernos, clavos y tornillos	caja	4	3,64	14,56
Angulo 1 X 1/8	unidad	1	8,65	8,65
Material eléctrico	varios	1	250	250
otros (pinturas, lijas, etc)	varios	1	200	200
Filtros	unidad	1	70,78	70,78
válvula solenoide	unidad	3	30	90
válvula de seguridad	unidad	1	28	28
Servicios profesionales				
		Días laborados	\$/día	Costo total
Profesionales Asesores	15		25	375
Servicio de metalmecánica y electrónica	15		25	375
TOTAL				3.738,93

Diseño del sistema de extracción




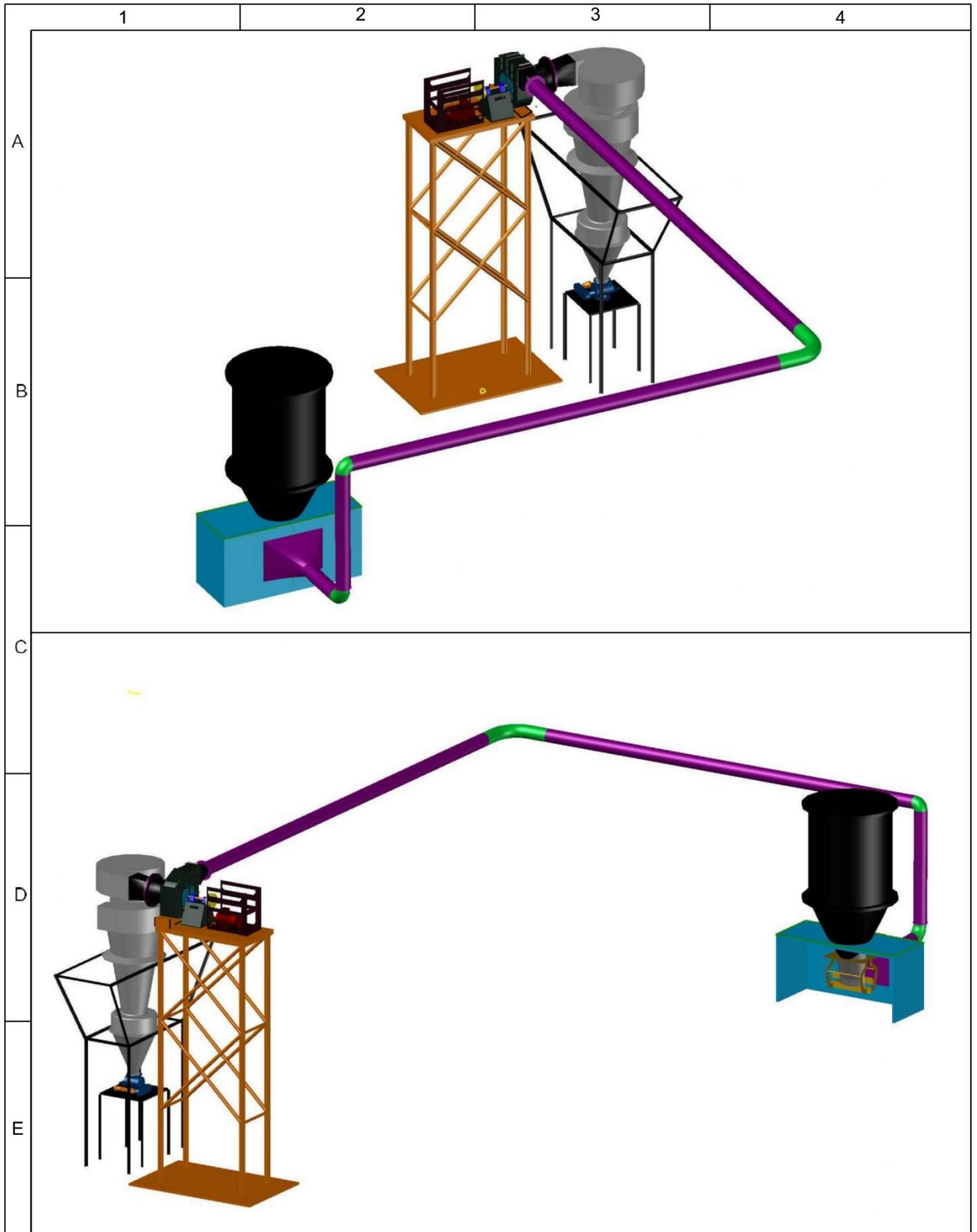
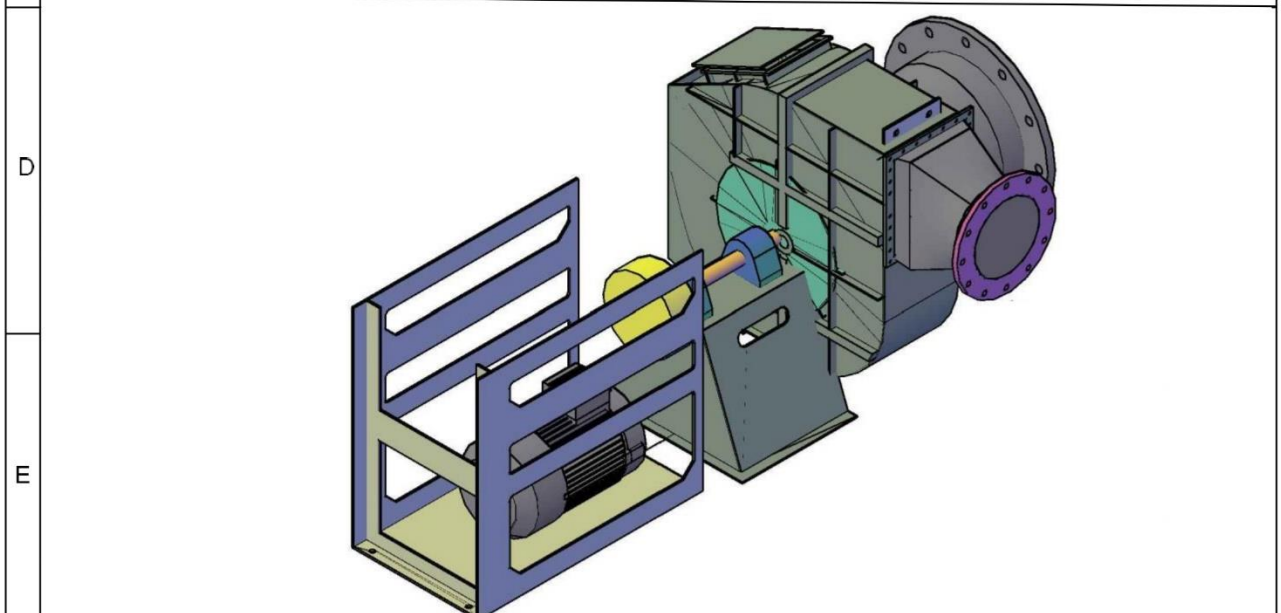
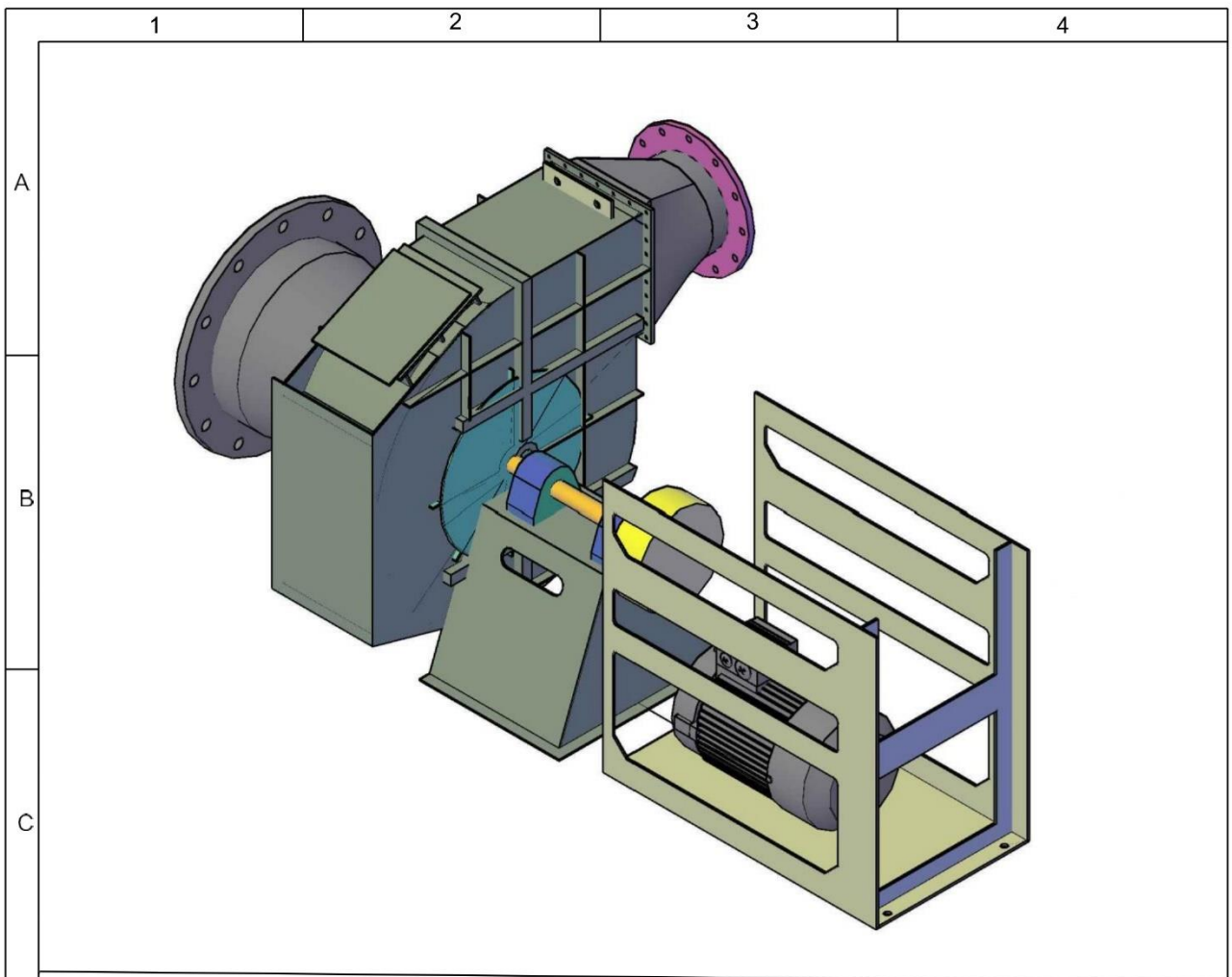
		Tolerancia	Peso	INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	
		Fecha	Nombre:	CAMPANA EXTRACTORA	S/E
Dib.	07/03/23	Moyolema Fabricio			
Rev.	09/03/23	Ing. Morales Luis			
Aprob.	09/03/23	Ing. Morales Luis			
		 UTA-FISEI INDUSTRIAL	Lámina 4	Marca de registro	
E	M		F	N	

