

**Diseño y simulación de un sistema de ventilación para la extracción de material particulado
en Fertilgran S.A.S.**

Juan Camilo Tamayo Salazar

Asesor

Gerson Orlando Garcia Caicedo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Sociales Artes y Humanidades ECSAH

Ingeniería industrial

2025

Dedicatoria

A mi madre, Lucero Salazar,
Donde quiera que estés siempre me acompañas con amor.

Resumen

El sector de producción de fertilizantes en Colombia enfrenta actualmente desafíos significativos debido a las emisiones de gases y material particulado que afectan tanto al ambiente como a la salud de los trabajadores. En este contexto, el presente trabajo aborda el caso de la empresa FERTILGRAN S.A.S., cuya bodega de producción carece de un sistema de ventilación adecuado, generando acumulación de partículas y temperaturas elevadas en el ambiente laboral. El objetivo fue diseñar un sistema de ventilación localizada y un sistema de filtración automática que garantizara condiciones seguras y sostenibles para los operarios.

Para ello, se realizaron mediciones ambientales con equipos de laboratorio especializados y se tomaron como referencia la Norma Técnica Colombiana NTC 5183 (2003), el Manual práctico de ventilación de Soler y Palau y la Norma 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo. Con base en los resultados obtenidos, se calcularon parámetros como velocidad de captación, velocidad de transporte y caudal de aire requerido, lo que permitió seleccionar y dimensionar los equipos necesarios, incluyendo ciclón colector con filtro, codos de unión y extractor centrífugo. El diseño propuesto además de cumplir con la normatividad vigente, también promueve la sostenibilidad ambiental y la innovación en el sector, asegurando un ambiente de trabajo más seguro y saludable para los colaboradores de la empresa.

Palabras clave: ventilación, fertilizantes, material particulado, diseño industrial, sostenibilidad

Abstract

The fertilizer production sector in Colombia currently faces important challenges due to the emission of gases and particulate matter that affect both the environment and workers' health. This study analyzes the case of the company FERTILGRAN S.A.S., whose production warehouse does not have an adequate ventilation system, causing the accumulation of dust and high temperatures in the workplace. The main objective was to design a local ventilation system and an automatic filtration system to guarantee safe and sustainable conditions for workers.

Environmental measurements were carried out with laboratory equipment, and the Colombian Technical Standard NTC 5183 (2003), the Practical Ventilation Manual of Soler and Palau, and the Colombian Ministry of Labor Standard 2400 (1979) were used as references. Based on the results, parameters such as capture velocity, transport velocity, and air flow were calculated. This information allowed the selection and design of the necessary equipment, including a cyclone collector with filter, union elbows, and a centrifugal fan. The proposed system complies with national regulations and promotes environmental sustainability and innovation in the sector, while ensuring a safer and healthier work environment for employees

Keywords: ventilation, fertilizers, particulate matter, industrial design, sustainability

Tabla de Contenido

Introducción	16
Justificación	18
Objetivos.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos	20
Metodología	21
Capitulo 1: requerimientos teóricos y técnicos.....	23
Fundamentación teórica.....	23
Ventilación.....	23
Sistemas de ventilación.....	23
Ventilación industrial mecánica.....	23
Ventilación general	24
Requisitos de la ventilación	25
Tipos de ventiladores	26
Ventilador centrífugo.....	26
Ventilador axial de inyección	26
Ventilador axial de extracción	27
Selección de ventiladores	28
Normatividad de referencia	28
Capitulo 1 Diagnóstico del proyecto.....	31
Generalidades	31
Diagnostico.....	34

Estudio de costos	34
Valores límites permisibles del contador de partículas	35
Evaluación de niveles de concentración de material particulado	40
Equipos utilizados	40
Etapas de la operación	41
Análisis de laboratorio	43
Cargos o sitios evaluados.....	44
Actividad en el área de producción	44
Resultados.....	48
Capitulo 3: Diseño del sistema de ventilación y requerimientos técnicos.....	49
Accesorios del sistema de ventilación	49
Campanas.....	49
Campana del proyecto: campana elevada extractora	49
Sistema de filtros de ventilación.....	50
Colector con filtro receptor.....	50
Codos y conexiones de tubería	52
Codo continuo.....	52
Filtros	52
Cartucho o Dust Collector	53
Estibas plásticas pesadas Clase A.....	54
Estibas plásticas pesadas Clase C	58
Demarcación de áreas de la empresa	61
Características constructivas del sistema de ventilación	64

Capitulo 4: Recomendaciones Técnicas y Operativas	76
Manual de Mantenimiento de Ventiladores, Ductos y Colector	76
Importancia del mantenimiento	76
Ventilador centrífugo de transmisión	76
Mantenimiento general	79
Revisión de tensión de bandas	84
Alineación de poleas	85
Alineación láser	85
Medición de amperaje.....	87
Factores externos	88
Mantenimiento de ductos.....	90
Mantenimiento del colector centrífugo.....	92
Beneficios del correcto funcionamiento del sistema de ventilación.....	94
Beneficios de la ventilación industrial.....	95
Elementos de Protección Personal (EPP)	95
Clasificación de los Elementos de Protección Personal (EPP).....	99
Características de los elementos de protección.....	100
Entrega de los Elementos de Protección Personal (EPP)	126
Uso de los Elementos de Protección Personal	127
Perfil de la Persona Encargada de Seguridad y Salud en el Trabajo	127
Beneficios de la utilización de los elementos de proteccion	128
Conclusiones	131
Recomendaciones	134

Referencias Bibliográficas	135
Apéndices.....	136

Lista de Figuras

Figura 1 ventilación extracción e inyección	24
Figura 2. ventilación localizada.	25
Figura 3 ventilador centrifugo	26
Figura 4 ventilador axial de inyección	27
Figura 5 ventilador axial extracción	28
Figura 6 Bodega de Feltigran S.A.S.	31
Figura 7 contador de partículas	36
Figura 8 Calibrador primario, casetes y bomba de muestreo personal	41
Figura 9 Diagrama de flujo del pre muestreo	42
Figura 10 Diagrama de flujo del muestreo	42
Figura 11 Diagrama de flujo de pos muestreo	43
Figura 12 Clasificación del Índice de Exposición Diario	47
Figura 13 Campana elevada	50
Figura 14 Camara de filtrado	51
Figura 15 Codos	52
Figura 16 Collector	53
Figura 17 Eficiencia de colección de partículas del filtro tipo cartucho	54
Figura 18 Estibas clase A	55
Figura 19 Estibas clase B	57
Figura 20 Estibas clase C	59
Figura 21 Plano en planta de la bodega de producción	60
Figura 22 Plano demarcación de la empresa	63

Figura 23 Bodega de Feltrigran S.A.S.	64
Figura 24. Esquema del sistema de ventilación localizada con campanas, ductos y colector de partículas	66
Figura 25 velocidad de captación, manual de ventilación soleu y palau	68
Figura 26 Velocidad de captación	68
Figura 27 velocidad de transporte	69
Figura 28 Esquema del sistema de ventilación con campanas, ductos y colector de partículas	71
Figura 29 Tramos 1 y 2 Campana de captación y primer tramo de ducto con codo	72
Figura 30 Tramos 3 y 4 Ensanche del ducto y unión de campanas de extracción	73
Figura 31 Tramo 5 final del ducto con codo de salida	74
Figura 32 Pérdidas de carga en el sistema de ventilación	75
Figura 33 vista general	77
Figura 34 Componentes generales del ventilador	77
Figura 35 Opciones de rotación y descarga	78
Figura 36 Posicionamiento del motor	78
Figura 37 Lubricación	83
Figura 38 Tensión de bandas	84
Figura 39 Alineación de poleas	85
Figura 40 Alineación laser - 1	86
Figura 41 Alineación laser - 2	87
Figura 42 Medición de amperaje	88
Figura 43 Factores externos	89

Figura 44 Nivel de riesgo.....	99
Figura 45 Formato de solicitud de cambio de Elementos de Protección Personal EPP.....	130

Lista de Tablas

Tabla 1. Concentración promedio de material particulado en la bodega de FERTILGRAN S.A.S.	32
Tabla 2. Valores de referencia de material particulado según normativas internacionales y nacionales	33
Tabla 3 Valores límites permisibles para PM_{2.5} según UNE 117330 – Parte 2	36
Tabla 4 Valores Límites Permisibles PM₁₀	37
Tabla 5 Valoración del riesgo de exposición a MP_{2.5} y MP₁₀	37
Tabla 6 Puestos de trabajo evaluados	39
Tabla 7 Resultados de concentración de material particulado en puestos de trabajo	40
Tabla 8 Método NIOSH 0500	44
Tabla 9 Condiciones de la medición:	45
Tabla 10 TLV para material particulado, año 2024	46
Tabla 11 Resultados de concentración de material particulado – medición de área (sin EPP)	48
Tabla 12 Cálculo de costos de Estibas clase A	56
Tabla 13 Cálculo de costos Estibas clase B	57
Tabla 14 Costos Estibas clase C	60
Tabla 15 Demarcacion áreas de la empresa	62
Tabla 16 Metodos de limpieza tubería para material particulado	91
Tabla 17 Programa típico de mantenimiento	92
Tabla 18 Programa óptimo de mantenimiento del colector centrífugo	93
Tabla 19 Programa típico cambio de cartucho	94

Tabla 20 Formato de evaluacion y caducidad de EPP	96
Tabla 21 Respirador clase A N95	100
Tabla 22 Respirador clase B R95	101
Tabla 23 Respirador clase C KN95	102
Tabla 24 Tiempo de cambio respirador	103
Tabla 25 Costos tapa boca tipo A N95 en FERTILGRAN S.A.S.	105
Tabla 26 Costos anuales de tapabocas tipo B R95 en FERTILGRAN S.A.S.....	105
Tabla 27 Costos anuales de tapabocas clase C KN95 en FERTILGRAN S.A.S.	106
Tabla 28 Lentes de protección clase A Goggle Gear	106
Tabla 29 Gafas clase b Montura Universal	107
Tabla 30 Clase C gafas de montura integral	108
Tabla 31 Tiempo de Cambio de los lentes	109
Tabla 32 Costos anuales de gafas de seguridad tipo A Goggle Gear en FERTILGRAN S.A.S.	111
Tabla 33 Costos anuales de gafas de seguridad tipo B Montura Universal en FERTILGRAN S.A.S.....	111
Tabla 34 Costos anuales de gafas de seguridad tipo C Montura Integral en FERTILGRAN S.A.S.	111
Tabla 35 overol clase A compuesto tyvek 400	112
Tabla 36 overol clase B compuesto tyvek 500	113
Tabla 37 overol clase C compuesto tyvek 600	113
Tabla 38 Tiempo de Cambio overol	114
Tabla 39 Costos anuales de overoles tipo A Tyvek 400 en FERTILGRAN S.A.S.....	116

Tabla 40 Costos anuales de overoles tipo B Tyvek 500 en FERTILGRAN S.A.S.	116
Tabla 41 Costos anuales de overoles tipo C Tyvek 600 en FERTILGRAN S.A.S.	117
Tabla 42 Guante clase A multiflex poliéster nitrilo	117
Tabla 43 Guantes clase B kevlar.....	118
Tabla 44 Guantes clase C Dyneema	119
Tabla 45 Tiempo de Cambio Guantes.....	120
Tabla 46 Costos anuales de guantes clase A Multiflex poliéster nitrilo en FERTILGRAN S.A.S.	122
Tabla 47 Costos anuales de guantes clase B Kevlar en FERTILGRAN S.A.S.....	123
Tabla 48 Costos anuales de guantes clase C Dyneema en FERTILGRAN S.A.S.	123
Tabla 49 Mascara Respirador Media Cara 3m 6200 + Filtros 6003 O 6001.....	123
Tabla 50 Costos anuales de máscara respirador media cara 3M 6200 + filtros (modelos 6003 o 6001)	126

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Ejemplo Política de seguridad y salud en el trabajo</i>	136
Apéndice B <i>Plan de capacitación de importancia y buen uso elementos de protección</i>	136
Apéndice C <i>Matriz de riesgos</i>	136
Apéndice D <i>Matriz de elementos de Epp</i>	136

Introducción

En el contexto actual, la industria de fertilizantes en Colombia enfrenta importantes retos asociados al impacto ambiental y a las condiciones de salud ocupacional que derivan de sus procesos productivos. Entre los factores más críticos se encuentra la emisión de material particulado, un contaminante que, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2021), constituye un riesgo significativo para la salud respiratoria y cardiovascular de las personas expuestas de forma continua. Esta problemática no solo compromete el bienestar de los trabajadores, sino que también plantea desafíos en términos de sostenibilidad y responsabilidad empresarial.

El presente trabajo tiene como propósito diseñar un sistema de ventilación y filtración automática para la empresa FERTILGRAN S.A.S., con el fin de reducir la concentración de material particulado en su bodega de producción. El enfoque adoptado combina un marco teórico fundamentado en normas técnicas y estudios previos, entre ellos la Norma Técnica Colombiana NTC 5183 (ICONTEC, 2003) y el *Manual práctico de ventilación* de Soler y Palau (2006), con el diagnóstico de las condiciones ambientales actuales de la instalación, pues de esta manera, se busca proponer una solución técnica que se articule con la normativa vigente y que contribuya a mejorar la calidad del ambiente laboral.

La investigación no se limita a la descripción del problema, sino que procura mantener una perspectiva crítica y aplicada. En este sentido, se integra un plan de evaluación de riesgos que permite identificar las fuentes de emisión y caracterizar los agentes químicos presentes, orientando así el diseño hacia las áreas de mayor impacto, este enfoque coincide con lo planteado por Holmberg et al., (2012), quienes señalan que la adecuada gestión de la ventilación industrial es un factor determinante en la prevención de enfermedades profesionales.

Así pues, el documento se organiza en cuatro capítulos que corresponden a los objetivos específicos del proyecto: el primer capítulo aborda el diagnóstico ambiental de la bodega; el segundo, el cálculo del caudal de aire y los parámetros técnicos de ventilación; el tercero, la selección y dimensionamiento de los equipos requeridos; y el cuarto, las recomendaciones para la implementación y mantenimiento del sistema. Con ello, se busca ofrecer un aporte académico y práctico que contribuya al fortalecimiento de la seguridad laboral y al desarrollo sostenible del sector.

Justificación

La elección de este tema responde a la necesidad de abordar una problemática que afecta de manera directa tanto la salud de los trabajadores como la sostenibilidad de los procesos productivos en la industria de fertilizantes. La acumulación de material particulado en espacios cerrados constituye un riesgo ocupacional que no solo compromete el bienestar de los empleados, sino que también repercute en el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales en materia de higiene y seguridad industrial. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (2021) advierte que la exposición prolongada a partículas finas incrementa significativamente el riesgo de enfermedades respiratorias crónicas, cardiovasculares y cáncer de pulmón, lo que convierte su control en una prioridad para garantizar ambientes laborales seguros y saludables.

En el contexto colombiano, la implementación de sistemas de ventilación industrial enfrenta limitaciones relacionadas con la falta de tecnologías adaptadas a las condiciones específicas de pequeñas y medianas empresa; esta situación genera vacíos que afectan la efectividad de las medidas de prevención y control, y que, en consecuencia, debilitan la capacidad de las organizaciones para proteger adecuadamente a sus trabajadores. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2020) ha señalado que la prevención de riesgos laborales mediante la mejora en infraestructura y ventilación no solo preserva la vida y la integridad física de los empleados, sino que también fortalece la productividad, la competitividad y la sostenibilidad de las empresas en el largo plazo. En este marco, la presente investigación busca aportar una solución técnica y aplicada que combine criterios de ingeniería, sostenibilidad y salud ocupacional.

Asimismo, este trabajo se justifica por su doble relevancia, tanto académica como profesional, primero desde la perspectiva académica, aporta al fortalecimiento del conocimiento en torno a la aplicación de normas técnicas y estrategias de ventilación industrial, en un sector que resulta clave para la economía nacional y que aún presenta limitadas investigaciones desde un enfoque integral; por otra parte, desde el ámbito profesional, ofrece un modelo replicable para otras empresas del sector productivo que enfrentan problemáticas similares, lo que convierte los hallazgos en una herramienta útil para el diseño de políticas, programas de prevención y planes de gestión ambiental.

De esta forma, se espera que los resultados obtenidos contribuyan al mejoramiento de las condiciones de trabajo y, al mismo tiempo, promuevan una gestión empresarial más responsable con la salud y el medio ambiente.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de ventilación y sistema de filtración automático para una bodega de producción de fertilizantes agrícolas

Objetivos Específicos

Fundamentar teóricamente los conceptos relacionados con la ventilación industrial, sistemas de extracción y normatividad aplicable, con el fin de sustentar el diseño del sistema.

Diagnosticar las condiciones ambientales de la bodega, incluyendo la concentración de material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), la identificación de contaminantes en las áreas operativas y el cálculo del caudal de aire necesario para garantizar una ventilación adecuada.

Seleccionar y dimensionar los equipos de ventilación y filtración mecánica, asegurando su eficiencia en la extracción y control de contaminantes.

Proponer recomendaciones técnicas y operativas para la implementación y mantenimiento del sistema, orientadas a minimizar riesgos químicos, mejorar la seguridad ocupacional y promover un ambiente de trabajo saludable.

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, orientado a la solución de un problema real en la empresa FERTILGRAN S.A.S., mediante el diseño de un sistema de ventilación y filtración de material particulado. El estudio se fundamentó en la ingeniería industrial y la salud ocupacional, integrando principios técnicos con criterios de sostenibilidad ambiental y protección de los trabajadores.

El procedimiento metodológico se estructuró en cuatro etapas principales: en primer lugar, se realizó un diagnóstico ambiental en la bodega de producción, para lo cual se llevaron a cabo mediciones con equipos especializados de laboratorio, incluyendo contadores de partículas y equipos de registro de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$). Estos resultados permitieron establecer las condiciones iniciales de exposición de los trabajadores. En la segunda etapa, se calcularon los parámetros técnicos de ventilación (caudal de aire, velocidad de captación y transporte) con base en los datos obtenidos y en los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 5183 (ICONTEC, 2003). Posteriormente, en la tercera etapa, se procedió a la selección y dimensionamiento de los equipos necesarios para el sistema, como el ciclón colector con filtro, los codos de unión y el extractor centrífugo, empleando como referencia el Manual práctico de ventilación de Soler y Palau (2006). Finalmente, en la cuarta etapa, se formularon recomendaciones de implementación y mantenimiento del sistema, considerando la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo, que regula los parámetros mínimos de ventilación en ambientes laborales.

Durante el desarrollo de la investigación, se adoptó un enfoque preventivo en salud ocupacional, sustentado en la identificación de riesgos y la caracterización de los agentes químicos presentes en el proceso productivo. Este procedimiento permitió garantizar que el

diseño propuesto respondiera tanto a las exigencias normativas como a las necesidades reales de la empresa, contribuyendo a mejorar las condiciones ambientales de trabajo y a proteger la salud de los operarios.

Capítulo 1: requerimientos teóricos y técnicos

Fundamentación teórica

Ventilación

Se entiende por ventilación la sustitución de una porción de aire, que se considera indeseable, por otra que aporta una mejora en pureza, sustituir el aire al interior de un local considerando niveles de pureza del ambiente. (Palau, 2006)

La ventilación de los seres vivos, las personas entre ellos, les resuelve funciones vitales como el suministro de oxígeno para su respiración y a la vez les controla el calor que producen y les proporciona condiciones de confort.

La ventilación de máquinas o de procesos industriales según Palau (2006) permite controlar el calor, la toxicidad de los ambientes o la explosividad potencial de los mismos, garantizando en muchos casos la salud de operarios que están en dichos ambientes de trabajo.

Sistemas de ventilación

Ventilación industrial mecánica

La ventilación industrial mecánica se define como el movimiento del aire generado a través de ventiladores accionados por motores eléctricos. Este sistema constituye una alternativa más eficiente que la ventilación natural, ya que ofrece un flujo constante y regulado de aire.