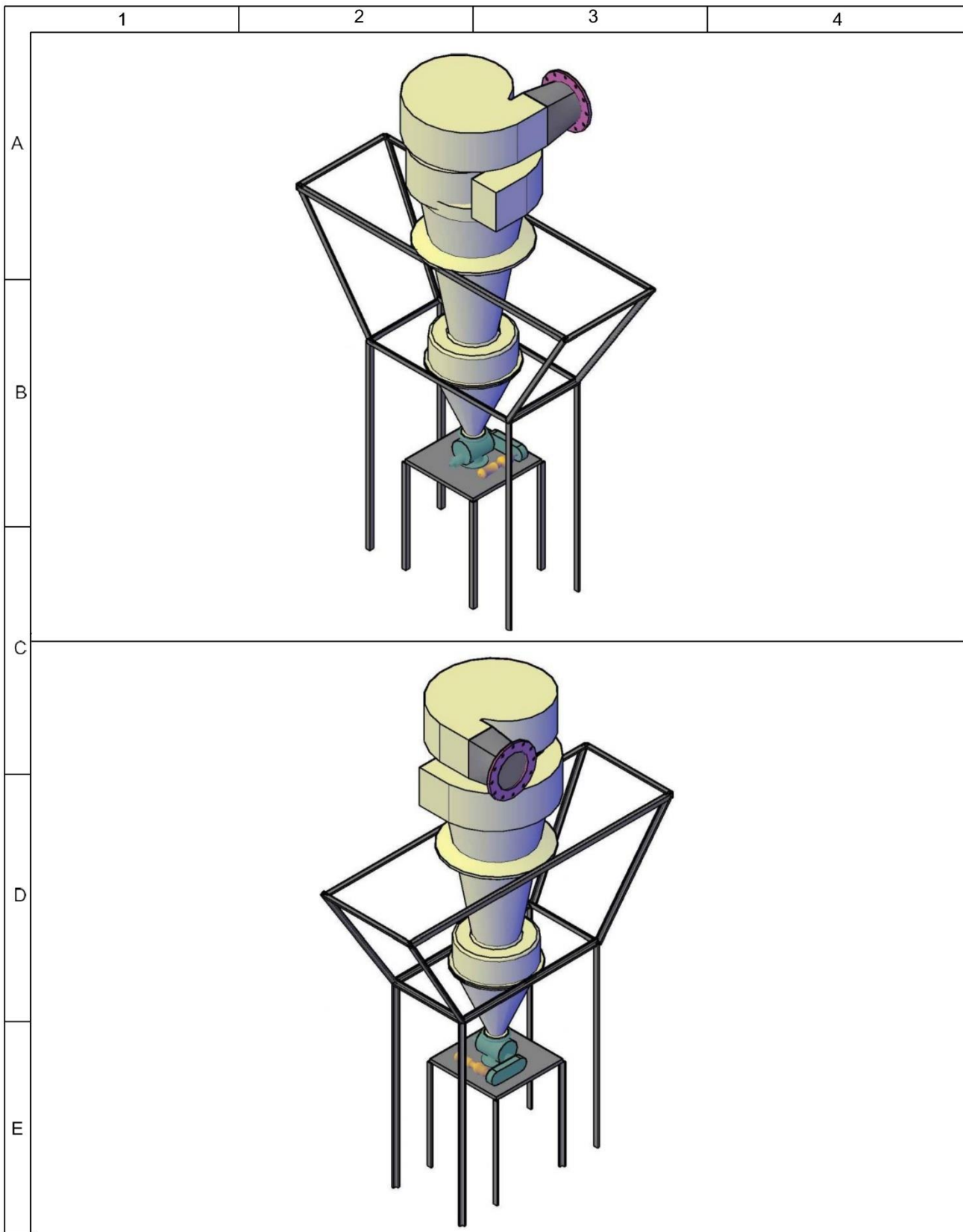
Figura 29. Diseño sistema localizado de extracción de aire.




				Tolerancia	Peso	INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	
				Fecha	Nombre:	EXTRACTOR LOCALIZADO DE AIRE	S/E
				Dib. 07/03/23	Moyolema Fabricio		
				Rev. 09/03/23	Ing. Morales Luis		
				Aprob. 09/03/23	Ing. Morales Luis		
				 UTA-FISEI INDUSTRIAL	Lámina 5		Marca de registro
E	M	F	N				



		Tolerancia	Peso	INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	
			Fecha	Nombre	
		Dib.	07/03/23	Moyolema Fabricio	
		Rev.	09/03/23	Ing. Morales Luis	VENTILADOR Y MOTOR
		Aprob	09/03/23	Ing. Morales Luis	S/E
			UTA-FISEI INDUSTRIAL		Lámina 5
E	M		F	N	Marca de registro







				Tolerancia	Peso	INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	
				Fecha	Nombre	SEPARADOR CICLÓNICO	
				Dib. 07/03/23	Moyolema Fabrício		
				Rev. 09/03/23	Ing. Morales Luis		
				Aprob. 09/03/23	Ing. Morales Luis		
				 UTA-FISEI INDUSTRIAL		Lámina 6	Marca de registro
E	M	F	N				



3.9.3. Control en la persona

Una vez que se identificó que las medidas correctoras que se pueden establecer en la fuente generadora de material particulado de polvo de harina son limitadas, se plantearon medidas de control en el medio, para evitar la propagación de material en el puesto de trabajo, dada la pulverulencia del material con el que están en contacto los operarios a lo largo de la jornada laboral, se propone medidas de control en el trabajador mediante la dotación de equipos de protección personal, como una alternativa para la evitar la exposición a altos niveles de concentración de material particulado.

Tabla 32. Equipos de protección personal

		Equipos de protección personal contra material particulado		
		Área:	Ensacado de harina	Número de trabajadores:
Responsable:	Ing. Edwin García	Elaborado por:	Investigador	
Normativa:	<ul style="list-style-type: none"> • Decreto ejecutivo 2393: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. • Resolución C.D. 513: Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo: Art. 55 			
Acción:	Dotar al personal del área de ensacado de harina de equipos protección personal frente a la exposición de material particulado.			
Instrucción	Instruir a los trabajadores sobre los riesgos asociados a esta exposición a material particulado y la importancia de utilizar equipos de protección personal para minimizar esos riesgos, para que así pueden comprender las afecciones a la salud que pueden producirse y la importancia de tomar medidas para protegerse a sí mismos y a sus compañeros.			
Equipos de protección				
Parte del cuerpo	EPP	Imagen	Directrices de uso	
Ojos	Gafas de seguridad Honeywell UVEX Stealth con lente antivaho Uvextreme		<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar la diadema de neopreno pivotante de ajuste rápido. • Verificar que no queden agujeros entre las gafas y el rostro. • Es recomendable usarlos en 	

	transparente		ambientes cerrados con deficiente ventilación o extracción localizada de aire.
Manos	Guantes de protección industrial Jackson Safety G40, recubiertos con nitrilo		<ul style="list-style-type: none"> • Asegúrese de que los guantes se ajusten correctamente a sus manos antes de usarlos, para evitar reducir movilidad. • Verifique que los guantes no tienen ningún defecto o daño antes de usarlos. Si los guantes están rotos o desgastados, deben ser reemplazados inmediatamente. • Lave sus manos antes de ponerse los guantes, lave las manos inmediatamente después de retirar los guantes. • Se recomienda el uso de guantes de seguridad en ambientes con altos niveles de concentración de material particulado para así evitar riesgo de sensibilización.
Oídos	Orejas modelo Peltor marca 3M de banda para Cabeza		<ul style="list-style-type: none"> • Asegúrese de que las orejas de seguridad se ajusten correctamente a su cabeza antes de usarlas. Las orejas demasiado grandes o pequeñas pueden reducir su protección y comodidad. • Verifique que las orejas no tienen ningún defecto o daño antes de usarlas. Si las orejas están rotas o desgastadas, deben ser reemplazadas inmediatamente. • En espacios cerrados con altos niveles de ruido, es importante usar orejas de protección auditiva para prevenir daños en la audición y garantizar la seguridad y salud.

Aparato respiratorio	Respirador reutilizable de media cara 3M, con filtro 2097 contra material particulado y humos metálicos marca 3M		<ul style="list-style-type: none"> • Asegúrese de que el respirador de media cara con filtro esté limpio y en buenas condiciones antes de usarlo. • Verifique que el filtro esté instalado correctamente y no tenga daños. • Ajuste la correa elástica y las bandas de sujeción para asegurar un ajuste seguro y cómodo en su rostro. Asegúrese de que la máscara cubra completamente su nariz, boca y mandíbula. • Es recomendable usarlos en ambientes cerrados con deficiente ventilación o extracción localizada de aire.
	Máscara ARMO full face F680/F690 material silicón con visor panorámico que no se empaña resistente a impacto		<ul style="list-style-type: none"> • Asegúrese de que su máscara esté limpia y seca antes de usarla. • Ajuste la máscara a su rostro para asegurar un ajuste cómodo y seguro. • Asegúrese de que la máscara cubra completamente su nariz y boca y no deje espacio entre la máscara y su cara. • Evite tocar la máscara mientras la usa, y limpiar la máscara si se moja o se ensucia. • Es recomendable usarlos en ambientes cerrados con deficiente ventilación o extracción localizada de aire.
Indicaciones generales			
<ul style="list-style-type: none"> • Reemplace las válvulas y los sellos al menos una vez cada tres meses. • Almacene el EPR en un lugar seguro, lejos de la contaminación. • Mantenga un pequeño stock de piezas reemplazables. • Recuerde verificar las fechas de caducidad en ERP y filtros. • Verifique la calidad del aire al EPR al menos una vez cada tres meses. 			

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se identifica tres variables que inciden directamente en los elevados valores de concentración de material particulado, estas son , la cantidad de producto químico que se manipula al día teniendo para este proceso 60.000 kg, la frecuencia de utilización, que es de 8 horas, correspondientes a una jornada laboral y la elevada dispersión de material en el ambiente.
- Se identifica que la principal fuente de dispersión de material particulado se ubica en la tolva de llenado, el polvo de harina se incorpora en forma de una nube, que se deposita sobre las superficies presentes en el puesto de trabajo y sobre la ropa de los trabajadores. Esta dispersión se da a través de las aberturas del saco.
- Las mediciones de concentración de material particulado expusieron que los resultados sobrepasan el límite permitido de 4 mg/m^3 establecidos en el Real Decreto 374/2001. Estos valores fueron 25 mg/m^3 , 25 mg/m^3 , 15 mg/m^3 , 35 mg/m^3 , 30 mg/m^3 y 20 mg/m^3 . Dichas condiciones de exposición pueden causar manifestaciones alérgicas, tales como rinitis, asma, conjuntivitis y más raramente eczemas. Mientras que los efectos crónicos pueden incluir rinitis durante varios años y asma manifestado por episodios de dificultad respiratoria, tos, respiración con sibilancias y sensación de cansancio, debido a un estrechamiento del diámetro de los bronquios por espasmos asociados a una inflamación y a una hipersegregación de la mucosa bronquial, como lo indica el estudio realizado sobre exposición a polvo de harina en la industria panadera y actividades afines del país Vasco.
- Se plantea una propuesta de control en el medio de transmisión y en la persona, se propone un sistema de extracción localizado de aire, con una campana de tiro vertical unida a la tolva de llenado, con un sistema de tuberías de 0.10 m de diámetro y 3 codos de 90 grados, para completar el sistema, un ventilador modelo SFB-15 - Belt Drive y un separador ciclónico para el decantado de las partículas extraídas. Mientras que en la persona se plantea la dotación de equipo de protección con filtros diseñados para material particulado.