Dentro de esta categoría se distinguen dos tipos principales:

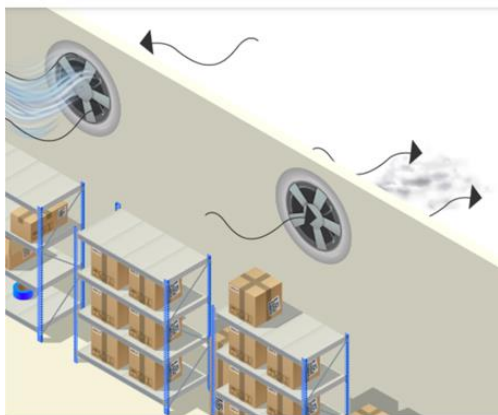
- **Ventilación ambiental**, cuyo objetivo es diluir los contaminantes en el aire del recinto, distribuyéndolos en concentraciones más bajas y reduciendo así sus efectos nocivos.
- **Ventilación localizada**, que busca extraer los contaminantes directamente en la fuente emisora, evitando su dispersión en el espacio de trabajo y mejorando la eficacia en el control de partículas y vapores.

Ventilación general

La ventilación general se basa en la combinación de procesos de inyección y extracción de aire. La inyección permite introducir aire fresco en el interior del recinto, mientras que la extracción expulsa el aire viciado, contaminado o caliente hacia el exterior. Este mecanismo complementario garantiza la renovación constante del aire y facilita el control de variables críticas como la calidad ambiental, la temperatura y la humedad relativa.

Gracias a la acción simultánea de estos procesos, se obtiene un ambiente más seguro y estable, que favorece el bienestar de los trabajadores y la eficiencia de los procesos industriales.

Figura 1 ventilación extracción e inyección

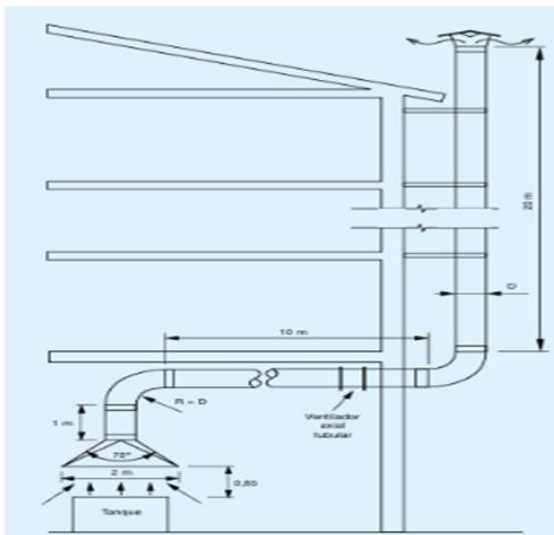


Fuente : (Palau, Manuel Practico de la Ventilacion , 2006)

Ventilación localizada

La ventilación localizada se basa en la captación del contaminante directamente en su fuente de emisión, antes de que se disperse en el ambiente laboral. Para ello se utilizan campanas de extracción que rodean el foco contaminante y conducen el aire cargado de partículas hacia el exterior mediante un sistema de ductos. Este tipo de ventilación es considerado más eficaz que la ventilación general, ya que controla el problema en el origen y reduce significativamente la exposición de los trabajadores (Soler & Palau, 2006).

Figura 2. ventilación localizada.



Fuente : (Palau, Manuel Practico de la Ventilacion , 2006)

Requisitos de la ventilación

El principal riesgo de las sustancias químicas en la industria, como el material particulado, radica en su impacto sobre la salud de las personas. La concentración y el tiempo de exposición determinan el nivel de toxicidad, que puede clasificarse como tóxico, altamente tóxico o extremadamente tóxico. Estudios médicos y epidemiológicos señalan que los daños aumentan de manera proporcional a la dosis y al tiempo de exposición, lo que resalta la importancia de establecer límites seguros en los ambientes de trabajo (Holmberg et al., 2012).

En este sentido, los sistemas de extracción de aire pueden combinar la inyección y la extracción general con la ventilación mecánica localizada, garantizando un flujo continuo que reemplace el aire contaminado por aire limpio. Para lograrlo, se deben considerar factores como las dimensiones de la bodega, el tamaño de los puestos de trabajo que generan contaminación, la altitud del lugar, la temperatura atmosférica, así como la disposición de los conductos y el número de codos en la red.

Tipos de ventiladores

Ventilador centrífugo

El ventilador centrífugo se caracteriza por mover el aire de manera perpendicular al eje de sus aspas, a diferencia de los ventiladores axiales que lo impulsan en línea recta. Su funcionamiento se basa en una rueda provista de paletas que gira a gran velocidad dentro de una carcasa en forma de espiral. El aire ingresa por el centro de la rueda y es proyectado hacia afuera, lo que permite conducirlo a través de ductos o tuberías.

Gracias a esta dinámica, el ventilador centrífugo puede superar pérdidas de carga y obstáculos en el recorrido del aire, por lo que resulta ampliamente utilizado en aplicaciones industriales que requieren transportar caudales a presiones medias o altas. Además, se distingue por su robustez, bajo nivel de ruido y capacidad de trabajar en condiciones exigentes, lo que lo convierte en una opción confiable para sistemas de ventilación industrial (Soler & Palau, 2006).

Figura 3 ventilador centrifugo



Fuente: (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

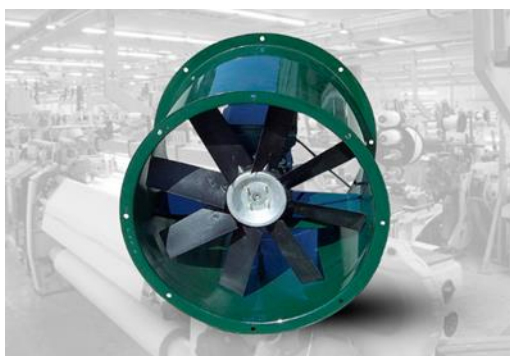
Ventilador axial de inyección

El ventilador axial de inyección se caracteriza por mover el aire en dirección paralela al eje de sus aspas, de modo que el flujo de entrada y salida sigue una trayectoria recta. Su función

principal consiste en impulsar aire hacia el interior de un recinto, permitiendo la renovación del ambiente mediante la introducción de aire fresco, el cual puede ser previamente filtrado o acondicionado según las necesidades del proceso.

Este tipo de ventilador resulta especialmente adecuado para movilizar grandes volúmenes de aire a bajas presiones, lo que lo hace eficiente y económico en aplicaciones donde la resistencia al paso del aire es baja o moderada. Para su correcto funcionamiento es indispensable contar con aberturas adicionales que permitan la salida del aire desplazado, garantizando así la circulación continua y la renovación constante del aire en el recinto (Soler & Palau, 2006).

Figura 4 ventilador axial de inyección



Fuente : (Palau, Manuel Practico de la Ventilacion, 2006)

Ventilador axial de extracción

El ventilador axial de extracción se caracteriza por movilizar el aire en una trayectoria paralela al eje de sus aspas o hélices, con la función principal de expulsar el aire desde un espacio cerrado hacia el exterior o hacia otro ambiente. Su mecanismo de operación se basa en el giro de las aspas, impulsadas por un motor, lo que genera una diferencia de presión que facilita el desplazamiento del aire hacia fuera del recinto.

Gracias a este principio, los ventiladores axiales de extracción resultan idóneos para retirar humos, vapores, gases, olores o aire viciado, mejorando así la calidad del aire interior. Estos equipos se emplean de forma habitual en entornos industriales y en espacios como cocinas,

talleres o almacenes, donde se requiere la renovación constante del aire con grandes volúmenes a baja presión (Soler & Palau, 2006).

Figura 5 ventilador axial extracción



Fuente : (Palau, Manuel Practico de la Ventilacion, 2006)

Selección de ventiladores

La selección adecuada de un ventilador depende de diversos parámetros técnicos que garantizan la eficiencia del sistema de ventilación en un espacio determinado. Entre los factores más relevantes se encuentran el caudal de aire requerido y la caída de presión total del sistema, la cual debe calcularse considerando todos los accesorios instalados, como ductos, codos y filtros.

Además, influyen variables ambientales y de diseño, tales como la altitud de la zona, la densidad del aire, la temperatura y el nivel de humedad relativa. Estos aspectos determinan el desempeño del ventilador y aseguran que su operación sea compatible con las condiciones específicas del recinto. Una correcta selección permite no solo mantener la calidad del aire, sino también optimizar el consumo energético y prolongar la vida útil de los equipos (Soler & Palau, 2006).

Normatividad de referencia

El diseño de un sistema de ventilación industrial requiere fundamentarse en un marco legal y normativo que garantice la protección de la salud de los trabajadores, el cumplimiento de

los estándares de seguridad ocupacional y la sostenibilidad ambiental. A continuación, se presentan las principales disposiciones nacionales e internacionales que sirvieron de guía en este proyecto.

Resolución 2400 de 1979 – Ministerio de Trabajo de Colombia

Establece disposiciones generales sobre vivienda, higiene y seguridad en los lugares de trabajo. En sus artículos 70, 71, 74, 75, 77 y 78 se detallan los lineamientos específicos sobre ventilación, asegurando el suministro de aire limpio y fresco de manera permanente. Además, define parámetros mínimos de espacio y volumen de aire por trabajador, fundamentales para prevenir enfermedades y accidentes laborales.

Norma Técnica Colombiana NTC 5183 (ICONTEC, 2003)

Define los requisitos de ventilación en espacios interiores y establece procedimientos para el diseño, construcción y operación de sistemas. Incluye criterios de clasificación de equipos, rangos de caudal y velocidades de transporte, sirviendo como guía clave para la reducción de contaminantes en ambientes laborales.

Decreto 1073 de 2015 (antes 2002)

Regula la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en Colombia, estableciendo límites máximos permisibles para contaminantes como dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas (PM_{2.5} y PM₁₀), plomo, benceno y monóxido de carbono. Este decreto constituye una herramienta fundamental para el control de emisiones industriales y la protección de la salud pública.

Estándar ASHRAE 62.1

Este estándar internacional especifica las tasas mínimas de ventilación para garantizar una calidad del aire interior aceptable. Proporciona métodos y procedimientos que orientan a

ingenieros y diseñadores en el cumplimiento de requisitos mínimos de ventilación, y ha servido como base para la adopción de códigos de construcción en múltiples países.

Norma UNE 117330 – Parte 2

Corresponde a la normativa europea que regula el muestreo y diagnóstico de calidad ambiental en interiores. Establece criterios de responsabilidad para la supervisión e inspección de la calidad del aire, asegurando que las mediciones se realicen de manera confiable con el fin de mantener ambientes laborales saludables.

DIN 24185 – Estándar alemán

Define especificaciones para filtros industriales de alta eficiencia en sistemas de ventilación. Su aplicación asegura la reducción efectiva de material particulado en ambientes industriales, contribuyendo al control de emisiones y al cumplimiento de estándares ambientales estrictos.

Guías de Calidad del Aire de la OMS (2021)

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud ha establecido límites de referencia para contaminantes como el material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), que representan un estándar global en la prevención de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Estas guías fueron consideradas como parámetro de comparación en el presente estudio.

Manual práctico de ventilación – Soler & Palau (2006)

Documento técnico de referencia para ingenieros y diseñadores de sistemas de ventilación. Incluye directrices sobre captación de contaminantes, cálculo de caudales, transporte en ductos y selección de ventiladores y filtros. Su carácter práctico lo convierte en una herramienta indispensable para el diseño de soluciones adaptadas a distintos procesos productivos.

Capítulo 1 Diagnóstico del proyecto

Generalidades

La bodega destinada a la producción de fertilizantes agrícolas en la empresa FERTILGRAN S.A.S. se encontraba en operación sin contar con un sistema de ventilación adecuado; condición que generó que los niveles de concentración de material particulado superaran los límites establecidos por la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo, lo que representó riesgos significativos para la salud de los trabajadores expuestos. Ante esta situación, se planteó la necesidad de diseñar un sistema de ventilación mecánica localizada y un sistema de filtración automática, fundamentados en criterios técnicos y normativos.

El estudio se llevó a cabo en la sede de la empresa FERTILGRAN S.A.S., ubicada en la zona sur del municipio de Palmira, Valle del Cauca, frente a la Universidad Nacional de Colombia. La bodega analizada presentaba un área total de 1.600 m² y estaba conformada por una única zona operativa con entrada y salida a través de un portón principal. Esta apertura funcionaba como ventilación natural para la evacuación parcial del material particulado generado durante el cargue, descargue, almacenamiento y producción de fertilizantes.

Figura 6 Bodega de Feltigran S.A.S.



Nota: tomado de google maps.

Durante el diagnóstico, se utilizaron equipos de laboratorio certificados, tales como contadores de partículas y medidores de material particulado, lo que permitió identificar la concentración promedio en diferentes puntos de la bodega. Los resultados evidenciaron valores superiores a los recomendados por la Norma Técnica Colombiana NTC 5183 (ICONTEC, 2003) y por la Organización Mundial de la Salud (2021), lo cual confirmó la necesidad de intervenir con un sistema de ventilación y filtración más eficiente. Los resultados de estas mediciones se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Concentración promedio de material particulado en la bodega de FERTILGRAN S.A.S.

Área evaluada	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Descargue	75	150	32	70
Almacenamiento	68	140	30	65
Producción	82	160	34	72
Promedio	75	150	32	69

Nota. Valores obtenidos mediante equipos de laboratorio certificados durante las mediciones ambientales en la bodega de FERTILGRAN S.A.S

Las mediciones realizadas evidenciaron que, a pesar de esta ventilación natural, los niveles de partículas suspendidas (PM₁₀ y PM_{2.5}) permanecían elevados dentro de la instalación. Esta condición se atribuía al carácter hermético de la edificación y al movimiento constante de materias primas como dolomita, bentonita y roca fosfórica.

Como se observa, los niveles de PM₁₀ superaron en promedio los 150 µg/m³, mientras que los valores de PM_{2.5} se mantuvieron alrededor de 75 µg/m³. Estos resultados son

considerablemente superiores a los límites establecidos por organismos internacionales y nacionales, tal como se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Valores de referencia de material particulado según normativas internacionales y nacionales

Norma/Guía	PM_{2.5} (µg/m³, 24 h)	PM₁₀ (µg/m³, 24 h)	Observación
OMS (2021) – Guías de calidad del aire	15	45	Límite recomendado de exposición
NTC 5183 (ICONTEC, 2003)	25	75	Criterios de diseño de ventilación industrial
Resolución 2400 de 1979 – Min. Trabajo	25	70	Valores de referencia para ambientes laborales

Nota. Adaptado de Organización Mundial de la Salud (2021), ICONTEC (2003) y Ministerio de Trabajo (1979).

El diagnóstico realizado en la bodega de FERTILGRAN S.A.S. permitió establecer que las condiciones ambientales actuales no garantizaban un ambiente seguro para los trabajadores, dado que los niveles de material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) superaron ampliamente los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud y los parámetros establecidos por la normativa nacional. Las mediciones evidenciaron que la ventilación natural era insuficiente, debido al carácter hermético de la infraestructura y a la constante manipulación de materias primas generadoras de polvo fino.

Estos hallazgos confirmaron la necesidad de diseñar un sistema de ventilación y filtración mecánica que permita controlar de manera efectiva la concentración de contaminantes en el aire. Además, el análisis evidenció que la empresa se encuentra en riesgo de incumplir las disposiciones legales en materia de seguridad y salud en el trabajo, lo que refuerza la pertinencia del proyecto.

En consecuencia, este capítulo sienta las bases técnicas y normativas para la siguiente fase de la investigación, orientada al cálculo del caudal de aire y a la definición de los requerimientos de ventilación industrial que garanticen la protección de la salud de los operarios y la sostenibilidad del proceso productivo.

Diagnostico

Estudio de costos

Para la realización de las mediciones de material particulado en el marco de la implementación de un sistema de ventilación, se consideraron diferentes alternativas. Tras el análisis del [estudio de costos](#), la opción más beneficiosa para la empresa correspondió a la contratación de una entidad externa especializada, decisión que se justificó por criterios de eficiencia, imparcialidad y cumplimiento normativo. Este enfoque no solo permitió garantizar la objetividad de los resultados, sino que también fortaleció la política institucional de transparencia en los procesos de seguridad y salud en el trabajo.

Un elemento complementario a esta contratación fue la capacitación directa de la profesional interna de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) por parte de un higienista ocupacional especializado. Este proceso aportó ventajas significativas, entre las que se destacan:

- **Imparcialidad:** la delegación de la toma de muestras y el análisis a una entidad externa eliminó posibles sesgos y aseguró la confiabilidad de los resultados, aspecto crítico en la gestión de riesgos laborales.
- **Transferencia de conocimiento:** la capacitación reforzó la capacidad del personal interno para interpretar los resultados y aplicar medidas correctivas y preventivas con mayor rigor técnico.

- **Mejores prácticas y cumplimiento normativo:** la supervisión de un especialista garantizó la correcta ejecución de las mediciones bajo estándares reconocidos, asegurando la adopción de procedimientos alineados con la normativa vigente.
- **Crecimiento profesional:** la formación recibida fortaleció las competencias del personal de SST, lo que facilita el monitoreo continuo de las condiciones ambientales y reduce la dependencia futura de terceros.

En conclusión, la combinación de contratación externa y capacitación interna representó una estrategia eficiente y sostenible. Esta permitió obtener resultados confiables y alineados con un enfoque de mejora continua, además de contribuir a la profesionalización del recurso humano y a la optimización de la gestión ambiental y ocupacional en la empresa.

Valores límites permisibles del contador de partículas

Un contador de partículas es un dispositivo diseñado para medir la cantidad y el tamaño de partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire o en líquidos. Su funcionamiento se basa en tecnologías ópticas, principalmente mediante el uso de láseres, que permiten detectar partículas extremadamente pequeñas, invisibles al ojo humano. Estos equipos son fundamentales en el monitoreo de la calidad del aire, especialmente en ambientes laborales donde la exposición a material particulado puede generar riesgos para la salud.

Equipo empleado: para la ejecución de las mediciones de calidad de aire en ambientes interiores se utilizó un detector de partículas PM_{2.5} de alta sensibilidad, modelo NITERUS HT-9600, considerado un monitor profesional de polvo y calidad de aire, este equipo permitió registrar de manera precisa la concentración de partículas finas en las áreas evaluadas.

Figura 7 contador de partículas



Valores límites: en Colombia no existen actualmente Valores Límites Permisibles (VLP) específicos para la medición de calidad del aire en interiores. Por este motivo, fue necesario adoptar metodologías internacionales reconocidas en Seguridad y Salud en el Trabajo. Para el presente estudio se tomó como referencia:

- La metodología de la **norma UNE 117330 – Parte 2**, que establece criterios para la evaluación de contaminantes en ambientes interiores y fija parámetros de exposición para partículas finas (PM_{2.5}).
- El **Real Decreto 1073 de 2002 (España)**, que determina valores límites permisibles de material particulado (PM₁₀) en oficinas y ambientes interiores.

En el desarrollo del diagnóstico se aplicaron estos lineamientos para establecer la conformidad o no de las condiciones ambientales de la bodega de FERTILGRAN S.A.S., asegurando la validez técnica y la comparabilidad con estándares internacionales.

Tabla 3 Valores límites permisibles para PM_{2.5} según UNE 117330 – Parte 2

Parámetro	Criterio de valoración	Valor límite máximo
Evaluación higiénica de los sistemas de climatización	Utas: ausencia de suciedad visible	No aplica

	Conductos: según la norma UNE 100012	
Temperatura y humedad relativa	Primavera-verano: 23–25 °C, 30–70%	17–27 °C (todo el año)
	Otoño-invierno: 21–23 °C, 30–70%	
Dióxido de carbono (CO ₂)	Diferencia interior-exterior: < 500 ppm	2.500 ppm
Monóxido de carbono (CO)	< 5 ppm	9 ppm
Partículas en suspensión (PM _{2.5})	< 20 µg/m ³	1.000 µg/m ³

Adaptado de la norma UNE 117330

Tabla 4 Valores Límites Permisibles PM₁₀

Parámetro	Valor máximo permisible
Valor límite diario para la protección de la salud humana	50 µg/m ³ de PM ₁₀ , que no podrán superarse en más de 7 ocasiones por año

Nota. Adaptado del Real Decreto 1073/2002.