4.2.Recomendaciones

- Se recomienda aplicar medidas correctoras de inmediato y realizar una nueva evaluación inicial de la exposición.
- Realizar reevaluaciones anualmente de la situación en el puesto de trabajo, para valorar si el perfil de exposición se mantiene estable, además realizar reevaluaciones cuando se producen cambios significativos en los lugares de trabajo que puedan afectar a las condiciones de exposición, según lo especificado en la normativa UNE-EN 689.
- Capacitar a los trabajadores sobre las afecciones y padecimientos profesionales presentes por la exposición prolonga al material particulado de polvo de harina.
- Realizar espirometrías para evaluar la función pulmonar de los trabajadores presentes en el puesto, además realizar análisis de sangre para determinar los niveles de IgE, lo que permitirá evaluar si el trabajador ya esta sensibilizado al polvo de harina.
- Los trabajadores presentes en el puesto de ensacado de harina ya cuentan con respiradores de medio rostro equipados con filtros diseñados para polvos, por lo que es necesario capacitarlos y desarrollar procedimientos de supervisión para evitar que el mal uso de estos pueda generar problemas cardiovasculares o metabólicos por el aumento de trabajo respiratorio.
- Generar un programa de capacitación para el correcto uso y mantenimiento de los equipos de protección personal utilizados actualmente en el puesto de trabajo.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. Santillán, D. Rodríguez, M. Torres, S. Cargua, and F. Torres, “Estimación del grado de contaminación de material particulado atmosférico y sedimentable en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.,” *Riabamba*, 2016, pp. 32–39.
- [2] D. Palacio, J. Rodríguez, and C. Zafra, “Evaluación de la calidad del aire mediante un laboratorio móvil: Puente Aranda (Bogotá., Colombia).” *Rev. Fac. Ing. Unive. Antioquia* N. 71, Bogotá, 2014.
- [3] C. Alfonso, R. Casal, A. Lareo, R. Merino, and J. M. Valdés, “Riesgo químico laboral: elementos para un diagnóstico en España.” *Revista Española de Salud Pública* 2005, Vol.79, No 2, España, 2005.
- [4] M. Silva Peñaherrera, P. Merino Salazar, F. Benavides, M. López Ruiz, and R. A. Gómez García, “La salud ocupacional en Ecuador: una comparación con las encuestas sobre condiciones de trabajo en América Latina,” *Rev. Bras. Saúde Ocup.*, vol. 45, no. 20, pp. 1–7, 2020.
- [5] R. Luchini, M. McDiarmid, and R. Mitchel, “Education and Training: Key Factors in Global Occupational and Environmental Health,” *GlobalHealth*, vol. 84, no. 3, pp. 436–441, 2018.
- [6] I. P. Andino, “Material particulado y su incidencia en alteraciones respiratorias en los trabajadores de la construcción en viviendas rurales tipo MIDUVI,” *Facultad de ingeniería en sistemas electrónica y ambiental*, Ambato, 2017.
- [7] C. Romero, “Unidad académica de ciencias químicas y de la salud carrera de enfermería,” *Rev. Cubana Enferm.*, vol. 27, no. 3, pp. 20–29, 2017, [Online]. Available:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13908%0Ahttp://repositorio>.

utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10790/1/CHUCHUCA CAIMINAGUA
MARITZA JACQUELINE.pdf.

- [8] J. M. Vicente Pardo and A. Guillen Garcia, “Las enfermedades laborales por trabajos con la madera,” *Med. Secur. Trab. (Madr)*., vol. 66, no. 259, pp. 112–131, 2020.
- [9] S. A. Galvis Vizcaíno *et al.*, “Material particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas: una revisión narrativa,” *Rev. la Asoc. Española Espec. en Med. del Trab.*, vol. 30, no. 3, pp. 362–372, 2021.
- [10] BASEQUM, *Elaboración de productos alimenticios en panaderías y pastelerías artesanales: exposición a harina*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2020.
- [11] G. Rico Rosillo, J. C. Cambray Gutiérrez, and G. B. Vega Robledo, “Asma Ocupacional,” *Rev. Alerg. México*, vol. 62, no. 1, pp. 48–59, 2015.
- [12] S. M. Meza Sánchez, J. E. Salvador Moreno, and L. D. Loor Salvador, “Asma Ocupacional inducida por agentes químicos-vapores irritantes,” *San Gregor.*, vol. 1, no. 40, pp. 201–215, 2020.
- [13] L. V. Moya Rodriguez, D. A. Alvarez Cepeda, and S. L. Meneses Velosa, “Estudio exploratorio de medición de material particulado respirable en bicisuarios de Engativá, Bogotá,” *INVENTUM*, vol. 15, no. 29, pp. 37–48, 2020.
- [14] M. A. Córdova Toscano, “Riesgos Químicos y su incidencia en la salud de los trabajadores del área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [15] M. García Mateo, “Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el tratamiento superficial de la restauración y revestimiento de fachadas afectadas por ambientes marítimos en ciudades costeras,” Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2019.
- [16] R. Tello Fonseca, “Evlución de la exposición de polvo proveniente de

productos alimenticios y su afectación a la salud de los trabajadores del área de producción de una empresa de elaboración de condimentos, ubicada en la ciudad de Quito en el año 2015,” Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2017.

- [17] A. Sumaya Pimienta, E. P. Ramirez Oliveros, and R. De la Caridad Montero, “Problemas a la salud que provoca la exposición al polvo de harina,” *Rev. Colomb. Salud Ocup.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–3, 2020.
- [18] D. F. Mayorga Perez, E. F. Viteri Nuñez, M. V. Albuja Landi, J. E. Orna Chavez, O. Balseca Sampedro, and J. I. Caicedo Reyes, “Exposición al material particulado en las áreas de preparación de material abrasivo de una empresa en e parque industrial de Riobamba,” *Eur. Sci.*, vol. 13, no. 6, pp. 224–248, 2017.
- [19] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Guía para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos,” Ministerio de empleo y seguridad social, Madrid, 2001.
- [20] M. G. Rodriguez Zamora, “Evaluación de la exposición a polvos y efectos respiratorios y alérgicos en trabajadores de centros de almacenamientos de granos en Costa Rica,” Universidad Nacional, Heredia, 2017.
- [21] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, “Seguridad en el trabajo.” 2012, [Online]. Available: [https://www.insst.es/documents/94886/375493/Tríptico.+Polvo+de+harina.+Un+riesgo+para+los+panaderos+-+Año+2012+\(en+catálogo\).](https://www.insst.es/documents/94886/375493/Tríptico.+Polvo+de+harina.+Un+riesgo+para+los+panaderos+-+Año+2012+(en+catálogo).)
- [22] A. M. Muñoz, J. J. Paz, and C. M. Quiroz, “Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición,” *Rev. Nac. Salud Pública*, vol. 25, no. 2, pp. 85–94, 2007.
- [23] J. R. Labato Cañon, “Calificación y valoración de la enfermedad profesional: Análisis de la situación actual y propuestas de mejora,” *Med. y Segur. del Trab.*, vol. 62, no. 1, pp. 87–95, 2016.
- [24] Asociación Española de Normalización, “UNE-EN 689:2019 Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición

- profesional,” UNE (Normalización Española), Génova, 2019.
- [25] J. Jaimes Morales, I. Rocha Manjarrez, E. Bustamante, and C. Severiche, “Health risks and labor management in the process of silica sandblasting,” *Cienc. y Salud*, vol. 7, no. 1, pp. 45–58, 2015.
- [26] C. Albornoz *et al.*, “Exposición a polvo de harina de trigo en panaderías de la Región Metropolitana,” *Rev. Chil. enfermedades Respir.*, vol. 32, no. 2, pp. 113–118, 2016.
- [27] R. C. Yuquilema Vilema, “Material particulado en el área de empaque de harina en industrias molineras y su relación con la afectación a la salud en los trabajadores,” Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Ambato, 2018.
- [28] P. M. Farril Romanillos, A. Avila Lara, F. E. Álvarez Chávez, J. C. Tinajero, A. L. Nayeli Torres, and E. D. Maldonado Domínguez, “Asma ocupacional. Serie de casos,” *Rev. Alerg. México*, vol. 67, no. 3, pp. 286–292, 2020.
- [29] M. E. Reyes Segovia, “Análisis del material particulado como factor de riesgo en la salud de los trabajadores de la empresa Fiber and glass plásticos reforzados de la ciudad de Ambato,” Universidad Indoramerica, Ambato, 2019.
- [30] C. Rosales, J. Viteri, N. Rivera, and R. Comas, “Determinants of exposure to particulate matter in textiles,” *Enfoque UTE*, vol. 6, no. 2, pp. 1–14, 2015.
- [31] J. Ostos, “Información sobre prevención de enfermedades respiratorias en trabajadores de la construcción,” *Rev. Salud VIVE/*, vol. 2, no. 4, pp. 17–24, 2019.
- [32] J. D. Ramos Ascue and W. Baldeon Quispe, “Análisis de riesgos de la seguridad e higiene ocupacional durante el manejo de residuos sólidos y reciclaje de plástico polietileno,” *Prod. + Limpia*, vol. 12, no. 1, pp. 63–71, 2017.
- [33] A. Viega, D. Sanchez, M. Martinez, and J. Gonzales, “Riesgos para la salud y recomendaciones en el manejo de nanopartículas en entornos laborales,” *Med. Secur. Trab. (Madr).*, vol. 61, no. 239, pp. 143–161, 2015.
- [34] M. C. Tello and F. Vela Holguín, “Diseño de un plan de comercialización de la