Para determinar la conformidad de la calidad del aire con respecto a la exposición de material particulado, se define la siguiente valoración (Ver Tabla 3).

Tabla 5 Valoración del riesgo de exposición a MP_{2.5} y MP₁₀

MP	Resultado	Criterio
2.5	< 20 µg/m ³	Calidad del aire conforme
2.5	> 20 µg/m ³	Calidad del aire no conforme
10	< 50 µg/m ³	Calidad del aire conforme
10	> 50 µg/m ³	Calidad del aire no conforme

Adaptado de UNE 117330 – Parte 2 y Real Decreto 1073/2002.

Estrategia y procedimiento de muestreo

Considerando los parámetros establecidos en la norma UNE 117330 – Parte 2, se implementó un procedimiento estandarizado para la medición de material particulado en ambientes interiores. Las fases desarrolladas fueron las siguientes:

- Identificar al personal en el puesto de trabajo, registrando nombre, cargo y área a la cual pertenece (Ver Tabla 6. Puestos de Trabajo Evaluados).
- Identificar factores que pudieran interferir en la calidad del aire, tales como la incidencia del sistema de aire acondicionado o la ubicación del puesto de trabajo.
- Encender el equipo de medición de material particulado y colocarlo a una distancia aproximada de 20 cm de la zona respiratoria del colaborador.
- Iniciar el muestreo de material particulado de diámetro 2.5 μm y 10 μm durante 133 segundos, registrando además variables de temperatura y porcentaje de humedad relativa, conforme a lo establecido en la UNE 117330.
- Comparar los resultados obtenidos con los **Valores Límite de Exposición (TLV)** para determinar la conformidad o no de la calidad del aire en los diferentes puestos de trabajo.




Actividad desarrollada en el área de producción

En el área de producción se llevó a cabo el proceso de mezcla de materias primas utilizadas en la elaboración de fertilizantes agrícolas. Los componentes principales empleados fueron dolomita, bentonita y roca fosfórica, los cuales se combinaron para producir el fertilizante Fosfosem Granulado.

El tiempo de trabajo varió en función de la demanda: en periodos de alta producción la jornada se extendió hasta 12 horas, mientras que en épocas de menor carga operativa se redujo a 5 horas.

Las mediciones se enfocaron en registrar los niveles de partículas en suspensión generadas en esta área, con el propósito de verificar el cumplimiento de la normativa de seguridad y salud ocupacional. Los resultados aportaron información precisa sobre las condiciones ambientales, identificando los puntos críticos de exposición que requieren intervención mediante sistemas de ventilación localizada y filtración.

Tabla 6 Puestos de trabajo evaluados

N°	Área	Evidencia fotográfica
1	Área de cargue y descargue	
2	Área de almacenamiento de materia prima	
3	Área de producción	

Nota. Elaboración propia a partir del diagnóstico realizado en la bodega de FERTILGRAN S.A.S.

A continuación, se presentan para cada puesto de trabajo objeto de estudio los resultados obtenidos en las mediciones de material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀).

Tabla 7 Resultados de concentración de material particulado en puestos de trabajo

N°	Área	Hora	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Conformidad PM _{2.5}	Conformidad PM ₁₀
1	Área de cargue y descargue	1:32 p. m.	15	22	Conforme	Conforme
2	Área de almacenamiento de materia prima	1:25 p. m.	23	41	No conforme	Conforme
3	Área de producción	1:30 p. m.	109	221	No conforme	No conforme

Nota. Mediciones realizadas con equipo NITERUS HT-9600 y comparadas con los valores de referencia de la norma UNE 117330 – Parte 2 y el Real Decreto 1073/2002.

De los seis análisis de presencia de partículas efectuados en la bodega, tres se encontraron dentro del rango de ambiente aceptable, mientras que tres resultaron no conformes de acuerdo con la normativa internacional para PM_{2.5} y PM₁₀. El área de producción registró los valores más elevados, superando ampliamente los límites permisibles.

En consecuencia, se hace necesario implementar en dicha área un sistema de extracción de polvo y ventilación localizada, con el fin de mitigar los riesgos para la salud de los trabajadores y garantizar el cumplimiento normativo en seguridad y salud ocupacional.

Evaluación de niveles de concentración de material particulado

Equipos utilizados

Para la toma de muestras se emplearon los siguientes equipos:

- Filtro de PVC de 37 mm de diámetro y 5 µm de tamaño de poro, montado en cassette de 2 cuerpos.
- Bombas de muestreo portátil de caudal constante.

- Mangueras de conexión y pinzas de sujeción.
- Calibrador de flujos.
- Etiquetas de rotulado.
- Planilla de calibración para toma de muestra en campo.

Figura 8 Calibrador primario, casetes y bomba de muestreo personal



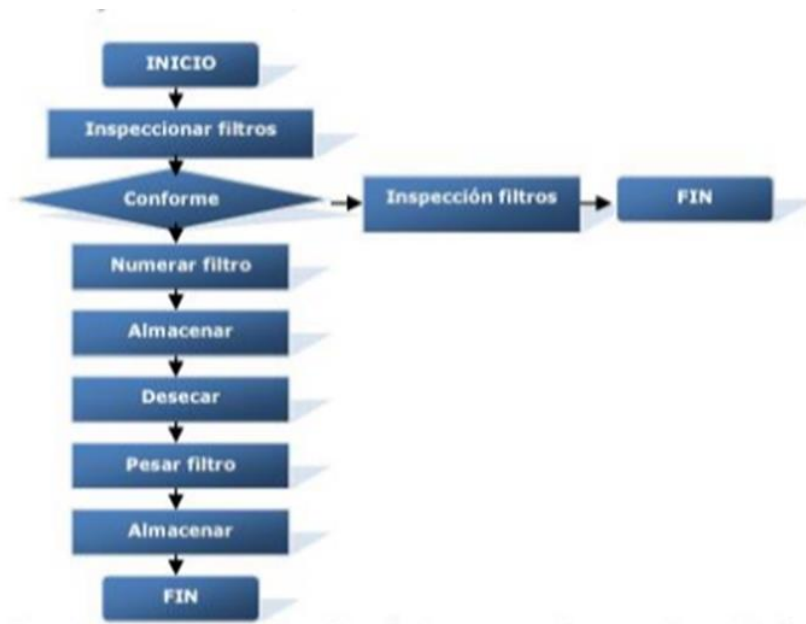
Los equipos fueron sometidos a procesos de verificación para garantizar la calidad y fiabilidad de los resultados. En el anexo 1 se incluye el certificado de calibración del calibrador digital de flujos utilizado en las evaluaciones.

Etapas de la operación

La toma de muestras comprendió tres fases principales:

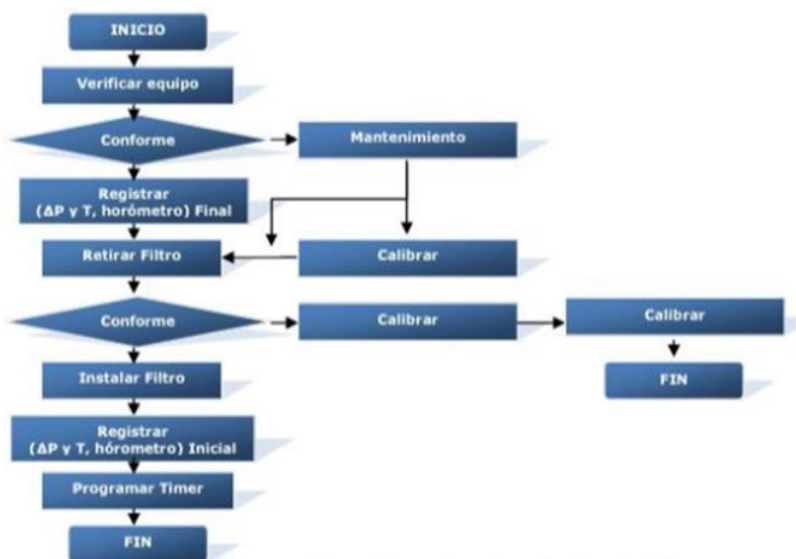
- **Pre-muestreo:** preparación de filtros y medios en laboratorio previo a la ruta de muestreo.
- **Muestreo:** actividades realizadas en campo para la toma de muestras.
- **Pos-muestreo:** actividades en laboratorio relacionadas con el procesamiento y análisis de las muestras recolectadas.

Figura 9 Diagrama de flujo del pre muestreo



Nota. Elaboración propia

Figura 10 Diagrama de flujo del muestreo



Nota. Elaboración propia

Figura 11 Diagrama de flujo de pos muestreo

Nota. Elaboración propia

Análisis de laboratorio

El análisis de laboratorio comprende todas las actividades necesarias para determinar las concentraciones de contaminantes monitoreados en el ambiente laboral. Las muestras recolectadas fueron procesadas en un laboratorio con acreditación otorgada por la American Industrial Hygiene Association (AIHA), lo que garantiza la confiabilidad y validez de los resultados.

Los reportes del laboratorio incluyeron parámetros como: método analítico aplicado, volumen de aire muestreado, cantidad de contaminante detectado y concentración de este en la fase gaseosa. Adicionalmente, se implementó un sistema de codificación por colores que facilita la interpretación de los riesgos asociados, diferenciando entre exposiciones de larga duración (TWA – Time Weighted Average) y de corta duración (STEL – Short Term Exposure Limit).

Este proceso se compone de dos etapas principales:

- Análisis de laboratorio: aplicación de técnicas y procedimientos analíticos sobre las muestras recolectadas, con el objetivo de obtener valores cuantitativos relacionados con la concentración del contaminante.
- Cálculos complementarios: procesamiento de los datos registrados durante el muestreo y su integración con los resultados del laboratorio, lo cual permite estimar con precisión la concentración final de cada contaminante evaluado.

Método aplicado: NIOSH 0500

Para el análisis de material particulado se empleó el método estandarizado NIOSH 0500, cuyas características se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8 Método NIOSH 0500

Método	Membrana	Contaminante	Flujo	Análisis de laboratorio
NIOSH 0500	PVC	Material particulado	2 L/min	Gravimetría

Nota. Elaboración propia

Cargos o sitios evaluados

Se identificó como punto crítico de medición el área de producción de la planta, debido a la alta probabilidad de exposición a material particulado. Las mediciones se realizaron en condiciones ambientales reales, iniciando a las 11:38 a.m. y finalizando a las 12:45 p.m.. Este procedimiento permitió recopilar datos precisos sobre los niveles de concentración de partículas en suspensión, fundamentales para la evaluación de las condiciones ambientales en el entorno laboral.

Actividad en el área de producción

En el área de producción se lleva a cabo el proceso de mezcla de materias primas utilizadas en la elaboración de fertilizantes agrícolas. Los principales componentes empleados

son dolomita, bentonita y roca fosfórica, que se combinan para la obtención del fertilizante Fosfosem Granulado.

El tiempo de trabajo varía según la demanda de producción:

- En periodos de alta carga laboral, las jornadas se extienden hasta **12 horas continuas**.
- En periodos de menor actividad, las jornadas se reducen a un promedio de **5 horas diarias**.

Las mediciones realizadas en esta área tuvieron como objetivo verificar la conformidad de los niveles de partículas en suspensión con la normativa de seguridad y salud ocupacional vigente.

Tabla 9 Condiciones de la medición:

Área	Área de producción
Contaminantes evaluados	Material particulado
Inicio de medición	11:38 a.m.
Final de medición	12:45 p.m.
Tipo de ventilación	Natural (portón principal abierto durante toda la jornada)
Jornada laboral	Lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.
ID de muestra tomada	A51479

Nota. Elaboración propia de acuerdo a la medición realizada

Durante la etapa de mezclado, las materias primas fueron incorporadas en equipos especializados que permiten su homogenización. Posteriormente, el material pasó al proceso de granulación, donde se compacta y moldea en partículas de tamaño uniforme. Tras esta fase, el producto se sometió a un horno a gas para eliminar humedad residual y fortalecer su estructura.

Finalmente, el fertilizante Fosfosem Granulado fue trasladado al área de empaque, desde donde se distribuye al sector agrícola.

En Colombia, los Valores Límites Permisibles (TLV's, versión 2021 de la ACGIH) han sido adoptados mediante la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

El TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time Weighted Average) corresponde al valor límite umbral de exposición promedio ponderado en el tiempo, definido para una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas semanales. Sin embargo, en Colombia la jornada laboral estándar es de 48 horas semanales, lo que exige una corrección del valor límite.

Para ello se aplica el modelo Brief y Scala, obteniendo un factor de corrección (F.C.) mediante la siguiente fórmula:

$$F.C. \text{ semanales} = \left(\frac{40}{48}\right) \times \left[\frac{(168 - 48)}{128}\right] = 0.78$$

De esta manera, el TLV corregido se obtiene multiplicando el valor propuesto por el factor de corrección calculado, constituyendo el parámetro de referencia contra el cual se comparan los resultados de medición.

Tabla 10 TLV para material particulado, año 2024

Nombre del contaminante	Jornada laboral	TLV – TWA (mg/m ³)	TLV – TWA corregido (mg/m ³)
Material particulado	8 horas	10 mg/m ³	N.A.

Nota. El Valor Límite Umbral (TLV-TWA) corresponde a la media ponderada en el tiempo para una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas semanales. En Colombia, al considerar jornadas de 48 horas semanales, es necesario aplicar factores de corrección (modelo Brief y Scala). En este caso, se reporta el valor base de referencia de 10 mg/m³.

El Índice de Exposición Diario (IED) corresponde a la relación entre la concentración obtenida en el muestreo y el Valor Límite Permisible corregido (TWA).

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{IED: concentración obtenida} / \text{TWA-corr}$$

Este índice permite clasificar el riesgo de exposición a contaminantes en el ambiente laboral.

Figura 12 Clasificación del Índice de Exposición Diario

Criterio	Interpretación
IED ≥ 2 TWA $\geq 2 \times \text{TLV-TWA}$	Riesgo Potencial Crítico: La concentración ponderada en el tiempo supera dos veces el valor límite permisible.
IED $\geq 1 < 2$ TWA $\geq \text{TLV-TWA} < 2 \times \text{TLV-TWA}$	Riesgo Potencial Alto: La concentración ponderada en el tiempo supera el valor límite permisible pero no lo duplica.
IED $\geq 0.5 < 1$ TWA $\geq 50\% \text{ TLV-TWA} < \text{TLV-TWA}$	Riesgo Potencial Moderado-Alto: La concentración ponderada en el tiempo se encuentra entre el valor que da lugar a una acción y el valor límite permisible.
IED $\geq 0.1 < 0.5$ TWA $\geq 10\% \text{ TLV-TWA} < 50\% \text{ TLV-TWA}$	Riesgo Potencial Moderado-Bajo: La concentración ponderada en el tiempo supera el nivel de calidad de aire y es inferior al valor que da lugar a una acción.
IED < 0.1 TWA $< 10\% \text{ TLV-TWA}$	Riesgo Potencial Bajo: La concentración ponderada en el tiempo es inferior al nivel de calidad de aire.
IED INCIPIENTE	Riesgo Potencial Incipiente: La concentración ponderada en el tiempo es inferior al límite de cuantificación de la técnica.

Nota. La clasificación del Índice de Exposición Diario (IED) permite determinar el nivel de riesgo en función de la relación entre la concentración ambiental medida y el TLV corregido. Valores superiores a 1 indican una exposición no aceptable que requiere la implementación inmediata de medidas de control.

Resultados

Se presentan las mediciones de área realizadas con el fin de registrar los niveles de concentración de polvo en suspensión.

Tabla 11 Resultados de concentración de material particulado – medición de área (sin EPP)

ID muestra	Contaminante	Cargo	Caudal	Tiempo	Volumen	Peso	Concentración	TLV	TLV-C	IED SIN EPP
A51479	Polvo inhalable	Medición de área	22	67	134	3090	23,06	10	10,15	22,272

Nota: Los resultados evidencian que la concentración de material particulado inhalable (23,060 mg/m³) supera ampliamente los valores límites permisibles (TLV-C = 10,15 mg/m³), obteniendo un Índice de Exposición Diario (IED) de 2,272. Esto indica una **condición no conforme**, lo que confirma la necesidad de implementar medidas de control como la ventilación localizada y sistemas de filtración, con el fin de reducir la exposición de los trabajadores y cumplir con la normativa vigente en seguridad y salud en el trabajo.

La medición de material particulado en el área de producción arrojó valores elevados, lo que indica una alta concentración de partículas en suspensión durante las diferentes etapas del proceso (mezclado, granulado, secado en horno a gas y empaque). La mayor generación de material particulado se presentó en las fases de mezclado y granulado, debido al manejo y procesamiento de materias primas en polvo. La implementación de medidas de control es necesaria para reducir la concentración de partículas y mejorar las condiciones ambientales dentro del área de producción.

Capítulo 3: Diseño del sistema de ventilación y requerimientos técnicos

El diseño del sistema de ventilación constituye la fase central de este proyecto, en la cual se integran los resultados del diagnóstico ambiental con los referentes teóricos y normativos previamente analizados. El propósito de este capítulo es establecer los parámetros técnicos necesarios para garantizar la extracción y filtración eficiente del material particulado en la bodega de producción de FERTILGRAN S.A.S., asegurando condiciones seguras y saludables para los trabajadores. Para ello, se calculará el caudal de aire requerido, se seleccionarán los equipos adecuados y se definirán las características del sistema de ductos y filtros. Este proceso busca cumplir con las disposiciones legales en materia de seguridad y salud en el trabajo y también optimizar la eficiencia operativa y promover un ambiente laboral sostenible.

Accesorios del sistema de ventilación

Campanas

Las campanas extractoras son dispositivos diseñados para la captación de contaminantes en la fuente de emisión. Su función principal consiste en atrapar gases, vapores o material particulado, evitando su dispersión en el ambiente laboral y ofreciendo un grado de protección directo a los trabajadores. El desempeño de la campana mejora significativamente cuando se ubica lo más cerca posible del foco contaminante, ya que esto favorece una mayor eficiencia en la captura y transporte de los contaminantes a través del sistema de ductos.

Campana del proyecto: campana elevada extractora

Para este proyecto se emplea una campana elevada extractora, dispositivo fundamental en la protección de ambientes donde se manipulan sustancias químicas o materiales que generan polvo. Su funcionamiento se basa en los principios de ventilación y flujo de aire controlado: un ventilador impulsa la succión hacia el interior de la campana, generando una corriente de aire

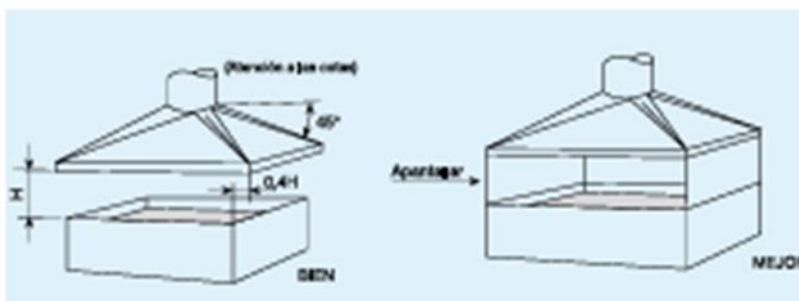
ascendente que dirige los contaminantes hacia los ductos de extracción y, posteriormente, hacia el exterior.

El diseño básico de este tipo de campanas incluye:

- Una abertura de captación frontal o superior.
- Un sistema de extracción que regula la velocidad del aire.
- Un conducto de ventilación conectado a la red de escape.

La eficacia de la campana depende de factores como la velocidad de captación, la geometría de la abertura y la distancia con respecto al foco contaminante. De acuerdo con Palau (2006), este tipo de soluciones son esenciales en sistemas de ventilación localizada, ya que aseguran un control eficiente de contaminantes en el origen, minimizando la exposición de los trabajadores.

Figura 13 Campana elevada



Fuente : (Palau, Manual Practico de la Ventilacion, 2006)

Sistema de filtros de ventilación

Colector con filtro receptor

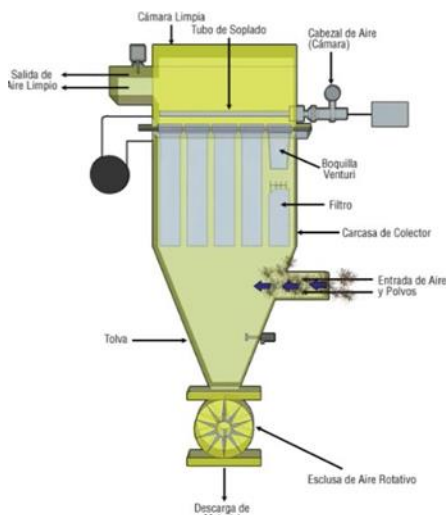
El colector con filtro receptor es un componente esencial en los sistemas de ventilación industrial, ya que permite separar y retener las partículas presentes en el aire contaminado antes de que este sea liberado nuevamente al ambiente. Su funcionamiento se basa en un sistema

neumático en el cual el aire cargado de partículas pasa a través de filtros internos, cuyas especificaciones dependen del tamaño del material particulado que se busca retener.

Estos filtros están diseñados para garantizar que el aire descargado sea lo más limpio posible, reduciendo la exposición de los trabajadores a contaminantes y mejorando la calidad ambiental en el área de producción. El colector puede estar conformado por un cuerpo redondo o cuadrado, lo cual le permite soportar tanto presiones positivas como negativas, adaptándose a diferentes condiciones operativas.

En algunos procesos industriales, el filtro receptor puede alternar rápidamente entre presiones positivas y negativas, incluso varias veces en menos de un minuto, asegurando una captación continua y eficiente de partículas. Gracias a esta característica, el colector con filtro receptor se convierte en un elemento indispensable para la protección de la salud de los trabajadores y el cumplimiento de normativas ambientales en sistemas de ventilación.

Figura 14 Camara de filtrado



Fuente : (Palau, Manual Practico de la Ventilacion, 2006)

Codos y conexiones de tubería

Los codos y conexiones de tubería son accesorios fundamentales en los sistemas de ventilación industrial, ya que permiten modificar la dirección del flujo de aire dentro de la red de ductos. Su correcta selección depende tanto del tipo de material transportado como de las condiciones de operación, pues factores como la densidad del particulado, la presión y la velocidad del aire inciden directamente en el desgaste y la eficiencia del sistema.

Codo continuo

El codo continuo es el tipo de accesorio seleccionado para este proyecto, debido a que está diseñado para prolongar la vida útil de la tubería y minimizar el desgaste ocasionado por el transporte de material particulado. Gracias a su geometría, permite reducir significativamente la fricción interna y las turbulencias del flujo de aire, lo que lo hace especialmente apto para la conducción de partículas densas. De esta manera, contribuye no solo a mantener la eficiencia del sistema de extracción, sino también a disminuir los costos de mantenimiento asociados al deterioro de los ductos.

Figura 15 Codos



Fuente : (Palau, Manual Practico de la Ventilacion, 2006)

Filtros

Los filtros son dispositivos esenciales en los sistemas de ventilación, cuya función principal es separar el aire limpio del material particulado suspendido. Su implementación garantiza la eficiencia del sistema y contribuye a la protección del medio ambiente, al reducir la

emisión de contaminantes hacia el exterior. La clasificación de los filtros depende del tipo de material que deben retener y del tamaño de las partículas que logran capturar, factores que determinan sus especificaciones técnicas y su efectividad en diferentes aplicaciones industriales.

Cartucho o Dust Collector

El cartucho colector de polvo, conocido como *dust collector cartridge*, constituye un componente clave en los sistemas de recolección de polvo industrial. Su diseño se orienta a capturar y filtrar partículas en ambientes productivos, diferenciándose de los filtros de bolsa tradicionales al emplear cartuchos plegados que ofrecen una mayor superficie filtrante en un espacio compacto (Filtración Industrial, 2003).

Entre sus principales características se destaca la construcción con malla expandida galvanizada y tapas en galvanizado calibre 24. Puede incorporar dos tipos de medios filtrantes: papel de celulosa, que logra una eficiencia del 90 % reteniendo partículas de entre 30 y 35 micras, o un medio filtrante resistente al agua, que alcanza eficiencias superiores al 90 % con partículas a partir de 5 micras. Ambos materiales aseguran baja caída de presión, manteniendo un adecuado flujo de aire y mejorando el desempeño global del sistema (Filtración Industrial, 2003).

Figura 16 Collector



Fuente : (FILTERS, 2003)

Figura 17 Eficiencia de colección de partículas del filtro tipo cartucho

Tamaño de partícula	Eficiencia de colección	Condiciones de prueba
0,3 – 0,5 μm	30%	Polvo: KCl neutralizado – Velocidad: 10 ft/min
0,5 – 1 μm	37,90%	Polvo: KCl neutralizado – Velocidad: 10 ft/min
1 – 2 μm	69,50%	Polvo: KCl neutralizado – Velocidad: 10 ft/min
2 – 5 μm	98,20%	Polvo: KCl neutralizado – Velocidad: 10 ft/min
> 5 μm	99,50%	Polvo: KCl neutralizado – Velocidad: 10 ft/min

Nota. La tabla muestra la eficiencia de retención del filtro tipo cartucho frente a partículas de diferentes tamaños, bajo condiciones de prueba estandarizadas con polvo KCl neutralizado.

Estibas plásticas pesadas Clase A

Las estibas plásticas pesadas Clase A son plataformas de alta resistencia utilizadas para el almacenamiento y transporte de cargas en entornos industriales. Generalmente, presentan dimensiones aproximadas de 100 cm x 120 cm, con una altura entre 15 y 19 cm. Están fabricadas en polietileno de alta densidad (HDPE) o polipropileno, en muchos casos con material reciclado, lo que les otorga una notable durabilidad y contribuye a la sostenibilidad ambiental. Estas estibas soportan cargas estáticas de 2.500 kg hasta 5.000 kg y cargas dinámicas entre 1.000 y 1.500 kg, siendo idóneas para operaciones de gran exigencia. Además, ofrecen resistencia al impacto, variaciones de temperatura, humedad, productos químicos y son inmunes a hongos, insectos y roedores (CJSCANECAS, 2025).

El uso de estibas plásticas en empresas que manipulan material particulado aporta beneficios importantes, tales como:

- **Facilidad de limpieza y mantenimiento:** su superficie lisa y no porosa permite lavarlas fácilmente, evitando acumulaciones de polvo o partículas que puedan afectar la calidad del material almacenado.
- **Mejora de la higiene:** al no absorber humedad ni retener suciedad, garantizan un entorno más limpio y seguro, especialmente en la manipulación de materiales sensibles como partículas finas.
- **Resistencia a químicos y humedad:** su diseño asegura que no se deterioren frente al contacto con líquidos agresivos, humedad o productos químicos, reduciendo la posibilidad de contaminación cruzada y aumentando la seguridad en los procesos de almacenamiento.

Figura 18 Estibas clase A



Nota. Estibas clase A a utilizar en el proyecto

1. **Área total:**

$$30\text{ m} \times 20\text{ m} = 600\text{ m}^2 \quad 230\text{ m} \times 20\text{ m} = 600\text{ m}^2$$

2. **Área para estibas (30% del total):**

$$600\text{ m}^2 \times 0.30 = 180\text{ m}^2 \quad 2600\text{ m}^2 \times 0.30 = 180\text{ m}^2.$$

3. **Área de cada estiba (1.0 m x 1.2 m):**

$$1.0\text{ m} \times 1.2\text{ m} = 1.2\text{ m}^2 \quad 1.0\text{ m} \times 1.2\text{ m} = 1.2\text{ m}^2$$

4. **Si las estibas se colocan a lo largo (esto significa que los 1.2 m quedan en la dirección del largo, y 1.0 m en el ancho), entonces a lo largo de 30 m se pueden colocar estibas una tras otra de 1.2 m:**

$$[30\text{ m} / 1.2\text{ m}] = 25 \quad [1.2\text{ m} \times 30\text{ m}] = 25 \text{ estibas a lo largo}$$

Tabla 12 Cálculo de costos de Estibas clase A

Numero de estibas necesarias	Costo unitario
25 estibas	1.254.900
Total	31.372.500

Nota. Cálculo aproximado

Estibas plásticas pesadas Clase B

Las estibas plásticas pesadas Clase B cuentan con dimensiones aproximadas de 1,00 m x 1,20 m y 17 cm de altura, fabricadas en polietileno de alta densidad (HDPE) o polipropileno, en muchos casos con componentes reciclados. Su diseño está orientado al trabajo industrial pesado, soportando cargas estáticas entre 2.500 kg y 5.000 kg, y cargas dinámicas de 1.000 a 1.500 kg. Estas estibas se caracterizan por su alta resistencia al impacto, temperaturas extremas, humedad y productos químicos, además de ser inmunes a plagas como hongos, insectos o roedores. Su superficie plana y antideslizante facilita la manipulación con montacargas, gatos hidráulicos u otros equipos industriales, garantizando eficiencia y seguridad en la operación (CJSCANECAS, 2025).

Los principales beneficios de las estibas plásticas Clase B en procesos que involucran material particulado son:

- **Facilidad de limpieza y mantenimiento:** gracias a su superficie lisa y no porosa, permiten un lavado sencillo con agua o desinfectantes, evitando acumulaciones de polvo y contaminantes.
- **Mejora en la higiene:** no absorben humedad ni retienen suciedad, contribuyendo a un entorno más seguro y limpio para el almacenamiento de materiales sensibles como partículas finas.
- **Resistencia a químicos y humedad:** su diseño les otorga durabilidad frente a agentes agresivos, líquidos o humedad, evitando la proliferación de microorganismos y reduciendo riesgos de contaminación cruzada.

Figura 19 Estibas clase B



Dimensiones	1.0 m x 1.20m x 17 cm de alto
Peso	50 kg
Cap. carga estática	4.500 kg
Cap. carga dinámica	2.500 kg
Material Recuperado	Plástico (polietileno, polipropileno)
Color	Verde grisáceo
N° de entradas	2

Nota. Estibas clase B a utilizar en el proyecto

Tabla 13 Cálculo de costos Estibas clase B

Numero de estibas necesarias	Costo unitario
25 estibas	500.000
Total	12.500.000

Nota. Cálculo aproximado

1. **Área total:**

$$30\text{ m} \times 20\text{ m} = 600\text{ m}^2 \quad 30\text{ m} \times 20\text{ m} = 600\text{ m}^2$$

2. **Área para estibas (30% del total):**

$$600\text{ m}^2 \times 0.30 = 180\text{ m}^2 \quad 600\text{ m}^2 \times 0.30 = 180\text{ m}^2.$$

3. **Área de cada estiba (1.0 m x 1.2 m):**

$$1.0\text{ m} \times 1.2\text{ m} = 1.2\text{ m}^2 \quad 1.0\text{ m} \times 1.2\text{ m} = 1.2\text{ m}^2$$

4. **Si las estibas se colocan a lo largo (esto significa que los 1.2 m quedan en la dirección del largo, y 1.0 m en el ancho), entonces a lo largo de 30 m se pueden colocar estibas una tras otra de 1.2 m:**

$$\lceil 30\text{ m} / 1.2\text{ m} \rceil = 25 \quad \lceil 1.2\text{ m} / 30\text{ m} \rceil = 25 \text{ estibas a lo largo}$$

Estibas plásticas pesadas Clase C

Las estibas plásticas pesadas Clase C presentan dimensiones aproximadas de 1,00 m x 1,20 m y 18 cm de altura, fabricadas en polietileno de alta densidad (HDPE) o polipropileno, comúnmente con adición de material reciclado. Su diseño robusto permite soportar cargas estáticas de entre 2.500 kg y 5.000 kg, así como cargas dinámicas de 1.000 a 1.500 kg, lo que las hace especialmente útiles en contextos industriales de alta exigencia. Estas estibas destacan por su resistencia al impacto, a variaciones de temperatura, humedad y productos químicos, además de ser inmunes a agentes biológicos como hongos, insectos y roedores. Su superficie plana y antideslizante está pensada para la manipulación con equipos mecánicos como montacargas y gatos hidráulicos, lo que facilita el manejo seguro y eficiente de cargas pesadas (CJSCANECAS, 2025).

Entre los beneficios principales de las estibas plásticas Clase C en procesos de manipulación de material particulado se encuentran:

- **Fácil limpieza y mantenimiento:** su superficie lisa y no porosa facilita el lavado y desinfección, evitando la acumulación de polvo o contaminantes.
- **Mejora en la higiene:** al no absorber humedad ni retener suciedad, contribuyen a mantener un entorno seguro y libre de impurezas en el almacenamiento de materiales sensibles.
- **Resistencia a químicos y humedad:** gracias a su composición, soportan el contacto con sustancias químicas y condiciones húmedas, previniendo el deterioro estructural y reduciendo el riesgo de contaminación cruzada.

Figura 20 Estibas clase C



Dimensiones	1.0 m x 1.20m x 8 cm de alto
Peso	28 kg
Cap. carga estática	1.000 kg
Cap. carga dinámica	500 kg
Material Recuperado	Plástico (polietileno, polipropileno)
Color	Verde grisáceo
N° de entradas	2

Nota. Estibas clase C a utilizar en el proyecto

1. **Área total:**

$$30\text{ m} \times 20\text{ m} = 600\text{ m}^2 \quad 230\text{ m} \times 20\text{ m} = 600\text{ m}^2$$

2. **Área para estibas (30% del total):**

$$600\text{ m}^2 \times 0.30 = 180\text{ m}^2 \quad 2600\text{ m}^2 \times 0.30 = 180\text{ m}^2.$$

3. **Área de cada estiba (1.0 m x 1.2 m):**

$$1.0\text{ m} \times 1.2\text{ m} = 1.2\text{ m}^2 \quad 1.0\text{ m} \times 1.2\text{ m} = 1.2\text{ m}^2$$

4. Si las estibas se colocan *a lo largo* (esto significa que los 1.2 m quedan en la dirección del largo, y 1.0 m en el ancho), entonces a lo largo de 30 m se pueden colocar estibas una tras otra de 1.2 m:

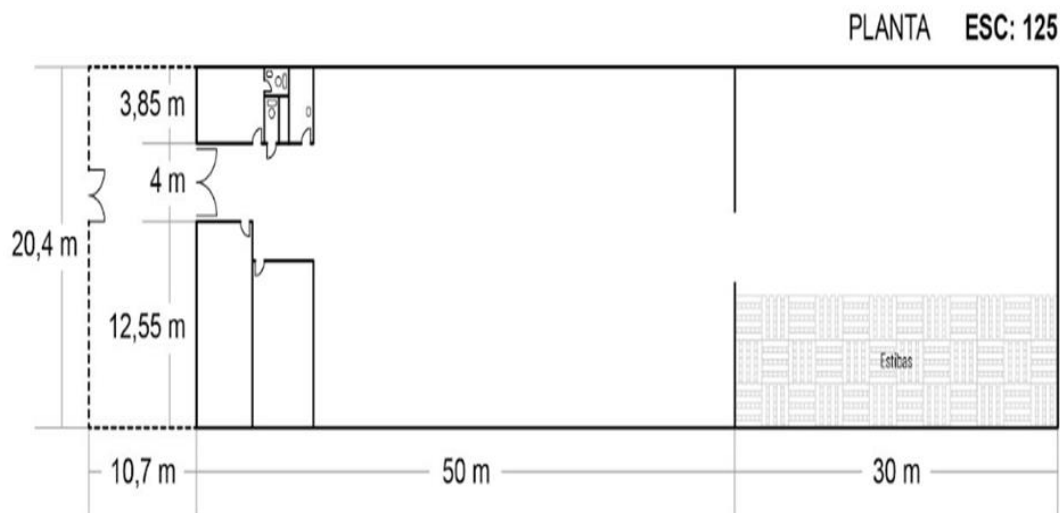
$$[30 \text{ m} / 1.2 \text{ m}] = 25 [1.2 \text{ m} \times 30 \text{ m}] = 25 \text{ estibas a lo largo}$$

Tabla 14 Costos Estibas clase C

Numero de estibas necesarias	Costo unitario
25 estibas	350.000
Total	8.750.000

Nota. Cálculo aproximado

Figura 21 Plano en planta de la bodega de producción



Nota. El plano muestra la distribución general de la bodega de FERTILGRAN S.A.S., con sus dimensiones principales y la zona destinada al almacenamiento en estibas. Esta representación permite ubicar las áreas críticas de operación y sirve como base para el diseño del sistema de ventilación.

Estibas como elemento de control de partículas

Las estibas fueron diseñadas estratégicamente para que el polvo y las partículas que no logre captar el sistema de ventilación natural o mecánico se depositen por debajo de ellas. De esta forma, se crea una barrera física que protege a los trabajadores, evitando que el material contaminante se adhiera a su calzado o indumentaria durante la jornada laboral.

Al finalizar el turno, los operarios cuentan con un procedimiento de cambio de ropa que reduce el riesgo de transportar partículas contaminantes fuera del área de producción. Esta medida no solo protege la salud individual, sino que también favorece un entorno laboral más limpio, seguro y humano, en coherencia con el compromiso institucional hacia la prevención y el cuidado integral del trabajador.

Demarcación de áreas de la empresa

La demarcación de las áreas dentro de una empresa constituye un aspecto esencial para la seguridad y el buen funcionamiento operativo. Consiste en identificar y delimitar de manera visual los diferentes espacios según su función, riesgos asociados o necesidades productivas.

Esta práctica contribuye a mantener un ambiente de trabajo más organizado y eficiente, facilita la movilidad interna y protege la integridad física de los trabajadores. Asimismo, asegura el cumplimiento de normativas de seguridad industrial y fortalece la cultura de prevención dentro de la organización. En este sentido, la demarcación adecuada de áreas se convierte en un pilar fundamental para garantizar un entorno laboral seguro, ordenado y productivo.

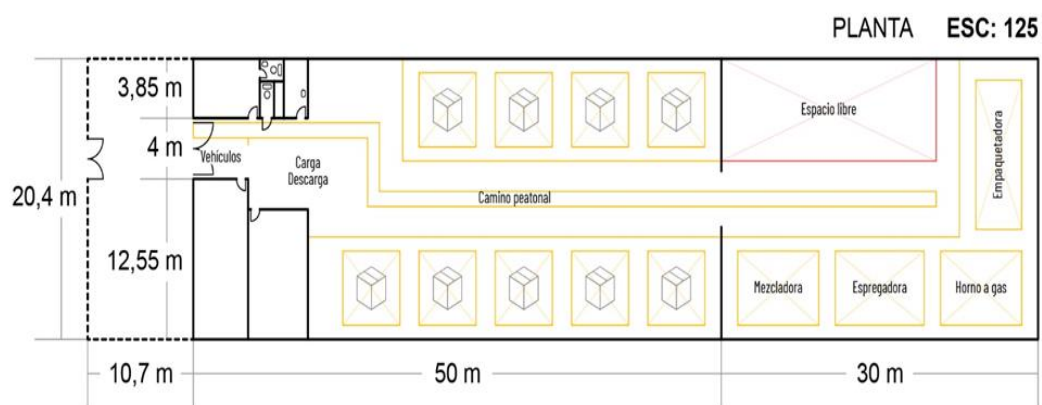
Tabla 15 Demarcacion áreas de la empresa

Ubicación	Dimensiones	Evidencia fotográfica
Ancho de línea de demarcación.	5 cm	
Pasillo de circulación de personas	El ancho nunca será menor a 80cm y 1,20 m para para principales y 100 cm para secundarios	
Área de operación de maquinas	0,80 metros	
Distancia entre pared y maquina	50 cm	

<p>Zona de cargue y descargue</p>	<p>10 cm</p>	
<p>Zona de almacenamiento</p>	<p>10 cm</p>	

Nota: elaboración propia

Figura 22 Plano demarcación de la empresa



Nota: elaboración propia

Características constructivas del sistema de ventilación

La bodega de producción de FERTILGRAN S.A.S. cuenta con unas dimensiones de 20 metros de ancho por 80 metros de largo, dentro de las cuales el área destinada específicamente a producción corresponde a un espacio de 20 metros de ancho por 30 metros de largo. La altura de las paredes es de 5 metros, lo que define un volumen significativo en el que deben evaluarse cuidadosamente las condiciones de ventilación.