- harina de maíz para consumo humano,” Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2016.
- [35] D. M. Herrera Robalino, “Estudio del material particuado en la descarga de trigo y su incidencia en la calidad del aire de la industria molinera,” Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Ambato, 2018.
- [36] Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores , *Decreto Ejecutivo 2393*, Quito, 2003.
- [37] Comision de Legislacion y Codificacion, *Código del Trabajo*. Quito, 2018
- [38] Consejo Andino de Ministros de Relaciones Exteriores, *Decisión 584 Instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo*, Quito, 2022.
- [39] Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo, “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores,” Registro Oficial, 1986-11-17, N. 565, p. 1-175, Quito.
- [40] Intituto Ecuatoriano de Seguridad y Salud, *Resolución 513 Reglamento del seguro general de riesgos del trabajo*. Quito: Ec Ecuador IESS, 2008.
- [41] Decreto Ejecutivo 3516, *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente*. Quito: Ec Ecuador, 2017.
- [42] J. A. Ortega Alarcón, J. R. Rodriguez Lopez, and H. Hernandez Palma, “Importancia de la seguridad de los trabajadores en el cumplimiento de procesos procedimientos y funciones,” vol. 8, no. 14, pp. 155–176, 2016.
- [43] E. Fernández de la Vega, *Ambiente químico y su salud en el trabajo*. La Habana: Ciencias Medicas, 2007.
- [44] M. Sanchez Aguilar, G. Berez Manriquez, G. Gonzalez Diaz, and I. Peon Escalante, “Enfermedades actuales asociadas a los factores de riesgo laborales de la industria de la construcción en México,” *Med. Secur. Trab. (Madr)*., vol. 63, no. 246, pp. 28–29, 2017.
- [45] R. Zegarra, S. Andrade, M. Parra, D. Mejia, and C. Rodas, “Análisis espacial de PM10 en el aire y su composición de metales con relación a factores

- ambientales alrededor de centros de educación preescolar en Cuenca,” *MASKANA*, vol. 11, no. 1, pp. 57–68, 2020.
- [46] M. Prendez, R. Corvalán, and M. Cisternas, “Estudio Preliminar del Material Particulado de Fuentes Estacionarias: Aplicación al Sistema de Compensación de Emisiones en la Región Metropolitana, Chile,” *Inf. Tecnológica*, vol. 18, no. 2, pp. 93–103, 2007.
- [47] H. Chui Betancur, D. Acosta Najarro, and B. Roque Huanca, “Identification of fine particulate material (pm_{2,5}) by electron-microscopy scanning, neighboring the cesur cement plant of the district of Caracoto, Puno, Peru,” *Rev. Boliv. Química*, vol. 34, no. 3, pp. 72–78, 2017.
- [48] GreenFacts, “PM₁₀; PM_{2,5}; PM_{0.1},” *GreenFacts*, 2016.
- [49] D. N. Narvárez, Estado de la Calidad del Aire en la Ciudad de Montería Mediante el Uso de las Tecnologías de la información geográfica para el período del 219 al 2020. Montería: Universidad de Córdoba, 2020.
- [50] A. L. Proaño Villacrés, “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el molino Santa Rosa de la empresa Industrias Catedral S.A.”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [51] M. E. Pernalet Ruiz and A. Hernandez Piñero, “Riesgos laborales por exposición a plaguicidas contra el mosquito *Aedes aegypti*,” *Biomedicina*, vol. 28, no. 1, pp. 5–17, 2016.
- [52] G. E. Castillo Malo, “Evaluación de la concentración de material particulado generado por el trabajo de obra blanca en la empresa C&C Arquitectura y Diseño S.A.A en la ciudad de Montería,” Universidad de Córdoba, Córdoba, 2020.
- [53] R. Hernández Sampieri and C. P. Mendoza Torres, *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. México: McGraw - Hill, 2018.
- [54] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, “Norma Técnica de Prevención 935,” Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del

riesgo por inhalación (*I*), Barcelona: INSST, 2010, pp. 1–6.

- [55] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, “Nota Técnica de Prevención NTP 937,” INSHT, Madrid, 2012.
- [56] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, “Límites de exposición profesional para agentes químicos en España,” Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), Madrid, 2021.
- [57] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, “Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.,” Madrid, 2013.

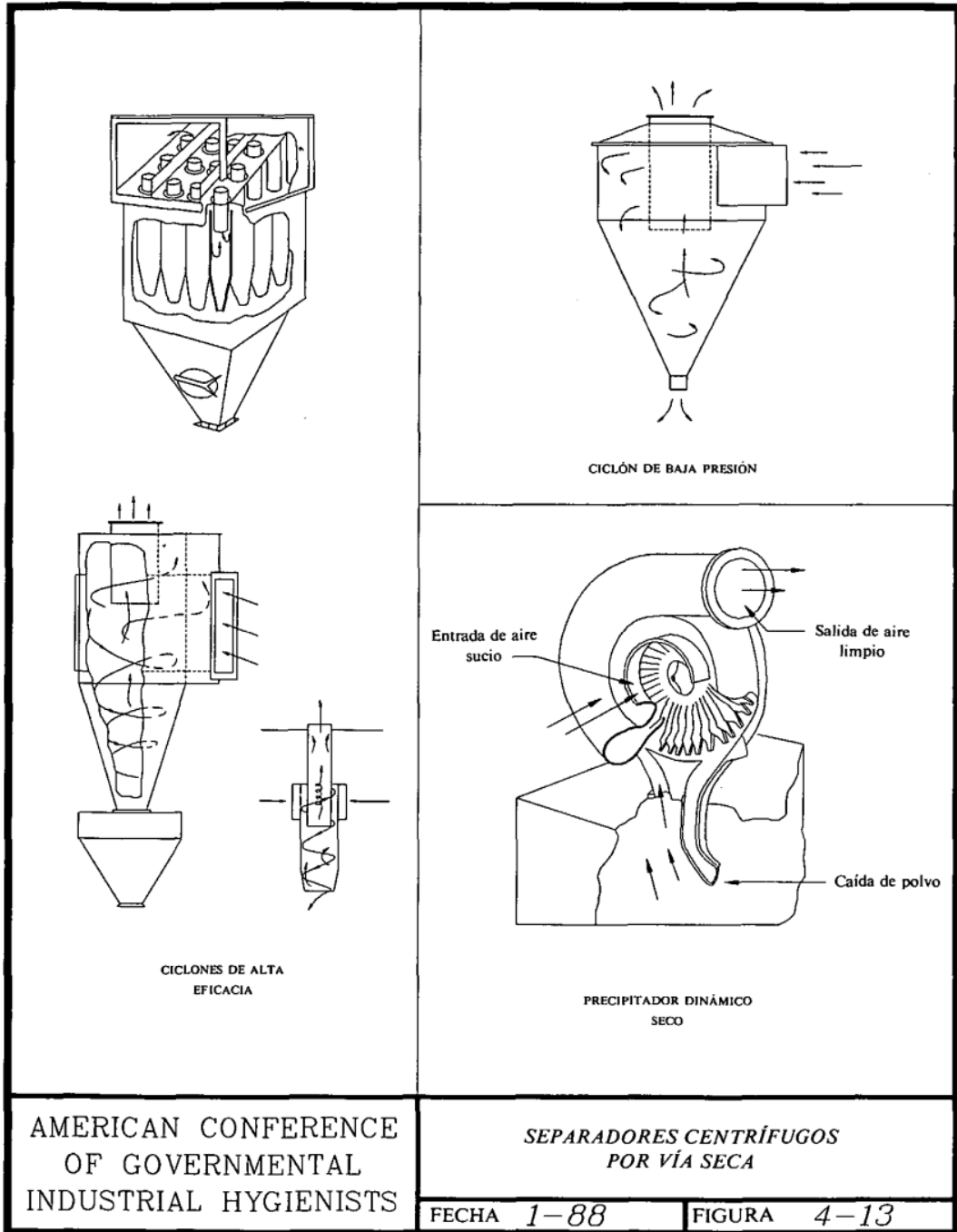
ANEXOS

Anexo 1. Guía para la selección de captadores de polvo [72]