Figura 23 Bodega de Feltrigran S.A.S.



Nota. Foto tomada en el lugar de realización del proyecto

En este contexto, uno de los aspectos más relevantes para el diseño es la ubicación de las máquinas, ya que constituyen los principales focos de generación de material particulado. El análisis de la disposición de los equipos permitió establecer que la alternativa más eficiente y segura consiste en instalar el sistema de ventilación por el techo, lo que facilita la extracción directa de los contaminantes y evita la recirculación del polvo en el ambiente laboral.

A partir de esta decisión, se elaboró el plano del sistema de ventilación considerando los siguientes elementos fundamentales:

- Medidas y disposición de las campanas de extracción.
- Longitud de los tramos rectos de ductos.
- Número de codos requeridos en la red de conducción.

- Filtros necesarios para la retención de material particulado.
- Selección de un ventilador centrífugo de extracción, adecuado a las necesidades de caudal y presión del sistema.

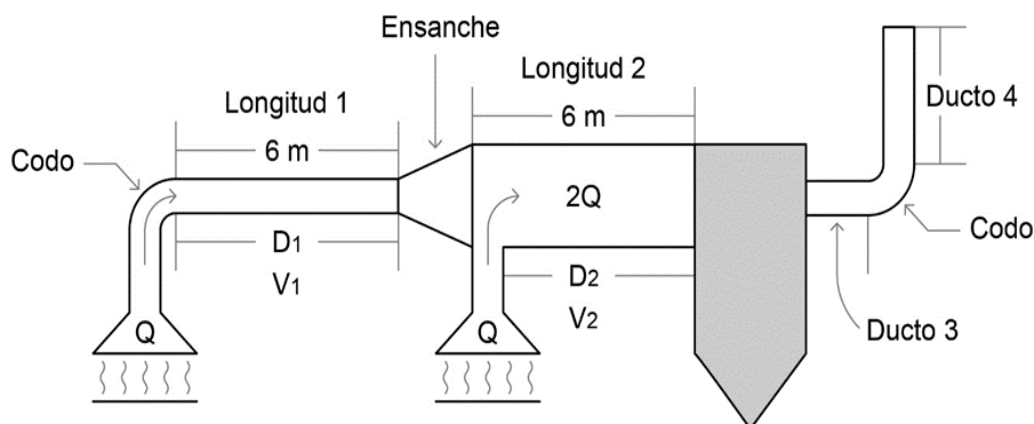
Esquema del sistema de ventilación

El diseño propuesto para la bodega incluye la instalación de un sistema de ventilación localizada por techo, en el cual las campanas de extracción captan los contaminantes directamente en la fuente de emisión. Dichas campanas se conectan a través de ductos rectos y codos que conducen el flujo hacia un colector, donde se retiene el material particulado antes de expulsar el aire filtrado al exterior.

En la **Figura 12** se presenta el esquema general del sistema, en el cual se observan los siguientes componentes principales:

- **Campanas de captación (Q):** ubicadas sobre los equipos que generan material particulado.
- **Ductos de transporte (D1, D2):** encargados de conducir el aire contaminado desde las campanas hasta el sistema de filtración.
- **Codos:** permiten redirigir el flujo según la disposición de los equipos.
- **Ensanche:** unión de dos flujos parciales en un conducto común, con incremento de caudal ($2Q$).
- **Colector de polvo:** dispositivo central encargado de la separación de partículas sólidas.
- **Ducto de salida (Ducto 4):** expulsa el aire limpio al exterior tras pasar por el sistema de filtración.

Figura 24. Esquema del sistema de ventilación localizada con campanas, ductos y colector de partículas



Fuente: elaboración propia con base en normas técnicas de ventilación industrial.

Cálculos de diseño del sistema de ventilación

Con base en el plano de la bodega y las dimensiones de los equipos, se procede a realizar los cálculos técnicos que permiten dimensionar el sistema de ventilación localizada. El objetivo es garantizar la extracción eficiente del material particulado en el área de producción, reduciendo los niveles de exposición de los trabajadores y cumpliendo con la normativa vigente.

Los cálculos se desarrollan en el siguiente orden, siguiendo las recomendaciones de la NTC 5183 (ICONTEC, 2003) y de la ACGIH (2021):

- Caudal requerido por campana: determina el volumen de aire que debe captarse en cada fuente emisora para asegurar la captura del contaminante en el punto de generación.
- Cálculo del caudal total necesario: resultado de la suma de los caudales de cada campana, considerando las condiciones operativas del proceso.

- Diámetro de los ductos: se define en función del caudal y de la velocidad de transporte del aire, evitando pérdidas excesivas y garantizando la eficiencia del sistema.
- Velocidad en los conductos: debe mantenerse dentro de rangos aceptables para prevenir sedimentación de partículas y minimizar ruido o vibraciones.
- Presión dinámica: corresponde a la energía asociada al movimiento del aire dentro de los ductos.
- Pérdidas de carga: se calculan de forma diferenciada según el elemento que las genera:
 - Campanas de captación.
 - Tramos rectos de ducto.
 - Codos de redirección.
 - Filtros de retención de partículas.
- Pérdida de carga total: suma de todas las resistencias del sistema, valor que permite seleccionar el ventilador centrífugo adecuado en términos de presión y caudal.

Este procedimiento asegura un dimensionamiento correcto del sistema, optimizando el rendimiento energético y garantizando condiciones de trabajo seguras en la bodega.



Caudal requerido por campana

Existen varias aplicaciones industriales para el cálculo de las campanas extractoras, garantizando la captura eficiente evitando la dispersión en el ambiente en esta caso utilizaremos campana elevada cuadrada.

$$Q = (\text{perímetro de la campana libre}) \cdot (\text{distancia de captación}) \cdot (\text{velocidad de captación})$$

Calculo de caudal

Figura 25 velocidad de captación, manual de ventilación soleu y palau

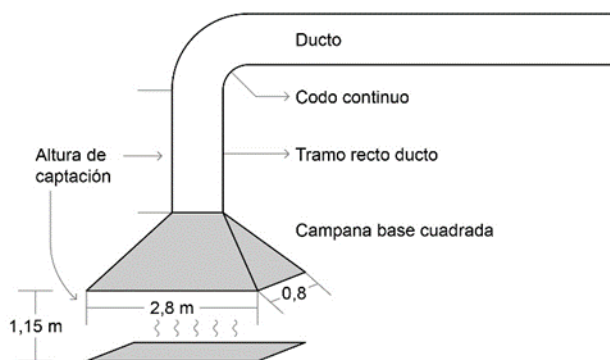
Únicamente gases y vapores	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s
	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas. Evaporación en tanques. Desengrasado.	0,25 - 0,5
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnia.	0,5 - 1
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5
Con partículas sólidas en suspensión 	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 - 2,5
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerilado. Rectificado.	2,5 - 10

Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:

Inferior	Superior
1. Pocas corrientes de aire en el local.	1. Corrientes turbulentas en el local.
2. Contaminantes de baja toxicidad.	2. Contaminantes de alta toxicidad.
3. Intermitencia de las operaciones.	3. Operaciones continuas.
4. Campanas grandes y caudales elevados.	4. Campanas de pequeño tamaño.

Fuente: (Palau, Manuel Practico de la Ventilacion, 2006)

Figura 26 Velocidad de captación



Fuente: (Palau, Manuel Practico de la Ventilacion, 2006)

$$Q = (2,8 + 2,8 + 0,08 + 0,8)(1,5)(2,5 \text{ m/s}) \times 3600$$

Perímetro de la campana Alto de la captación Velocidad de captación de acuerdo a la tabla Factor de conversión

$$PE = 0,18(pd) = 0,18(240)$$

$$Q = (5,6 + 1,6) (1,15)(2,5)(3600)m^3/h$$

$$Q = 74,520 m^3/h$$

Convirtiendo el caudal a m^3/s

$$Q = 20,7 m^3/s$$

Diametro del ducto

$$Q = 20,7m^3/s$$

Figura 27 velocidad de transporte

Gases, vapores		5 a 6(*)
Humos	Humos de óxido de zinc y de aluminio.	7 a 10(*)
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón.	10 a 13
Polvos secos y pólvoras	Polvos finos de caucho, de baquelita; felpas de yute; polvos de algodón, de jabón.	13 a 18
Polvos industriales medios	Abrasivo de lijado en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafito; corte de briquetas, polvos de arcilla, de calcáreo; embalaje o pesada de amianto en las industrias textiles.	18 a 20
Polvos pesados	Polvo de toneles de enarenado y desmoldeo, de chorreado, de escariado.	20 a 23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto-cemento, de cal viva.	>23
(*)Generalmente se adoptan velocidades de 10 m/s		o transporte neumático húmedo

Fuente : (Palau, Manuel Practico de la Ventilacion, 2006)

Velocidad de transporte $Vt = 20m/s$

$$Vt = 20m/s$$

Area

$$A = \frac{Q}{V} = A \frac{20,7m^3/s}{20m/s} = 1,035m^2$$

$$\text{Ducto circular} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{4A}{\pi} \quad D = \sqrt{\frac{4(1,035)}{3,14}} \text{ In}$$

$$D = \sqrt{1,31847} \text{ In}$$

$$D = 1,148 \text{ In} \cong 1,15\text{m}$$

$$D = 45,275 \text{ Inch} \cong 45,3 \text{ Inch}$$

Presion dinámica

$$PD = \frac{(P_{\text{AIRE}})(V_t)}{2}$$

$$P_{\text{AIRE}} = \text{DENSIDAD DE AIRE} \quad P_{\text{AIRE}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

V_t velocidad de transporte

$$V_t = 20 \text{ m/s}$$

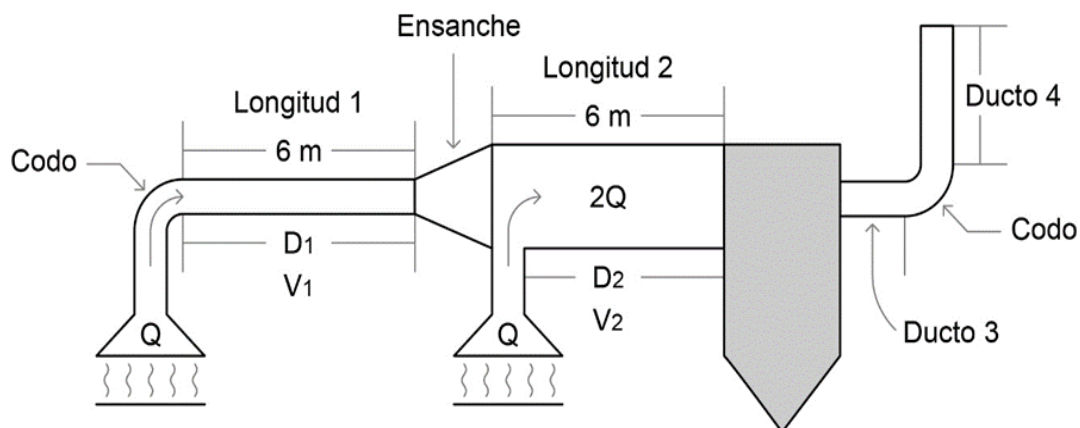
$$PD = \frac{\left(1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (20 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$PD = \frac{(1,2)(20)^2}{2} \text{ pascal}$$

$$PD = (0,6)(400) = 240 \text{ pascal}$$

$$PD = 240 \text{ pascal}$$

Figura 28 Esquema del sistema de ventilación con campanas, ductos y colector de partículas



Nota. El esquema muestra la disposición de las campanas de captación, los tramos de ductos con sus longitudes y diámetros, así como los elementos de ensanche, codos y colector, necesarios para el cálculo del caudal, velocidades y pérdidas de carga en el sistema.

Perdidas en tramo rectos.

D1: diámetro del ducto

V1: velocidad de transporte

D2: diámetro ducto 2

V2: velocidad de transporte 2

Formula

$$PD = \frac{P(VT)^2}{2}$$

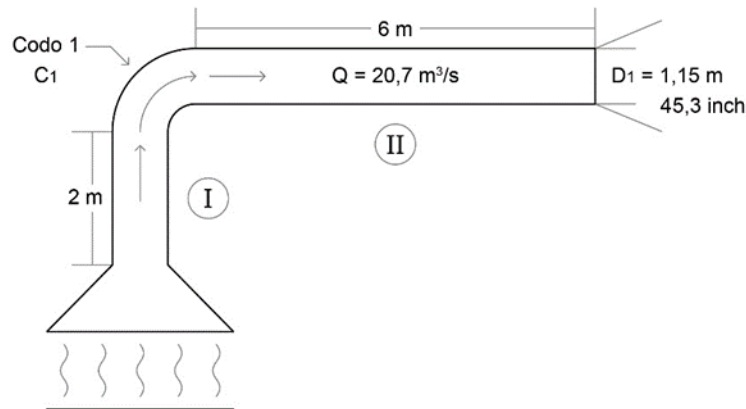
$$PC = \frac{27,80}{0,079} \frac{1,066}{1,066} X PDXL$$

Caudal Q = 207

Diametro = 1,15m

Presion dinámica= 240

Figura 29 Tramos 1 y 2 Campana de captación y primer tramo de ducto con codo



Nota. Se observa la campana elevada conectada al primer tramo del sistema de extracción, incluyendo el codo inicial (C1), la longitud del ducto (6 m) y el diámetro calculado ($D_1 = 1,15 \text{ m}$), por donde circula el caudal de $20,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$PC = \frac{27,80}{\frac{(20,7)^{0,079} \times (1,15)^{1,066}}{(1,27046) \times (1,160)}} \times PDL \times L$$

$$PC = 18,86 \times PDL \times L$$

$$PC = 18,86 \times PD \times L$$

$$PC = 18,86 \times 240 \times L$$

$$PC = 4526,4 \times L$$

$$L2$$

$$PC = 4526,4 \times 2$$

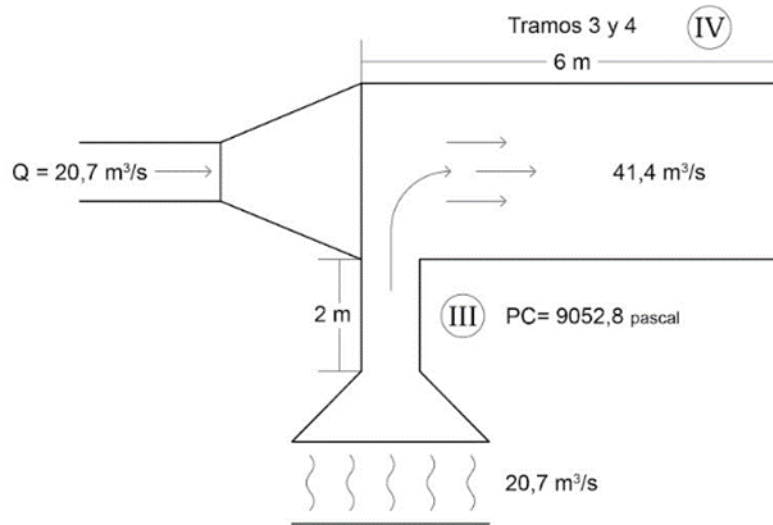
$$9052,8 \text{ PASCAL}$$

$$L6$$

$$PC = 4526,4 \times 6$$

$$PC \text{ 27158,4 PASCAL}$$

Figura 30 Tramos 3 y 4 Ensanche del ducto y unión de campanas de extracción



Nota. Se muestra el ensanche del ducto donde confluyen los caudales de dos campanas ($Q = 20,7 \text{ m}^3/\text{s}$ cada una), generando un caudal total de $41,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Se observa además la pérdida de carga en el punto crítico ($PC = 9052,8 \text{ Pa}$) y las longitudes de los tramos 3 y 4 (6 m).

$$PD = \frac{(1,02)(20)^2}{2} = 240 \text{ PASCAL}$$

$$PC = \frac{27,8}{(41,4)^{0,079} \times (1,62)^{1,066}} \times 240 \times L$$

$$PC = 531,55L = PC \ 3189,31$$

MASIVA VELOCIDAD DE TRANSPORTE

$$Q = 41,4$$

$$VR = 20 \frac{M}{S}$$

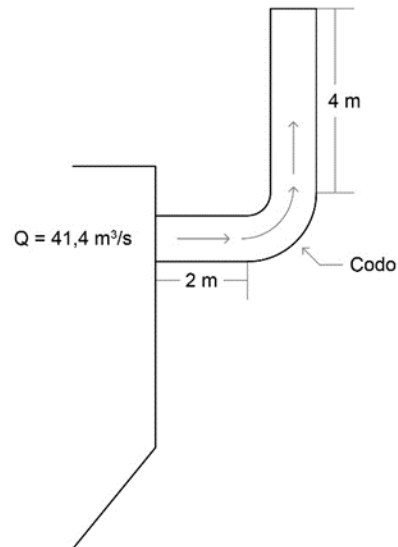
$$A_2 = \frac{41,4}{20} = 2,07M^2$$

$$D2 = \sqrt{\frac{4 \times 2,07}{3,14}}$$

$$D2 = 1,62 \text{ M}$$

$$D2 = 63,8 \text{ INCH}$$

Figura 31 Tramo 5 final del ducto con codo de salida



Nota. Se observa el tramo de salida del sistema de ventilación con caudal de $41,4 \text{ m}^3/\text{s}$, compuesto por un ducto horizontal de 2 m, un codo y un ducto vertical de 4 m que conduce el aire hacia el exterior.

$$PC = 531,55(2) = 1,063,1 \text{ PASCAL}$$

L4

$$PC = 531,55(4) = 2126,2 \text{ PASCAL}$$

PC TOTAL EN DUCTO DE SALIDA DEL COLECTOR

$$PCT = 1063,1 + 2126,2 = 3189,3 \text{ PASCAL EN DUCTO DE SALIDA}$$

$$PCT = 3189,3 \text{ PASCA}$$

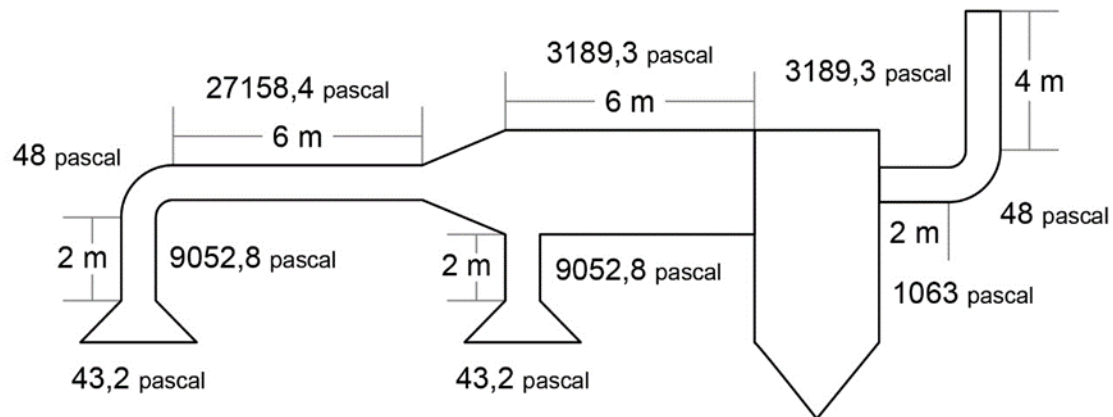
Perdida de codo

Codo contino

$$PC = 0,2 \times PD = 0,2 (240)$$

PC 48 PASCALES

Figura 32 Pérdidas de carga en el sistema de ventilación



Nota. Se representan las pérdidas de presión a lo largo del sistema de ductos, campanas y codos, expresadas en pascals. Estos valores permiten identificar la resistencia total del sistema y constituyen la base para la selección del ventilador de extracción.