TABLA 4-3 Guía para selección de captadores de polvo

Aplicación	Tipos de captadores utilizados industrialmente							Comentario N.º
	Concen- tración Nota 1	Tamaño de partícula Nota 2	Ciclón	Depurador Húmedo	Filtro de tela	Electrostático		
						Bajo volt	Alto volt	
INDUSTRIA CERÁMICA								
a. Manipulación de materias primas	baja	fino	F	F	F	N	N	1
b. Eliminación de rebabas	baja	fino medio	R	R	F	N	N	2
c. Corte de material refractario	alta	grueso	N	R	F	N	N	3
d. Aplicación aerográfica de barnices vitrificables	media	medio	N	F	F	N	N	
INDUSTRIA QUÍMICA								
a. Manipulación de materiales	baja	fino medio	F	F	F	N	N	50
b. Machacado, molienda	media	fino grueso	F	F	F	N	N	4
c. Transporte neumático	alta	fino grueso	F	R	F	N	N	5
d. Tostadores, Hornos, Enfriadores	alta	medio-grueso	F	F	F	F	N	6
MINERÍA DE CARBÓN Y CENTRALES TÉRMICAS								
a. Manipulación de materiales	media	medio	F	F	F	N	N	7
b. Ventilación de rellenos	media	fino	R	R	F	N	N	8
c. Desempolvado, limpieza de aire	alta	medio-grueso	R	F	F	N	N	9
d. Secado	media	fino	N	F	R	N	N	10
CENIZAS VOLANTES								
a. Comb. de carbón-parrilla	baja	fino	R	R	F	N	F	12
b. Comb. de carbón-fogón	media	fino-grueso	R	R	F	N	F	
c. Comb. de carbón-pulverizado	alta	fino	R	R	F	N	F	13
d. Combustión de madera	varia	grueso	R	F	F	N	R	14
FUNDICIÓN								
a. Vibrador	baja	fino	N	F	F	N	N	15
b. Manipulación de arena	media	fino medio	N	F	F	N	N	16
c. Bombos de granallado	alta	medio-grueso	N	F	F	N	N	17
d. Rebarbado	media	fino medio	N	F	F	N	N	18
ELEVADORES DE GRANO, MOLINOS DE HARINA Y PIENSO								
a. Manipulación de grano	baja	medio	F	R	F	N	N	50
b. Secaderos de grano	baja	grueso	R	R	F	N	N	19
c. Polvo de harina	media	medio	F	R	F	N	N	20
d. Molino de pienso	media	medio	F	R	F	N	N	21
FUSIÓN DE METALES								
a. Acero. Horno alto		varia	N	F	R	N	R	23
b. Acero. Horno Martin-Siemens	media	fino grueso	N	F	R	N	R	24
c. Acero. Horno eléctrico	baja	fino	N	R	F	N	R	25
d. Aleac. Férricas. Cubilote	media	varia	N	F	F	N		26
e. Aleac. no férr. Reverbero	varia	fino	N	R	F	R	N	27
f. Aleac. no férr. Crisol	baja	fino	N	R	F	N	N	28
MINERÍA METÁLICA Y CANTERAS								
a. Manipulación de materiales	media	fino medio	N	F	F	N	N	29
b. Secaderos. Hornos	media	medio-grueso	N	F	F	N	F	30
c. Secado de rocas cementeras	media	fino medio	N	R	R	N	R	31
d. Horno de cemento	alta	fino medio	N	N	F	N	R	32
e. Molino de cemento	media	fino	N	N	F	N	N	33
f. Enfriado de clinker	media	grueso	N	N	F	N	N	34

Anexo 2. Separador centrifugo por vía seca [72]



AMERICAN CONFERENCE
OF GOVERNMENTAL
INDUSTRIAL HYGIENISTS

SEPARADORES CENTRÍFUGOS
POR VÍA SECA

FECHA 1-88

FIGURA 4-13

Anexo 3. Propiedades físicas del aire a presión atmosférica [75]

PREFIJOS

Tabla 1

Prefijo	Símbolo	Factor	Término
tera	T	10 ¹²	un billón
giga	G	10 ⁹	mil millones
mega	M	10 ⁶	un millón
kilo	k	10 ³	mil
hecto	h	10 ²	cien
deca	da	10	diez
deci	d	10 ⁻¹	un décimo
centi	c	10 ⁻²	un centésimo
mili	m	10 ⁻³	un milésimo
micro	μ	10 ⁻⁶	un millonésimo
nano	n	10 ⁻⁹	un milmillonésimo
pico	p	10 ⁻¹²	un billonésimo

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE a presión atmosférica

Tabla 2

Temperatura	Densidad	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática	Velocidad del sonido
°C	ρ kg/m ³	μ N.s/m ² 10 ⁻⁵	ν m ² /s 10 ⁻⁶	C m/s
-30	1,452	1,56	1,08	312
-20	1,394	1,61	1,16	319
-10	1,342	1,67	1,24	325
0	1,292	1,72	1,33	331
10	1,247	1,76	1,42	337
20	1,204	1,81	1,51	343
30	1,164	1,86	1,60	349
40	1,127	1,91	1,69	355
50	1,092	1,95	1,79	360
60	1,060	2,00	1,89	366
70	1,030	2,05	1,99	371
80	1,000	2,09	2,09	377
90	0,973	2,13	2,19	382
100	0,946	2,17	2,30	387
200	0,746	2,57	3,45	436
300	0,616	2,93	4,75	480

PROPIEDADES FÍSICAS APROXIMADAS DE LÍQUIDOS COMUNES, a 20°C y presión atmosférica estándar

Tabla 3

Líquido	Densidad relativa	Módulo de elasticidad volumétrica	Presión de vapor	Tensión Superficial
	ρ _r	K GPa	p _v kPa	σ N/m
Agua	1	2,07	2,45	0,074
Aceite crudo	0,85 - 0,93	---	---	0,023-0,038
Aceite	0,85 - 0,88	---	---	0,035-0,038
Alcohol etílico	0,790	1,210	5,86	0,022
Benceno	0,880	1,030	10,00	0,029
Carboro, tetracloruro de	1,590	1,100	13,10	0,027
Mercurio	13,570	26,200	0,00	0,510
Querosén	0,810	---	---	0,023-0,032

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

Tabla 4

Temperatura	Densidad	Viscosidad	Viscosidad cinemática	Módulo de elasticidad volumétrica	Tensión Superficial	Presión de Vapor
°C	ρ kg/m ³	μ N.s/m ² 10 ⁻³	ν m ² /s 10 ⁻⁶	K Pa 10 ⁷	σ N/m 10 ⁻²	p _v Pa
0	999,9	1,792	1,792	204	7,62	588
1	999,9	1,732	1,732			
2	1000,0	1,674	1,674			
3	1000,0	1,619	1,619			
4	1000,0	1,568	1,568			
5	1000,0	1,519	1,519	206	7,54	882
6	1000,0	1,473	1,473			
7	999,9	1,429	1,429			
8	999,9	1,387	1,387			
9	999,8	1,348	1,348			
10	999,7	1,310	1,310	211	7,48	1.176
11	999,6	1,274	1,274			
12	999,5	1,239	1,240			
13	999,4	1,206	1,207			
14	999,3	1,175	1,176			
15	999,1	1,145	1,146	214	7,41	1.666
16	999,0	1,116	1,117			
17	998,8	1,088	1,089			
18	998,6	1,060	1,061			
19	998,4	1,034	1,036			
20	998,2	1,009	1,011	220	7,36	2.447
21	998,0	0,984	0,986			
22	997,8	0,961	0,963			
23	997,6	0,938	0,940			
24	997,5	0,916	0,918			
25	997,1	0,895	0,898	222	7,26	
26	996,8	0,875	0,878			
27	996,5	0,855	0,858			
28	996,3	0,836	0,839			
29	996,0	0,818	0,821			
30	995,7	0,800	0,803	223	7,18	4.297
35	994,1	0,723	0,727	224	7,10	
40	992,2	0,656	0,661	227	7,01	7.400
45	990,2	0,599	0,605	229	6,92	
50	988,1	0,549	0,556	230	6,82	12.22
55	985,7	0,506	0,513	231	6,74	
60	983,2	0,469	0,477	228	6,68	19.60
65	980,6	0,469	0,478	226	6,58	
70	977,8	0,406	0,415	225	6,50	30.70
75	974,9	0,380	0,390	223	6,40	
80	971,8	0,357	0,367	221	6,30	46.40
85	968,6	0,336	0,347	217	6,20	
90	965,3	0,317	0,328	216	6,12	68.20
95	961,9	0,299	0,311	211	6,12	
100	958,4	0,284	0,296	207	5,94	97.50

Anexo 4. Coeficientes de rugosidad de diferentes materiales [75]

Material	Coefficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C _H	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

(Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods)

Valores Típicos de Coeficientes de Rugosidad

Temp. °C	Peso Espec., γ (kN/m ³)	Densidad, ρ (kg/m ³)	Visc. Abs., μ (10 ⁻³ N-s/m ²)	Visc. Cin., ν (10 ⁻⁶ m ² /s)	Pre. Vap., p_v (kN/m ²)*
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.611
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.872
10	9.804	999.7	1.307	1.306	1.230
15	9.798	999.1	1.139	1.139	1.710
20	9.789	998.2	1.002	1.003	2.34
25	9.777	997.0	0.890	0.893	3.17
30	9.765	995.7	0.798	0.800	4.24
40	9.731	992.2	0.653	0.658	7.38
50	9.690	988.0	0.547	0.553	12.33

*Presión absoluta

(Fuente: Fluid Mechanics with Engineering Applications, Tenth Edition, McGraw-Hill)

Propiedades físicas del agua para una presión atmosférica estándar al nivel del mar

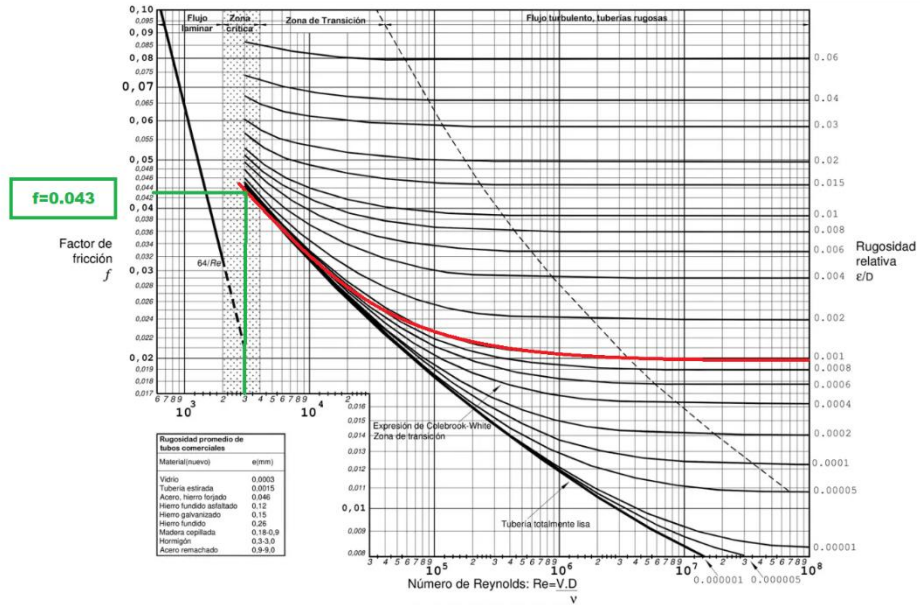
Anexo 5. Diagrama de Moody [73]

 <p>UTN - FRBA Hidráulica Gral. y Aplicada Curso 2010</p>	<p>Gráficos y Tablas</p>	<p>Pág. 9 de 9</p>
---	---------------------------------	---------------------------

Diagrama de Moody

Gráfico 2

Se puede utilizar indistintamente la Expresión de Colebrook-White: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -0.86 \ln \left(\frac{\epsilon}{D} \cdot 3.7 + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$

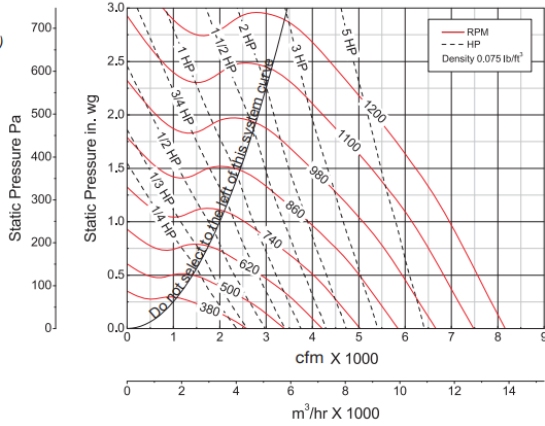
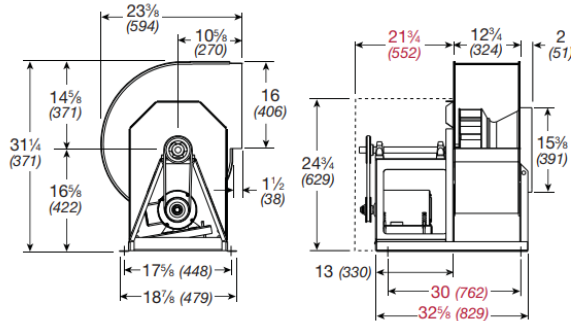


Anexo 6. Ficha técnica del ventilador SBF-15- Belt Drive

SFB-15 - Belt Drive



Note: New dimensions on this model



Wheel Diameter = 15 (381)
 Shaft Diameter = 1 (25)
 Outlet Area = 1.39 ft² (0.129 m²)
 Mounting Hole Size = 1/2 (13)
 ^Approximate Unit Weight = 214 lb. (97 kg)

All dimensions in inches (millimeters)
 For additional discharge positions see page 12
 ^Weight shown is largest cataloged Open Drip Proof motor

Maximum BHP at given RPM = (RPM/720)³
 (Maximum KW at a given RPM = (RPM/794)³)
 Maximum RPM = 1200 and Minimum RPM = 380
 Tip Speed (ft/min.) = RPM x 3.93
 (Tip Speed (m/s) = RPM x 0.0200)
 Maximum Motor Frame Size = 184T

SFB-15

CFM	OV	Static Pressure in Inches wg										
		0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	2.75	
1560	1125	RPM	395	508								
		BHP	0.16	0.25								
		Sones	6.0	8.1								
1860	1342	RPM	421	529	619							
		BHP	0.23	0.33	0.43							
		Sones	7.5	8.8	9.4							
2160	1558	RPM	450	554	638	716						
		BHP	0.32	0.44	0.55	0.67						
		Sones	9.9	9.6	10.3	11.2						
2460	1775	RPM	481	580	663	734	803	865				
		BHP	0.42	0.56	0.70	0.83	0.97	1.09				
		Sones	10.9	10.6	11.4	12.0	13.4	15.2				
2760	1991	RPM	514	608	688	759	822	884	941			
		BHP	0.56	0.71	0.87	1.03	1.17	1.32	1.47			
		Sones	11.5	11.9	12.3	12.8	14.0	15.6	17.2			
3060	2208	RPM	549	637	715	784	846	903	959	1013		
		BHP	0.72	0.89	1.07	1.24	1.41	1.57	1.74	1.90		
		Sones	12.7	13.5	13.2	13.5	14.6	16.0	17.5	19.0		
3360	2424	RPM	585	668	742	810	871	928	980	1031	1128	1174
		BHP	0.91	1.11	1.29	1.49	1.68	1.87	2.04	2.22	2.58	2.75
		Sones	14.1	14.9	14.0	14.1	15.0	16.5	17.9	19.4	22	24
3660	2641	RPM	623	701	772	837	897	953	1005	1053	1147	1192
		BHP	1.14	1.35	1.56	1.76	1.98	2.18	2.39	2.58	2.98	3.17
		Sones	15.9	16.0	14.7	14.7	15.4	17.0	18.6	20	23	24
3960	2857	RPM	662	734	802	865	924	979	1030	1078	1166	
		BHP	1.41	1.63	1.86	2.07	2.31	2.54	2.76	2.98	3.40	
		Sones	17.8	17.3	15.9	15.4	16.3	17.7	19.3	21	23	
4260	3074	RPM	701	768	834	895	951	1005	1056	1103	1191	
		BHP	1.71	1.95	2.20	2.44	2.67	2.93	3.17	3.41	3.88	
		Sones	18.9	18.6	17.2	16.6	17.6	18.9	20	22	24	
4560	3290	RPM	742	804	867	925	980	1032	1082	1129		
		BHP	2.06	2.32	2.59	2.85	3.09	3.35	3.63	3.89		
		Sones	20	19.8	18.8	18.4	19.2	20	22	23		