Perdida total

$$PCT = (9052,8 + 48 + 27158,4 + 3189,3 + 9052,8 + 1063 + 3189,3 + 48)$$

$$PCT = 52861,6 \text{ PASCAL} + 43,2 = 52861,6 \text{ PASCAL}$$

Pulgadas de agua = 211,4464 pulgadas de agua

Capítulo 4: Recomendaciones Técnicas y Operativas

Manual de Mantenimiento de Ventiladores, Ductos y Colector

Importancia del mantenimiento

El mantenimiento del sistema de ventilación es esencial para garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable. Un sistema en óptimas condiciones permite controlar la calidad del aire, eliminando gases contaminantes, vapores químicos y partículas en suspensión que pueden ser perjudiciales para la salud de los trabajadores. De esta manera, se previenen problemas respiratorios, fatiga y otras afectaciones derivadas de la exposición prolongada a contaminantes.

Asimismo, un mantenimiento adecuado ayuda a prevenir fallos graves y asegura la eficiencia a largo plazo del sistema. Los conductos limpios, los filtros en buen estado y los ventiladores ajustados evitan que los equipos trabajen con sobrecarga, reduciendo el consumo energético y mejorando el rendimiento. Además, prolongan la vida útil de los equipos al impedir la acumulación de polvo y contaminantes que afectan su desempeño, lo cual disminuye los costos de reparación y reposición.

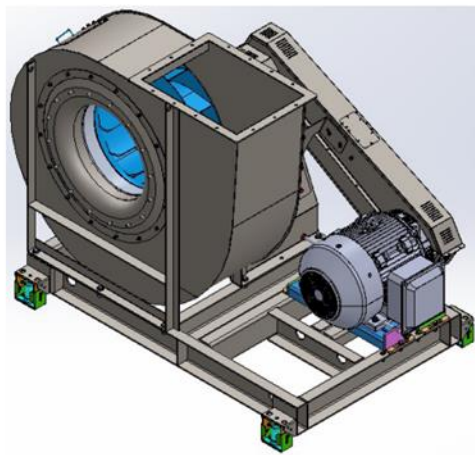
Ventilador centrífugo de transmisión

Los ventiladores centrífugos de transmisión ofrecen prestaciones considerables en términos de caudal y presión, combinadas con un bajo consumo energético y niveles reducidos de ruido. Son equipos ideales tanto para la inyección como para la extracción de aire en aplicaciones industriales.

El diseño del rodete minimiza las pérdidas innecesarias de energía, lo que se traduce en altos niveles de eficiencia del sistema. Además, su proceso de fabricación y verificación asegura una larga vida útil de operación con requerimientos mínimos de mantenimiento. Estos ventiladores cuentan con gran versatilidad en cuanto a posiciones de descarga y accesorios

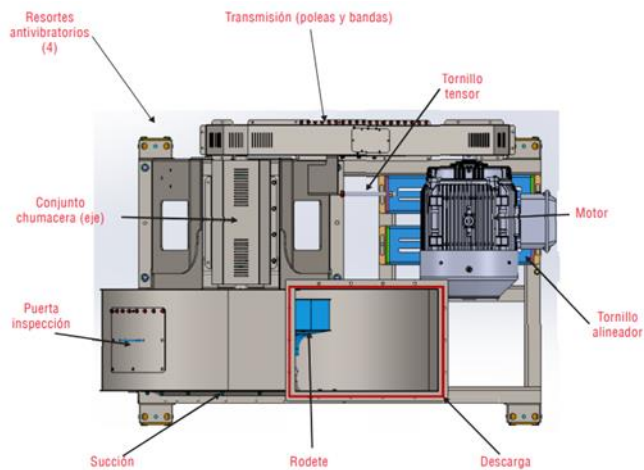
disponibles para su fijación y montaje, lo que facilita su adaptación a diferentes necesidades operativas (Palau, *Manual de Ventiladores Centrífugos*, 2024).

Figura 33 vista general



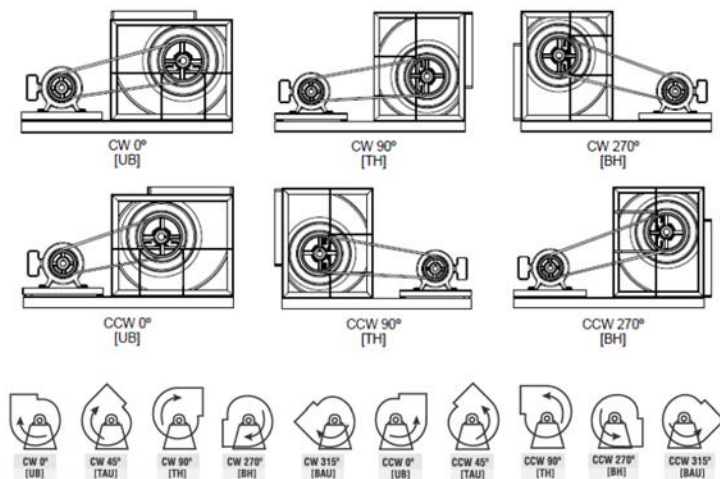
Fuente : (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Figura 34 Componentes generales del ventilador



Fuente: (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Figura 35 Opciones de rotación y descarga

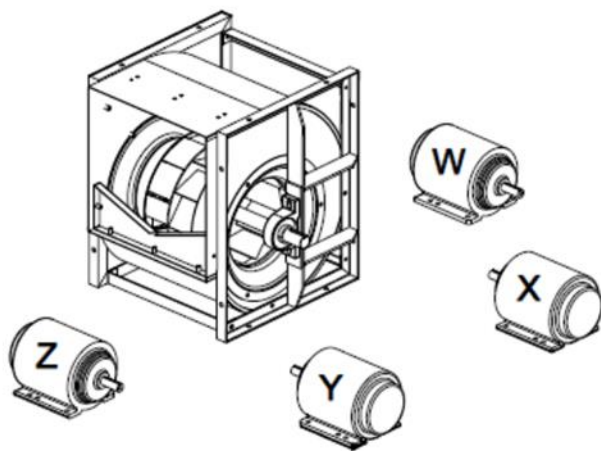


Fuente: (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Posiciones estándar del motor de acuerdo al manual

Estas posiciones del motor son independientes de la rotación y descarga, la ubicación del motor viene determinada desde el lado de la transmisión del ventilador y la designación de las posiciones con las letras W, X, Y o Z

Figura 36 Posicionamiento del motor



Fuente: (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Mantenimiento general

El mantenimiento general juega un papel fundamental en cualquier equipo, componente o maquinaria, ya que las acciones realizadas están orientadas a garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y a prolongar su vida útil. Es importante destacar que el mantenimiento programado debe considerarse como una inversión que, a mediano y largo plazo, evita gastos innecesarios en reparaciones, daños totales o paros no planeados.

De acuerdo con Palau (2006), resulta de vital importancia llevar a cabo mantenimientos preventivos básicos en cualquier sistema de ventilación, pues estas prácticas permiten conservar la eficiencia operativa y prevenir averías que puedan comprometer la seguridad de los trabajadores y la integridad del equipo.

Consideraciones principales:

- El ventilador debe instalarse sobre una superficie bien nivelada, ya que una nivelación incorrecta puede generar vibraciones anormales que, con el tiempo, ocasionen roturas o deformaciones en la estructura.
- Es responsabilidad del usuario garantizar las conexiones eléctricas requeridas para el ventilador.
- Toda maniobra de carga del equipo debe realizarse sujetando los puntos de izaje dispuestos en el ventilador.
- Está prohibido desarmar el ventilador para realizar maniobras de instalación sin previa autorización técnica, ya que ello podría comprometer la seguridad y el rendimiento del equipo.

Puntos de inspección antes y durante el arranque del ventilador

Previo al arranque de los ventiladores y durante su operación inicial, es necesario verificar una serie de aspectos que aseguren la seguridad del equipo y el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos. Estas inspecciones permiten detectar anomalías y liberarlos sin inconvenientes para su operación.

Tal como indica Palau (2024), la programación de mantenimientos regulares resulta esencial para evitar averías mecánicas y daños en los componentes debido al desgaste natural o a la falta de monitoreo preventivo. De esta manera, se garantiza la continuidad de la operación y la fiabilidad del sistema de ventilación.

Precauciones

Para garantizar la seguridad del personal y la integridad de los equipos, se deben considerar las siguientes precauciones antes de manipular el sistema de ventilación:

- Verificar que el equipo no tenga alimentación eléctrica y que el personal utilice el equipo de protección personal (EPP) y vestimenta adecuados.
- En caso de que el ventilador haya operado bajo condiciones de altas temperaturas, se debe esperar a que disminuya la temperatura antes de intervenir.
- Evitar manipular el ventilador de manera individual; la maniobra debe realizarse con al menos dos personas para reducir riesgos de accidentes.

Alistamiento diario del ventilador

El alistamiento diario constituye una rutina preventiva fundamental para garantizar el correcto funcionamiento del ventilador y prevenir averías. Entre las actividades recomendadas se encuentran:

- Asegurarse de que no existan objetos extraños dentro del equipo.
- Verificar que los rodamientos del ventilador y del motor estén debidamente lubricados.

- Confirmar que todos los tornillos estén correctamente ajustados, en especial los del bloqueo del rodete en su eje, de los soportes, de la base tensora y de los rodamientos.
- Comprobar que la unidad se encuentre totalmente nivelada en su base.
- Revisar que el giro del ventilador corresponda con la dirección indicada en la etiqueta de identificación ubicada en el costado de la unidad.
- Asegurarse de que los prisioneros de las chumaceras y demás componentes giratorios estén debidamente ajustados.
- Verificar que las bandas se encuentren correctamente tensadas para evitar fallos en su funcionamiento.
- Lubricar las chumaceras antes de cada arranque del ventilador.

Precauciones de operación inicial

- Durante los primeros tres meses de operación, verificar que no exista sobrecalentamiento en los rodamientos y el motor, siguiendo las indicaciones de las fichas técnicas correspondientes.
- Después de 4 a 5 horas de operación, detener y desenergizar el ventilador para realizar una inspección física del equipo. Se debe comprobar que no haya tornillería o componentes flojos, rozamientos entre partes metálicas, así como revisar la temperatura de las chumaceras y la tensión de las bandas.

Verificación de rodetes en el alistamiento diario

- Confirmar que el rodete gire en el sentido indicado en el equipo.
- Revisar que el rodete gire libremente sin resistencia.
- Eliminar cualquier cuerpo extraño presente en el interior, ya que estos pueden generar vibraciones que ocasionen daños en los rodamientos o en la estructura del ventilador.

- Mantener una limpieza constante del rodete o hélice para evitar acumulación de suciedad, lo cual podría causar desbalance y fallos.
- En ventiladores destinados al movimiento de aire contaminado con partículas sólidas o abrasivas, es indispensable realizar limpieza periódica del rodete y la inspección física de los álabes.

Lubricación de rodamientos

- Los rodamientos deben ser lubricados de acuerdo con los intervalos y la cantidad de grasa especificada en la ficha técnica del fabricante.

Precaución:

El exceso de grasa en los rodamientos puede generar sobrecalentamiento. Nunca aplicar una cantidad mayor a la recomendada por el fabricante de las chumaceras.

Recomendaciones del fabricante sobre rodamientos (chumaceras)

Los rodamientos vienen prelubricados con grasa de alta calidad; sin embargo, se recomienda realizar una relubricación antes de la puesta en marcha. Posteriormente, deben relubricarse cada tres meses o cada 500 horas de operación, lo que ocurra primero.

Características de la grasa recomendada:

- **Espesante (Thickener):** Lithium soap
- **Aceite base (Base oil):** Mineral-oil
- **Punto de goteo (Dropping point):** 181 °C
- **Temperatura de operación (Operating temp):** mín. -10 °C / máx. 110 °C

Identificación de puntos a lubricar

- Siempre que sea posible, se recomienda **lubricar el rodamiento mientras gira**, hasta que se observe la purga de grasa en los sellos.

- Si por motivos de seguridad no es posible, seguir el procedimiento alternativo:
 1. Detener completamente el equipo.
 2. Agregar la **mitad de la cantidad recomendada** de grasa según las especificaciones del fabricante.
 3. Encender el rodamiento y dejarlo funcionar durante algunos minutos.
 4. Detener nuevamente el rodamiento y aplicar la segunda mitad de la grasa recomendada.

Nota técnica:

Después de la lubricación, puede presentarse un aumento de temperatura de hasta **17 °C (30 °F)**, lo cual es un comportamiento normal dentro de los parámetros de operación.

Figura 37 Lubricación



Fuente : (Palau, Manual ventiladores centrifugos , 2024)

Revisión de tensión de bandas

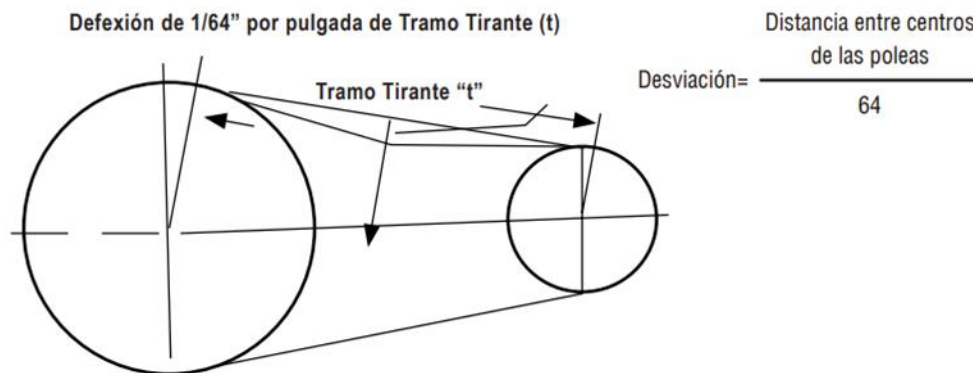
El monitoreo constante de la tensión de las bandas es un punto crítico dentro de las bitácoras de mantenimiento, ya que garantiza el correcto funcionamiento del ventilador y evita fallas prematuras.

Para la medición de la tensión, se recomienda aplicar la siguiente regla:

- Ajustar la tensión de la banda de manera que permita una **desviación de 1/64" por cada pulgada de distancia entre los centros de las poleas.**

Este procedimiento asegura una transmisión eficiente de la potencia, reduce el riesgo de deslizamiento y contribuye a prolongar la vida útil de las bandas y poleas.

Figura 38 Tensión de bandas



Fuente : (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Precaución

Una tensión excesiva de la banda puede ocasionar daños severos en el motor y en la transmisión, reduciendo la vida útil de los componentes y aumentando el riesgo de fallas inesperadas.

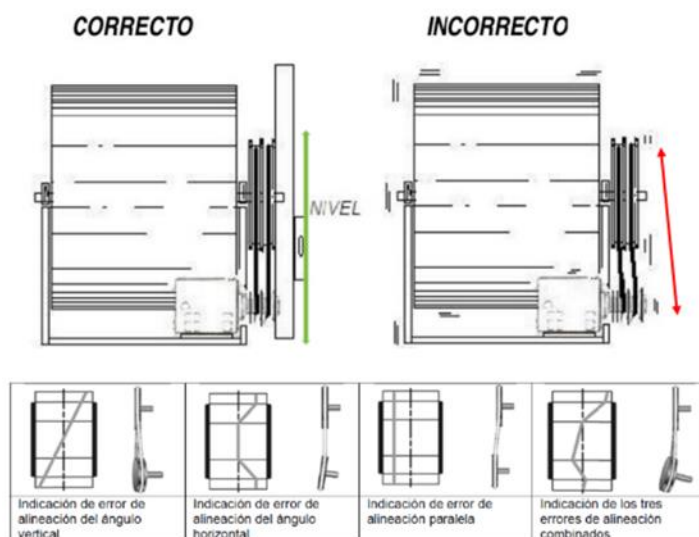
Alineación de poleas

La alineación de las poleas motriz e impulsada debe revisarse de manera periódica para asegurar un funcionamiento eficiente del sistema. Para ello:

- Se debe tomar como referencia la polea motriz.
- Utilizar un **alineador láser** o, en su defecto, un **nivel calibrado** para verificar la correcta alineación.

Una adecuada alineación evita vibraciones, ruidos anormales y desgaste prematuro de las bandas, contribuyendo a la estabilidad y durabilidad del sistema de ventilación.

Figura 39 Alineación de poleas



Fuente : (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Alineación láser

La alineación de poleas mediante láser es un procedimiento que garantiza mayor precisión y confiabilidad en comparación con los métodos tradicionales. Este proceso debe

realizarse siempre desde la polea lado motor (polea motriz), ya que la polea lado chumacera (polea impulsora) suele estar fija y no permite ajustes.

El procedimiento consiste en colocar el equipo de alineación láser en la polea impulsora, de manera que proyecte un haz de luz hacia los receptores ubicados en la polea motriz. Este haz permite identificar posibles desviaciones en la alineación y efectuar los ajustes necesarios en la polea motriz hasta alcanzar la posición correcta.

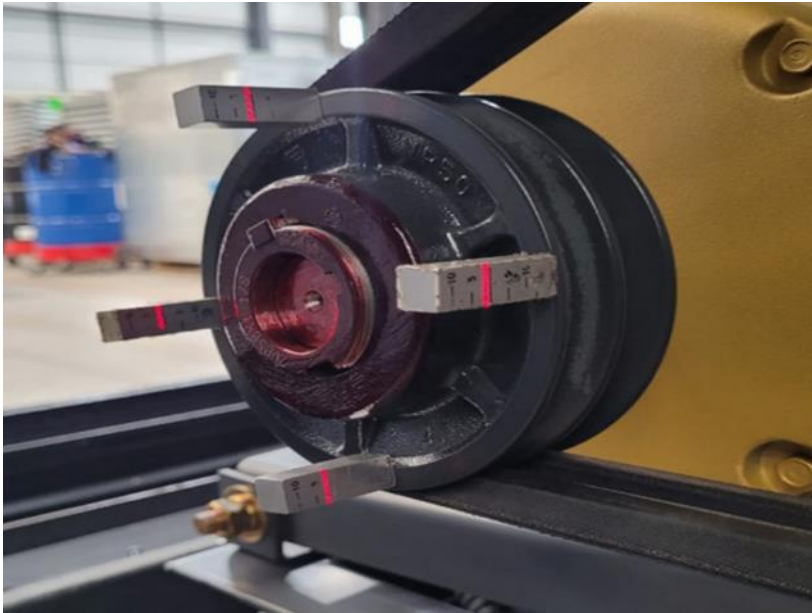
Este método asegura un ajuste exacto y también minimiza vibraciones, reduce el desgaste prematuro de las bandas y prolonga la vida útil del sistema de transmisión.

Figura 40 Alineacion laser - 1



Fuente : (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Figura 41 Alineacion laser - 2



Fuente : (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Medición de amperaje

El monitoreo del amperaje es una práctica esencial para asegurar que el ventilador y el motor trabajen dentro de los parámetros establecidos por el fabricante. Una medición diaria permite identificar variaciones anormales en el consumo eléctrico que pueden ser indicio de problemas mecánicos, eléctricos o de sobrecarga en el sistema.

Controlar de manera constante el amperaje ayuda a:

- Prevenir fallas inesperadas y paros no programados.
- Detectar incrementos de fricción en rodamientos o bandas desajustadas.
- Identificar desbalances en el rodete o bloqueos parciales en los ductos.
- Optimizar el uso de energía, evitando consumos excesivos y protegiendo el motor contra daños prematuros.

La implementación de este control como parte de la rutina diaria de mantenimiento permite anticipar fallas potenciales y garantizar la continuidad operativa del sistema de ventilación.

Figura 42 Medición de amperaje



Fuente : (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

Factores externos

Cuando el ventilador es instalado en espacios expuestos a la intemperie, resulta indispensable considerar medidas de protección adicionales. La humedad, el polvo, la radiación solar, la lluvia y otros agentes contaminantes del ambiente pueden acelerar la degradación de los materiales y afectar el desempeño del equipo.

Para prevenir estos daños se recomienda:

- Instalar cubiertas protectoras que minimicen el impacto directo de la intemperie.
- Implementar sistemas de drenaje adecuados que eviten la acumulación de agua en las estructuras.
- Aplicar recubrimientos anticorrosivos en las superficies metálicas expuestas.