Performance certified is for installation Type B - Free inlet, Ducted outlet. Power rating (Bhp) does not include transmission losses. Performance ratings do not include the effects of appurtenances (accessories). The AMCA Certified Ratings Seal applies to air performance only.

Certificate of Calibration and Conformity

Instrument Type

CEL-712 Microdust Pro

Serial Number
Firmware revision

4639635
08

Probe Serial Number 2999379



Calibration Principle:

The sensitivity of this Instrument has been established using a factory reference 'Calibration Insert'. The 'Calibration Insert' uses the optical light scattering technique.

The factory reference 'Calibration Insert' has demonstrated traceability to gravimetric calibration using Casella's Wind tunnel dust generation system using ISO 12103-1 A2 Fine test dust (Natural ground mineral dust, predominantly silica, Arizona Road Dust equivalent, Particle size range 0.1 to 80 µm).

The value shown on the supplied user 'Calibration Insert' is to provide a stable method for the user to return to the instrument sensitivity level back to factory conditions and thus traceable to wind tunnel gravimetric tests.
For calibration and optimum accuracy to user specific dusts types and conditions, please refer to the user handbook.

Test Conditions:

Temperature >	21.6	°C
Humidity >	43.8	%RH
Pressure >	1010.6	mBar

Equipment used for Calibration of "Reference Insert":

Wind Tunnel:-	Casella Wind Tunnel	Serial Number:	EQ10732
Microbalance:-	Cahn C-33	Serial Number:	75610
Velocity Probe:-	Air Velocity Proba	Serial Number:	11149
Flow Meter:-	BGI TriCal	Serial Number:	EQ10995

Calibration Results:

Casella Factory Reference 'Calibration Insert' :-	Serial Number:	E011063	Value:	14.937
Supplied 'Calibration Insert' For Probe :-	Serial Number:	2999379	Value:	114.6

Declaration of conformity:

This test certificate confirms that the instrument as specified above has been successfully tested and adjusted to comply with the manufacturer's published specifications.

This product is certified as being compliant to the requirements of the CE Directive.

Test Engineer:
Date of Issue:

Chris Chesney
03/03/2022

Anexo 8. Certificado de calibración bomba de muestreo marca Criffer modelo Accura 3 Plus



Certificado de Calibración

Número del certificado: CRV3966/2022

Fecha de la calibración: 11/01/2022
Fecha de emisión del certificado: 11/01/2022

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre: BIOENERGY ENVIROMENT &CONSULTING
Dirección: QUITO FRANCISCO AGUIRRE N52-99 Y R - QUITO, QUITO - EQUADOR

IDENTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO CALIBRADO:

Instrumento: Bomba de Muestreo
Fabricante: Criffer

Modelo: Accura 3 Plus
Número de serie: 22000060

PROCEDIMIENTO(S) DE CALIBRACIÓN: PC VAZ01 - Revisión: 01

MÉTODO(S): Comparación directa con el estándar de referencia.

ESTÁNDAR(ES) UTILIZADO(S):

- Mezalabs - Defender 320-M - Certificado de calibración n° 1383
- Testo - Testo 622 - Certificado de calibración n° T0648
- Cassio - Stopwatch HS-3 - Certificado de calibración n° F0609,

CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura: $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
Humedad Relativa: $70\% \pm 25\%$
Presión Atmosférica: $101,32\text{ kPa} \pm 10\%$

NOTAS:

- Los resultados de la calibración están contenidos en tablas adjuntas, que relacionan los valores indicados por el instrumento en prueba, con valores obtenidos a través de la comparación con los patrones e incertidumbre estimadas de la medición (IM).
- La incertidumbre ampliada de medición se declara como la incertidumbre combinada, multiplicada por el factor de cobertura "k", corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%, según la distribución de probabilidad t-Student, con grados de libertades efectivos (Veff).
- La incertidumbre estándar de calibración se determinó de acuerdo con la "guía para la expresión de incertidumbre de medición".
- Esta calibración no substituye ni exige los cuidados mínimos del control metroológico.
- Este certificado se refiere exclusivamente al elemento calibrado y no se extiende a ningún lote.
- El certificado no debe ser reproducirse total o parcialmente sin autorización previa.
- Calibración realizada en las instalaciones de CrifferLab, ubicada en la avenida Theodomiro Porto da Fonseca, 3101, Unidad 6, sala 203, Barrio: Cristo Rei, Ciudad: São Leopoldo - RS, com estándares calibrados en laboratorios acreditados a la coordinación general de acreditación del INMETRO.
- El presente certificado de calibración cumple los requisitos de la norma ABNT NBR ISO IEC 17025.

Anexo 9. Certificado de calibración para calibrador para bomba marca Criffer, modelo CR 4



Certificado de Calibración

Número del certificado: CRV3965/2022

Fecha de la calibración: 11/01/2022
Fecha de emisión del certificado: 11/01/2022

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre: BIOENERGY ENVIROMENT & CONSULTING
Dirección: QUITO FRANCISCO AGUIRRE N32-99 Y R - QUITO, QUITO - EQUADOR

IDENTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO CALIBRADO:

Instrumento: Calibrador de Flujo Digital
Fabricante: Criffer

Modelo: CR-4
Número de serie: 23000899

PROCEDIMIENTO(S) DE CALIBRACIÓN UTILIZADO(S): PC VAZ02 - Revisión: 01

MÉTODO(S): Comparación directa con el estándar de referencia.

ESTÁNDAR(ES) UTILIZADOS(S):

- Mesalabs - Defender 520-M - Certificado de calibración n° 1583
- Testo - Testo 622 - Certificado de calibración n° T0648

CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura: 23,0 °C ± 3,0 °C
Humedad Relativa: 70 % ± 25 %
Presión Atmosférica: 101,32 kPa ± 10 %

NOTAS:

- Los resultados de la calibración están contenidos en tablas adjuntas, que relacionan los valores indicados por el instrumento en prueba, con valores obtenidos a través de la comparación con los patrones e incertidumbres estimadas de la medición (IM).
- La incertidumbre ampliada de medición se declara como la incertidumbre de medición multiplicada por el factor de cobertura "k", corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%, según la distribución de probabilidad t-Student, con grados de libertades efectivos (Veff).
- La incertidumbre estándar de calibración se determinó de acuerdo con la "guía para la expresión de incertidumbre de medición".
- Esta calibración no sustituye ni exige los cuidados mínimos del control metrológico.
- Este certificado se refiere exclusivamente al elemento calibrado y no se extiende a ningún lote.
- El certificado no debe reproducirse total o parcialmente sin autorización previa.
- Calibración realizada en las instalaciones de CrifferLab, ubicada en la avenida Theodomiro Porto da Fonseca, 3101, Unidad 6, sala 203, Barrio: Cristo Rei, Ciudad: São Leopoldo - RS, con estándares calibrados en laboratorios acreditados a la coordinación general de acreditación del INMETRO.
- O presente certificado de calibración cumple los requisitos de la norma ABNT NBR ISO IEC 17025.