- Establecer rutinas de inspección periódicas que permitan identificar a tiempo signos de oxidación, desgaste o deterioro.

Estas acciones preventivas contribuyen a prolongar la vida útil del ventilador y a mantener un nivel de operación seguro y confiable incluso bajo condiciones ambientales adversas.

Figura 43 Factores externos



Fuente : (Palau, Manual ventiladores centrifugos, 2024)

En estos casos se recomienda utilizar recubrimientos antioxidantes que ayuden a preservar la vida útil de los componentes.

PRECAUCIÓN

Se aconseja efectuar monitoreos periódicos a los ventiladores para verificar el buen estado de este y hacer girar manualmente el rodete o hélice por lo menos una vez por día.

Mantenimiento de ductos

El sistema de ductos es un elemento esencial en los procesos de ventilación industrial, ya que asegura el transporte eficiente de los contaminantes capturados hasta los sistemas de filtración y extracción. Dado que la circulación constante de partículas puede generar acumulación, corrosión o pérdida de eficiencia en el flujo de aire, resulta indispensable implementar un plan de mantenimiento preventivo. Este garantiza no solo la continuidad operacional, sino también la protección de la salud de los trabajadores y el cumplimiento normativo en materia de higiene y seguridad ocupacional.

Para una empresa que maneja material particulado, la frecuencia recomendada para el mantenimiento y limpieza de los ductos del sistema de colectores de polvo suele ser mensual a trimestral, dependiendo de la cantidad de polvo generado y las condiciones específicas de la planta.

PRECAUCIÓN

- Se recomienda revisar los ductos una vez al mes o cada tres meses para detectar y eliminar acumulaciones de polvo que puedan afectar el flujo de aire y la eficiencia del sistema.

Inspecciones preventivas periódicas

- **Inspección visual interna:** mediante cámaras CCTV o cámaras de escaneo óptico, que permiten detectar depósitos, acumulaciones o daños internos causados por material particulado en tuberías.
- **Uso de técnicas no destructivas (NDT):** ultrasonido para medir el espesor, corrientes inducidas o técnicas magnéticas para detectar erosiones, pérdidas de material o fisuras que puedan ser causadas o aceleradas por material particulado en flujo.

- **Inspección visual externa:** detectar fugas, corrosión, daños mecánicos, soldaduras defectuosas, desalineamiento, deterioro de recubrimientos protectores y problemas en soportes o zapatas que puedan afectar la estabilidad o la seguridad del sistema.

Herramientas a utilizar: linterna, lupa, cámara fotográfica o videoscopio, pirómetro infrarrojo, solución jabonosa para detectar fugas, regla o calibres para medir deformaciones.

Tabla 16 Metodos de limpieza tubería para material particulado

Metodo	Descripcion	Eficiencia	Costo	Tiempo	Seguridad	Aplicaciones
Limpieza química	Uso de agentes químicos para disolver o aflojar depósitos (grasas, óxidos, incrustaciones).	Alta para depósitos orgánicos y químicamente solubles.	Medio-Alto	Medio	Requiere manejo seguro de químicos.	tuberías con geometrías complejas o obstrucciones químicas.
Limpieza mecánica	Uso de cepillos, rascadores o "pigs" para extraer físicamente residuos sólidos.	Alta para partículas sólidas grandes y acumulaciones.	Medio	Variable	Alta si se usa equipo adecuado.	Tuberías accesibles y con diámetro considerable.
Hidrochorro / Hidrolavado	Chorros de agua a alta presión, a veces con abrasivos suaves, para remover residuos y	Muy alta, remueve grasa, lodo y sedimentos adheridos.	Alto	Rápido	Requiere equipo especializado y precaución para evitar daños.	Limpieza profunda en tuberías industriales o domésticas.
Uso de serpiente o sonda mecánica	herramienta flexible para alcanzar y deshacer obstrucciones profundas dentro de tuberías.	Alta para obstrucciones profundas y persistentes.	Medio	Variable	Manejo cuidadoso para evitar daños.	Obstrucciones profundas en tuberías domésticas o industriales.

Fuente: elaboración propia de acuerdo a los métodos de limpieza reconocidos

El mantenimiento incluye inspecciones visuales y técnicas, limpieza mecánica o hidráulica, y en ocasiones tratamientos químicos para disolver incrustaciones. Su objetivo es evitar bloqueos, corrosión y fallas, prolongar la vida útil del ducto, además de minimizar costos operativos y riesgos ambientales.

Así, un programa típico podría considerarse así:

Tabla 17 Programa típico de mantenimiento

Tipo de sistema	Frecuencia recomendable mantenimiento
Plantas Industriales	Cada 3 a 6 meses o según volumen de residuos 1 año permitido
Redes urbanas / municipales	Anual o según inspección
Comercios y residencias	Cada 6 meses a 1 año

Nota: elaboración propia.

De acuerdo con las inspecciones preventivas diarias realizadas antes del inicio de la producción, se determina si la limpieza de las tuberías debe realizarse dentro de los tiempos recomendados por la normativa técnica. Para ello, se aplicará el método más apropiado según las condiciones: químico, mecánico o hidrolavado, asegurando así la eficiencia y durabilidad del sistema de ventilación.

Mantenimiento del colector centrífugo

El colector centrífugo constituye un elemento clave en los sistemas de ventilación industrial, pues su función es separar las partículas del flujo de aire y garantizar que el material contaminante no retorne al ambiente laboral. Para prolongar su vida útil y optimizar su desempeño, el mantenimiento preventivo debe realizarse de manera planificada, combinando tareas de inspección, limpieza y reparación. Generalmente, los intervalos de mantenimiento oscilan entre seis meses y un año, dependiendo de la carga de material procesada y de las condiciones operativas de la planta.

Entre las prácticas recomendadas se encuentran:

- **Inspección y monitoreo frecuente (diaria o semanal):** verificación visual de posibles fugas, presencia de ruidos anómalos, acumulación de polvo en las tolvas, estado de juntas y sellos, así como parámetros operativos del ventilador.
- **Limpieza general y reemplazo de filtros o medios filtrantes:** acorde con la cantidad de material particulado capturado, esta labor debe realizarse entre cada seis meses y un año.
- **Inspección estructural completa:** evaluación detallada de la cámara, tolvas, paredes internas y conexiones, con el fin de reparar o sustituir componentes desgastados o corroídos que puedan comprometer la eficiencia del sistema.

En conclusión, un programa óptimo de mantenimiento del colector centrífugo integra inspecciones rutinarias, limpiezas periódicas y revisiones estructurales profundas, lo que asegura un funcionamiento confiable, eficiente y alineado con las exigencias de seguridad y salud ocupacional.

Tabla 18 Programa óptimo de mantenimiento del colector centrífugo

Tipo uso	Frecuencia recomendada de mantenimiento completo
Uso industrial intenso	Cada 3 a 6 meses
Uso industrial/moderado	Cada 6 meses a 1 año
Uso residencial/comercial ligero	Cada 1 año o según condiciones

Nota: elaboración propia

Cambio de cartucho o dust collector

El reemplazo de los cartuchos en un sistema de colector de polvo es un procedimiento crítico para garantizar el adecuado desempeño del sistema de ventilación y la protección de la salud de los trabajadores. La frecuencia de cambio depende de la cantidad de polvo procesado, la calidad

del aire, las condiciones de operación y la disciplina de mantenimiento implementada en la planta.

En términos generales, se recomienda sustituir todos los cartuchos al mismo tiempo. Esto evita que los nuevos presenten menor resistencia al flujo de aire y acumulen polvo con mayor rapidez, lo que reduciría su vida útil y afectaría el rendimiento del sistema. La vida útil promedio de los cartuchos puede oscilar entre uno y cinco años o más, dependiendo de las condiciones de operación. Sin embargo, el criterio más confiable para su sustitución es el monitoreo de la presión diferencial a través del filtro: cuando la caída de presión supera un límite de referencia (por ejemplo, alrededor de 150 daPa o 6 pulgadas de columna de agua), se considera que los cartuchos están saturados y requieren reemplazo inmediato.

Adicionalmente, es fundamental mantener en buen estado y revisar de manera periódica las válvulas de pulso de aire (diafragma), cuya función es limpiar los filtros y prolongar su durabilidad. Se recomienda realizar esta verificación al menos una vez al año, asegurando así que los cartuchos mantengan un desempeño óptimo y que el sistema conserve la eficiencia en la extracción de contaminantes.

Tabla 19 Programa típico cambio de cartucho

Accion	Frecuencia recomendada
Cambio completo de cartuchos	Cada 1 a 5 años, o según caída de presión
Revisión de válvulas de pulso	Al menos anual
Monitoreo de caída de presión	Semanal

Nota: elaboración propia

Beneficios del correcto funcionamiento del sistema de ventilación

El adecuado desempeño de un sistema de ventilación para material particulado en ambientes industriales resulta esencial para garantizar condiciones seguras y saludables dentro

del entorno laboral. Este tipo de sistema asegura la renovación constante del aire, permitiendo la expulsión de partículas contaminantes, gases nocivos y olores derivados de los procesos productivos. Gracias a ello, se protege la salud respiratoria de los trabajadores, se reducen los riesgos de enfermedades profesionales y se favorece el confort térmico en las áreas de operación. Asimismo, un sistema eficiente de ventilación asegura el cumplimiento de los requerimientos normativos en seguridad y salud ocupacional, evitando sanciones legales y fortaleciendo la cultura de prevención en la organización. En este sentido, la ventilación adecuada no solo preserva la integridad de los empleados, sino que también contribuye a mejorar la productividad y a consolidar un ambiente laboral sostenible y humanizado (Industriales, 2025).

Beneficios de la ventilación industrial

La implementación de ventilación industrial representa múltiples ventajas operativas y preventivas. En primer lugar, mejora la seguridad de los trabajadores, ya que el flujo de aire continuo permite la evacuación de contaminantes del entorno inmediato, reduciendo la exposición a agentes que podrían afectar la salud. En segundo lugar, mantiene un espacio de trabajo limpio, ya que facilita la eliminación de malos olores producidos por la manipulación de materiales o insumos, evitando molestias que puedan afectar el rendimiento y la concentración del personal. Finalmente, se constituye como una alternativa más confiable y eficiente que la ventilación natural. A diferencia de esta última, que depende de factores externos y variables ambientales, la ventilación industrial garantiza un caudal de aire constante y dirigido, asegurando así condiciones estables y controladas dentro de la planta.

Elementos de Protección Personal (EPP)

En la empresa FERTILGRAN S.A.S. se reconoce la importancia de proteger la salud y la seguridad de los trabajadores. Por tal motivo, se elaboró una propuesta para la implementación

de un plan anual de capacitación orientado al uso adecuado y responsable de los Elementos de Protección Personal (EPP), el cual debe ser adoptado por la organización.

El plan establece que el área de Seguridad y Salud en el Trabajo realice una supervisión diaria del uso correcto de los EPP y del cumplimiento de los tiempos de vigencia establecidos para su caducidad. En los casos en que se evidencie un uso inadecuado o el incumplimiento de los tiempos de reposición, se contempla la ejecución de una reinducción inmediata, con el fin de reforzar la importancia de estas prácticas preventivas.

De manera complementaria, la propuesta incluye el diseño de un formato estandarizado de evaluación y seguimiento, que permitirá documentar las observaciones realizadas y detectar áreas de mejora tanto a nivel individual como organizacional.

Asimismo, se plantea que, cuando los trabajadores demuestren un uso correcto y constante de los EPP, se realicen capacitaciones de reinducción periódicas cada 4 a 6 meses. Esta estrategia busca consolidar el conocimiento, promover una cultura de autocuidado y cuidado colectivo, y fortalecer el compromiso con la seguridad laboral.

La implementación de esta propuesta permitirá a la empresa consolidar un entorno de trabajo más seguro, saludable y humano, en el cual la prevención se convierte en el pilar fundamental para la reducción de riesgos asociados a la exposición de material particulado.

Tabla 20 Formato de evaluación y caducidad de EPP

Fecha	Nombre del trabajador	Tipo de EPP	Estado de epp (ok/caducado/daño)	Uso correcto Si o no	Observación	Acción tomada reinducción
08/08/2025	Maria gomez	Guantes	Ok	Si		
08/08/2025	Juan tamayo	Respirador	Caducado	No	Mal uso del resporador	Reinducción programada

Fuente: Formato tomado de la empresa

Generalidades

Las actividades desarrolladas en el área de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa FERTILGRAN S.A.S. contemplan la protección de los trabajadores en las distintas áreas operativas. Esta protección se basa en el conocimiento de los riesgos presentes en el ambiente laboral y en su control en la fuente. Como medida complementaria, la empresa provee a sus colaboradores Elementos de Protección Personal (EPP), que son verificados periódicamente por el personal encargado del área para asegurar su correcto uso y estado.

Correcto uso de los elementos de protección

La empresa garantiza a cada trabajador, sin costo alguno, los EPP necesarios en cantidad y calidad, de acuerdo con los riesgos identificados. Para la selección adecuada de estos elementos se consideraron los siguientes criterios:

- Identificación de los riesgos a los cuales está expuesto el trabajador.
- Resultados de las evaluaciones ambientales realizadas.
- Determinación del número de trabajadores expuestos a cada factor de riesgo.
- Selección de elementos que proporcionen el máximo confort posible, sin restringir la movilidad.
- Verificación de que los equipos sean durables y que su mantenimiento pueda realizarse dentro de la empresa.
- Cumplimiento con las normas nacionales vigentes en materia de seguridad industrial.

Definiciones

- Elemento de protección para cuerpo y cabeza: prenda especializada que protege contra partículas finas, aerosoles y salpicaduras ligeras, formando una barrera en ambientes industriales y de limpieza.

- Equipo respirador: mascarilla con filtros capaces de retener al menos el 95% de partículas finas (PM2.5 y PM10), utilizada en ambientes con contaminación particulada o procesos industriales.
- Gafas de protección: lentes especializados para proteger los ojos contra polvo, partículas suspendidas, aerosoles y salpicaduras químicas.
- Protección para manos: guantes diseñados para evitar la exposición a partículas finas y agentes químicos ligeros, brindando una barrera contra lesiones e irritaciones.

Riesgo en la empresa

El material particulado (PM) es una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas suspendidas en el aire, que puede incluir sulfatos, nitratos, carbón, minerales y metales. Estas partículas, clasificadas en PM10 (≤ 10 micras) y PM2.5 (≤ 2.5 micras), provienen tanto de fuentes naturales como de actividades humanas.

Debido a su tamaño, estas partículas permanecen suspendidas en el aire por largos períodos y son fácilmente inhaladas, afectando la salud respiratoria y cardiovascular. La exposición continua incrementa el riesgo de enfermedades crónicas, razón por la cual organismos internacionales han clasificado el aire contaminado como cancerígeno para humanos.

Nivel de riesgo

De acuerdo con el Decreto 768 de 2022, se establece la categorización del nivel de riesgo en función de la actividad económica de la empresa. En el caso de FERTILGRAN S.A.S., cuya actividad principal es la fabricación de abonos (registrada en el RUT), se determina el nivel de riesgo ocupacional correspondiente, lo que implica la adopción de medidas de prevención estrictas y la implementación de EPP adecuados para cada labor.

Figura 44 Nivel de riesgo

4	2012	01	Fabricación de abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados, incluye la producción de abonos puros mezclados o compuestos: nitrogenados, fosfáticos y potásicos, elaborados mediante mezcla de minerales, sales y productos químicos inorgánicos, como los fosfatos (triamónico, de hierro, de magnesio).
---	------	----	---

Fuente: (Social., Mayo 16 del 2022)

El Decreto 768 de 2022 en Colombia actualiza la tabla de clasificación de actividades económicas y establece la clase de riesgo (de 1 a 5) para cada actividad, lo que incide directamente en la tarifa de cotización a la Administradora de Riesgos Laborales (ARL). De esta manera, si una empresa es clasificada en riesgo 4, la cotización deberá ser proporcional a esta categoría y el manejo de su Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) deberá ajustarse a las exigencias normativas correspondientes.

Según lo establecido en el artículo 10 de la Resolución 0312 de 2019, para empresas que cuentan con entre 12 y 50 trabajadores y están clasificadas en niveles de riesgo 1, 2 o 3, el diseño e implementación del SG-SST puede ser realizado por un tecnólogo en SST con licencia vigente y con la aprobación del curso virtual de 50 horas en SST.

No obstante, para empresas con clasificación de riesgo 4 o 5, como es el caso de FERTILGRAN S.A.S., que cuenta con 13 trabajadores y nivel de riesgo 4, la norma exige que la persona responsable sea un profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo con posgrado, con licencia vigente en SST y con la certificación del curso virtual de 50 horas en SST (Social, 2022).

Clasificación de los Elementos de Protección Personal (EPP)

La clasificación de los EPP se establece según la parte del cuerpo que se busca proteger, las condiciones propias de cada área de trabajo y los peligros a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores. De esta manera, los EPP constituyen una barrera preventiva que

minimiza la exposición directa a contaminantes, riesgos mecánicos, químicos o físicos presentes en la empresa.

Los EPP descritos a continuación son los requeridos y actualmente utilizados en las diferentes actividades de la empresa, con el fin de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Características de los elementos de protección

Tabla 21 Respirador clase A N95




Fuente: (3M, 2018)

Características	Descripcion
Certificacion	NIOSH N95 (cumple norma 42 CFR 84)
Eficiencia de filtración	≥95% para partículas con tamaño ≥0.3 micras
Aplicaciones	Protección contra polvos, aerosoles, nieblas líquidas no aceitosas, material particulado urbano PM2.5 y PM10, polen, polvo industrial
Material particulado	Polipropileno electrostático y tela no tejida
Estructura	Plegado plano o forma convexa con clip nasal ajustable y sellos de espuma para mejor ajuste y hermeticidad
Componentes	Correas elásticas (poliisopreno o elastómero), clip nasal de aluminio, espuma selladora de poliuretano, cubierta de polipropileno
Valvula	Opcional en algunos modelos para facilitar la exhalación (ej. válvula Cool Flow™)
No contiene	Látex natural de caucho

Condiciones de uso	No usar contra vapores, gases, aerosoles oleosos, concentraciones mayores a 10 veces el límite de exposición (OEL) ni en atmósferas IDLH
Peso aproximado	Entre 6 y 10 gramos, según modelo
Vida útil y almacenamiento	Hasta 5 años si se almacena en embalaje original, en ambiente seco y fresco entre -20°C y +30°C y humedad <80%

Elaboración propia con base en información oficial del EPP


Tabla 22 Respirador clase B R95

	
Características	Detalle
Eficiencia de filtración	Filtra al menos el 95% de partículas sólidas y líquidas, incluyendo aerosoles aceitosos.
Resistencia a aerosoles aceitosos	Sí, pero limitada a un máximo de 8 horas de uso continuo o intermitente.
Material filtrante	Tela no tejida de polipropileno, poliéster con capa de carbón activado para reducir olores de vapores orgánicos.
Diseño	Forma convexa con clip nasal ajustable de aluminio, bandas elásticas y almohadilla foam para sello facial cómodo y hermético.
Válvula de exhalación	Presente en algunos modelos (por ejemplo, válvula Ventex o Cool Flow™) para facilitar la respiración y reducir calor y humedad.
Confort	Cojín nasal de espuma suave, bandas elásticas cómodas (HandyStrap en algunos modelos) y diseño que reduce presión y empañamiento.

Aplicaciones típicas	Protección en ambientes con polvo, humos y neblinas con o sin aceite, niveles molestos de vapores orgánicos en laboratorios, agricultura, petroquímica, pintura base asfáltica, y esmerilado. Protección en ambientes con polvo, humos y neblinas con o sin aceite, niveles molestos de vapores orgánicos en laboratorios, agricultura, petroquímica, pintura base asfáltica, y esmerilado.
Certificación	Aprobado por NIOSH según norma 42 CFR 84, especificación R95.

Elaboración propia con base en información oficial del EPP

Tabla 23 Respirador clase C KN95

 <p>Fuentes: (3M, 2018)</p>	
Carecterísticas	Detalle
Tipo de respirador	Autofiltrante, plegable, de forma cónica
Número de capas	5 capas de protección
Material	Tela no tejida suave, polipropileno fundido, hidrofóbico repelente al agua
Eficiencia de filtración	≥ 95% de partículas ≥ 0.3 micras
Protección frente a líquidos	Diseño resistente a líquidos no volátiles
Ajuste facial	Clip nasal metálico ajustable para mejor sellado
Tipo de sujeción	Doble banda elástica para las orejas, cómoda y segura
Peso aproximado	Alrededor de 50 gramos
Uso recomendado	Protección contra polvo, partículas sólidas, aerosoles no aceitosos

Normas y certificaciones	Cumple GB2626-2006 (estándar chino KN95)
No adecuado para	Gases y vapores tóxicos, aerosoles aceitosos, concentraciones superiores a 10 veces el límite permisible
Origen	China
Recomendaciones de uso	Desechable, cambiar si está dañado, sucio o dificulta la respiración
Propiedades adicionales	Material amigable con la piel, libre de mantenimiento

Elaboración propia con base en información oficial del EPP

Tabla 24 Tiempo de cambio respirador

Cambio de los elementos de protección personal	
<p>En la empresa Feltrigram S.A.S, considerando las actividades realizadas en las áreas de cargue y descargue, almacenamiento y producción, el tiempo para el cambio de los elementos de protección personal deberá ser establecido por la profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo. Esto se hará en cumplimiento con lo estipulado en el Decreto 1072 del 2015 capítulo 6, teniendo en cuenta las condiciones particulares de cada proceso y asegurando que el tiempo de recambio garantice plenamente la seguridad y el bienestar de los trabajadores.</p>	
Area	Tiempo de cambio
<p>Cargue y descargue: Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal. Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera. Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los respiradores cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio : 10 días <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se humedece o ensucia visiblemente. • Pierde el ajuste y sellado hermético en el rostro. • Se dificulta la respiración por acumulación de partículas. • Presenta daños físicos como roturas o correas flojas.

<p>Almacenamiento : Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal. Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera.</p> <p>Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los respiradores cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 10 días <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se humedece o ensucia visiblemente. • Pierde el ajuste y sellado hermético en el rostro. • Se dificulta la respiración por acumulación de partículas. • Presenta daños físicos como roturas o correas flojas.
<p>Producción: En el área de producción, donde se transforma la materia prima en el fertilizante orgánico fosfosem, los procesos de mezclado de componentes reactivos son la principal fuente de generación de material particulado. Por esta razón, es esencial establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de los elementos de protección personal, garantizando que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores.</p> <p>Mantener este control no solo minimiza los riesgos de exposición a partículas potencialmente peligrosas, sino que también contribuye a conservar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todo el equipo. Además, se recomienda promover la conciencia y responsabilidad en el buen uso y cuidado de estos equipos, complementando con revisiones periódicas para detectar cualquier desgaste o daño que pueda comprometer su efectividad.</p> <p>De esta forma, se asegura que los trabajadores estén protegidos frente a los posibles efectos nocivos del material particulado generado durante el proceso productivo, favoreciendo su bienestar y el correcto desarrollo de las operaciones</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los respiradores cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 8 días <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se humedece o ensucia visiblemente. • Pierde el ajuste y sellado hermético en el rostro. • Se dificulta la respiración por acumulación de partículas. <p>Presenta daños físicos como roturas o correas flojas</p>

Nota: elaboración propia con base en normativas generales e internacionales de SST

En cuanto a costos se tiene que:

Tabla 25 Costos tapa boca tipo A N95 en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Tapabocas por trabajador/año	Total tapabocas/año	Cajas requeridas (10 und.)	Valor unitario caja (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 8 días	45	270	27	\$ 54.670	\$ 1.475.090
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 10 días	37	259	26	\$ 54.670	\$ 1.421.420
Totales	13	—	—	529	53	—	\$ 2.896.510

Nota. El cálculo se realizó considerando la frecuencia de cambio establecida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo. Los valores se expresan en pesos colombianos (COP) y corresponden al consumo estimado de tapabocas N95 tipo A durante un año calendario.

Tabla 26 Costos anuales de tapabocas tipo B R95 en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Tapabocas por trabajador/año	Total tapabocas/año	Cajas requeridas (10 und.)	Valor unitario caja (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 8 días	45	270	27	\$ 85.550	\$ 2.309.850
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 10 días	37	259	26	\$ 85.550	\$ 2.224.300
Totales	13	—	—	529	53	—	\$ 4.534.150

Nota. El cálculo se realizó con base en la frecuencia de cambio establecida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo. Los valores corresponden al consumo anual de tapabocas R95 tipo B en pesos colombianos (COP).

Tabla 27 Costos anuales de tapabocas clase C KN95 en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Tapabocas por trabajador/año	Total tapabocas/año	Cajas requeridas (10 und.)	Valor unitario caja (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 8 días	45	270	27	\$ 50.000	\$ 1.350.000
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 10 días	37	259	26	\$ 50.000	\$ 1.300.000
Totales	13	—	—	529	53	—	\$ 2.650.000

Nota. El cálculo se realizó con base en la frecuencia de cambio establecida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo. Los valores corresponden al consumo anual de tapabocas KN95 clase C en pesos colombianos (COP).

Tabla 28 Lentes de protección clase A Goggle Gear

	
Características	Descripción
Diseño	perfil bajo con banda elástica ajustable para un buen calce en la mayoría de los rostros.
Tipo de lente	protege contra impactos de mediana energía y bloquea 99.9% de la radiación ultravioleta (UVA y UVB).
Recubrimiento antiempañante	ofrece resistencia al empañamiento por más tiempo que recubrimientos tradicionales, mantiene su efectividad al menos 25 lavados, y soporta desinfección con lejía diluida o alcohol sin perder sus propiedades.
Ventilación directa	reduce la entrada de partículas y mantiene la visión despejada en ambientes húmedos o con vapor.
Clase óptica	apta para uso prolongado sin distorsión visual
Compatibilidad	permite uso combinado para usuarios con corrección visual.

Materiales del marco	combinación de polipropileno rígido y elastómero termoplástico para durabilidad y confort.
Peso aproximado	48 gramos, livianas para uso continuo
Uso recomendado	<ul style="list-style-type: none"> • Industria manufacturera, metalurgia, minería, petróleo y gas, construcción, alimentación, farmacéutica y laboratorios generales. • Protección frente a salpicaduras líquidas, partículas suspendidas y exposición a radiación UV.
Normativa y certificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Cumple con las normas ANSI Z87.1-2010 y CSA Z94.3, lo que garantiza su resistencia y fiabilidad como equipo de protección ocular. • Marcados “K” y “N” según norma EN166 que certifican resistencia a arañazos y antiempañado.
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • No protege contra impactos severos como explosiones o fragmentos de ruedas abrasivas.

Elaboración propia con base en información oficial del EPP


Tabla 29 Gafas clase b Montura Universal

	
Características	Montura universal
Diseño	Dos oculares en montura tipo gafas graduadas.
Sellado ocular	No, no es hermético.

Protección principal	Impactos de partículas, radiación óptica.
Ajuste	Patillas ajustables.
Uso recomendado	Entornos con riesgos básicos de impacto y radiación.
Normativas y certificaciones	EN166:2001 (para impactos y radiación).

Elaboración propia con base en información oficial del EPP

Tabla 30 Clase C gafas de montura integral

	
Característica	Detalle
Sellado	Total (hermético)
Ocular	Panorámico
Material	Policarbonato/Acetato
Banda de ajuste	Elástica o regulable
Protección	Impactos, gotas, polvo, gases, vapores
Compatible con graduadas	Sí
Ventilación	Directa/indirecta/sin
Tratamientos	Antiempañante, antirayaduras

Elaboración propia con base en información oficial del EPP.

Tabla 31 Tiempo de Cambio de los lentes

Cambio de los elementos de protección personal	
<p>En la empresa Feltrigram S.A.S, considerando las actividades realizadas en las áreas de cargue y descargue, almacenamiento y producción, el tiempo para el cambio de los elementos de protección personal deberá ser establecido por la profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.</p> <p>Esto se hará en cumplimiento con lo estipulado en el Decreto 1072 del 2015 capítulo 6, teniendo en cuenta las condiciones particulares de cada proceso y asegurando que el tiempo de recambio garantice plenamente la seguridad y el bienestar de los trabajadores.</p>	
Area	Tiempo de cambio
<p>Cargue y descargue: Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal.</p> <p>Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera.</p> <p>Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los lentes cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio : 3 meses <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El recubrimiento antiempañante está desgastado o dañado y deja de funcionar correctamente, • El lente presenta rayaduras, deformaciones o cualquier daño que comprometa la visibilidad o la protección contra impactos, • La correa o el marco pierdan la capacidad de ajuste o se deterioren, afectando el sellado y seguridad. • Cuando cambie el puesto o tipo de trabajo y se requieran características diferentes de protección.
<p>Almacenamiento : Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal.</p> <p>Aunque el índice de contaminación del área cumple con los</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los lentes cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 3 meses <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren</p>

<p>parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera.</p> <p>Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● El recubrimiento antiempañante está desgastado o dañado y deja de funcionar correctamente, ● El lente presenta rayaduras, deformaciones o cualquier daño que comprometa la visibilidad o la protección contra impactos, ● La correa o el marco pierdan la capacidad de ajuste o se deterioren, afectando el sellado y seguridad. ● Cuando cambie el puesto o tipo de trabajo y se requieran características diferentes de protección
<p>Produccion: En el área de producción, donde se transforma la materia prima en el fertilizante orgánico fosfosem, los procesos de mezclado de componentes reactivos son la principal fuente de generación de material particulado. Por esta razón, es esencial establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de los elementos de protección personal, garantizando que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores.</p> <p>Mantener este control no solo minimiza los riesgos de exposición a partículas potencialmente peligrosas, sino que también contribuye a conservar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todo el equipo. Además, se recomienda promover la conciencia y responsabilidad en el buen uso y cuidado de estos equipos, complementando con revisiones periódicas para detectar cualquier desgaste o daño que pueda comprometer su efectividad.</p> <p>De esta forma, se asegura que los trabajadores estén protegidos frente a los posibles efectos nocivos del material particulado generado durante el proceso productivo, favoreciendo su bienestar y el correcto desarrollo de las operaciones</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los lentes cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Tiempo de cambio: 1 mes <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● El recubrimiento antiempañante está desgastado o dañado y deja de funcionar correctamente, ● El lente presenta rayaduras, deformaciones o cualquier daño que comprometa la visibilidad o la protección contra impactos, ● La correa o el marco pierdan la capacidad de ajuste o se deterioren, afectando el sellado y seguridad. ● Cuando cambie el puesto o tipo de trabajo y se requieran características diferentes de protección

Nota: elaboración propia con base en normativas generales e internacionales de SST

Tabla 32 Costos anuales de gafas de seguridad tipo A Goggle Gear en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Gafas por trabajador/año	Total gafas/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada mes	12	72	\$ 76.700	\$ 5.829.200
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 3 meses	4	28	\$ 76.700	\$ 2.146.600
Totales	13	—	—	100	—	\$ 7.975.800

Nota. Los valores corresponden al consumo anual estimado de gafas de seguridad tipo A (Goggle Gear) en pesos colombianos (COP), según las frecuencias de cambio definidas por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 33 Costos anuales de gafas de seguridad tipo B Montura Universal en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Gafas por trabajador/año	Total gafas/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada mes	12	72	\$ 76.000	\$ 5.472.000
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 3 meses	4	28	\$ 76.000	\$ 2.128.000
Totales	13	—	—	100	—	\$ 7.600.000


Nota. Los valores corresponden al consumo anual estimado de gafas de seguridad tipo B (Montura Universal) en pesos colombianos (COP), según las frecuencias de cambio definidas por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 34 Costos anuales de gafas de seguridad tipo C Montura Integral en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Gafas por trabajador/año	Total gafas/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada mes	12	72	\$ 30.000	\$ 2.160.000
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 3 meses	4	28	\$ 30.000	\$ 840.000
Totales	13	—	—	100	—	\$ 3.000.000

Nota. Los valores corresponden al consumo anual estimado de gafas de seguridad tipo C (Montura Integral) en pesos colombianos (COP), de acuerdo con las frecuencias de cambio establecidas por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 35 overol clase A compuesto tyvek 400

	
Características	Descripción
Traje	Overol con gorro de color blanco desechable e impermeable sistema de cierre cremallera frontal y ajuste elástico para las muñecas
Tela	Material único de poliolefina de alta intensidad, no tejida construida con tecnología flashspun resistente a partículas solidas, presenta bajo deshilachamiento y posee antielastico
Color	Blanco
Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece barrera contra partículas hasta 1 micra. • Permite un rango de movimiento cómodo y tiene refuerzos en áreas de tensión para mayor durabilidad. • Diseñado para fácil colocación y ajuste, con cierre largo y capucha que cubre cuello y barbilla.
Aplicaciones	manejo de plomo y asbesto, mantenimiento, pintura, limpieza en general, material particulado
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Costuras externas cosidas y cremallera con solapa para mayor protección. • Elásticos en muñecas, tobillos, cara y cintura. • Certificaciones que incluyen protección contra partículas y líquidos con tratamiento antiestático según normativas europeas.

Elaboración propia con base en información oficial del EPP.

Tabla 36 overol clase B compuesto tyvek 500

Características	Detalle
Material	Polietileno de alta densidad no tejido (Tyvek®)
Diseño	Overol con capucha ergonómica
Costuras	Externas cosidas para mayor protección
Ajustes	Elásticos en muñecas, tobillos, cintura y cara
Cremallera	Cubierta con solapa para protección adicional
Color	Blanco
Tallas	P, M, G, XG, 2X, 3X
Protección	Reglamento (UE) 2016/425, Categoría III, tipo 5-B/6-B, EN 14126, EN 1073-2, EN 1149-5 (antiestático)
Peso	Ligero, alrededor de 41.5 g/m ² (material)
Ventilación	Permite permeabilidad al aire y vapor de agua, repele líquidos acuosos
Uso recomendado	Laboratorios, industria química, farmacéutica, petróleo y gas, limpieza, pintura en spray
Capucha	Tres piezas para mejor movilidad y ajuste

Elaboración propia con base en información oficial del EPP.

Tabla 37 overol clase C compuesto tyvek 600

Características	Detalle
Material	Polietileno de alta densidad no tejido (Tyvek® 600)
Diseño	Overol con capucha ergonómica con calcetines integrados y anillo en el pulgar
Costuras	Cosidas y cubiertas o termoselladas para mayor sellado
Ajustes	Elásticos en muñecas, tobillos, cintura y cara para buen ajuste y sellado
Cremallera	Cremallera autoadhesiva con solapa para protección adicional
Color	Blanco con costuras azules
Tallas	XS, SM, MD, LG, XL, 2X, 3X, 4X, 5X, 6X, 7X

Protección	Barrera contra partículas finas (hasta 1 micra), fibras, líquidos base agua y aerosoles; protección química tipos 4-B, 5-B, 6-B según normativa
Peso	Alrededor de 41.5 g/m ²
Ventilación	Permite permeabilidad al aire y vapor de agua; repele líquidos acuosos
Uso recomendado	Industria farmacéutica, laboratorios, bioseguridad, nuclear, mantenimiento, limpieza con riesgos químicos o biológicos
Normas	Reglamento (UE) 2016/425 Categoría III; EN 14126 (agentes infecciosos); EN 1073-2 (protección contra contaminación radioactiva); EN 1149-5 (antiestático)

Elaboración propia con base en información oficial del EPP.

Tabla 38 Tiempo de Cambio overol

Cambio de los elementos de protección personal	
<p>En la empresa Feltrigram S.A.S, considerando las actividades realizadas en las áreas de cargue y descargue, almacenamiento y producción, el tiempo para el cambio de los elementos de protección personal deberá ser establecido por la profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo. Esto se hará en cumplimiento con lo estipulado en el Decreto 1072 del 2015 capítulo 6, teniendo en cuenta las condiciones particulares de cada proceso y asegurando que el tiempo de recambio garantice plenamente la seguridad y el bienestar de los trabajadores.</p>	
Area	Tiempo de cambio
<p>Cargue y descargue: Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal. Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera. Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los overoles cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio : 12 meses <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presenten signos de deterioro: roturas, desgarros, costuras dañadas o abrasiones que afecten la barrera física contra partículas.

	<ul style="list-style-type: none"> • Se hayan contaminado con sustancias químicas o materiales peligrosos que puedan penetrar el material. • Se saturen con polvo o partículas, reduciendo su permeabilidad y facilitando una posible acumulación o penetración.
<p>Almacenamiento : Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal. Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera. Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los overoles cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 12 meses <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presenten signos de deterioro: roturas, desgarros, costuras dañadas o abrasiones que afecten la barrera física contra partículas. • Se hayan contaminado con sustancias químicas o materiales peligrosos que puedan penetrar el material. • Se saturen con polvo o partículas, reduciendo su permeabilidad y facilitando una posible acumulación o penetración.
<p>Produccion: En el área de producción, donde se transforma la materia prima en el fertilizante orgánico fosfosem, los procesos de mezclado de componentes reactivos son la principal fuente de generación de material particulado. Por esta razón, es esencial establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de los elementos de protección personal, garantizando que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores.</p> <p>Mantener este control no solo minimiza los riesgos de exposición a partículas potencialmente peligrosas, sino que también contribuye a conservar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todo el equipo. Además, se recomienda promover la conciencia y</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los overoles cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 6 mes <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p>

<p>responsabilidad en el buen uso y cuidado de estos equipos, complementando con revisiones periódicas para detectar cualquier desgaste o daño que pueda comprometer su efectividad.</p> <p>De esta forma, se asegura que los trabajadores estén protegidos frente a los posibles efectos nocivos del material particulado generado durante el proceso productivo, favoreciendo su bienestar y el correcto desarrollo de las operaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Presenten signos de deterioro: roturas, desgarros, costuras dañadas o abrasiones que afecten la barrera física contra partículas. • Se hayan contaminado con sustancias químicas o materiales peligrosos que puedan penetrar el material. • Se saturen con polvo o partículas, reduciendo su permeabilidad y facilitando una posible acumulación o penetración.
--	---

Nota: elaboración propia con base en normativas generales e internacionales de SST

Tabla 39 Costos anuales de overoles tipo A Tyvek 400 en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Overoles por trabajador/año	Total overoles/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 6 meses	2	12	\$ 58.000	\$ 696.000
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 12 meses	1	7	\$ 58.000	\$ 406.000
Totales	13	—	—	19	—	\$ 1.102.000

Nota. Los valores corresponden al consumo anual estimado de overoles tipo A (Tyvek 400) en pesos colombianos (COP), de acuerdo con la periodicidad de cambio establecida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 40 Costos anuales de overoles tipo B Tyvek 500 en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Overoles por trabajador/año	Total overoles/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 6 meses	2	12	\$ 51.000	\$ 612.000
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 12 meses	1	7	\$ 51.000	\$ 357.000
Totales	13	—	—	19	—	\$ 969.000


Nota. Los valores corresponden al consumo anual estimado de overoles tipo B (Tyvek 500) en pesos colombianos (COP), según la periodicidad de cambio establecida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 41 Costos anuales de overoles tipo C Tyvek 600 en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	N° trabajadores	Frecuencia de cambio	Overoles por trabajador/año	Total overoles/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 6 meses	2	12	\$ 25.926	\$ 311.112
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 12 meses	1	7	\$ 25.926	\$ 181.482
Totales	13	—	—	19	—	\$ 492.594

Nota. Los valores corresponden al consumo anual estimado de overoles tipo C (Tyvek 600) en pesos colombianos (COP), calculados según la frecuencia de reemplazo definida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 42 Guante clase A multiflex poliéster nitrilo

	
Características	Descripción
Material	Base en poliéster flexible, a menudo tejido de 13 gauge, sin costuras internas, con recubrimiento parcial o total de nitrilo en palma y dedos para ofrecer resistencia y agarre
Composición típica	40% poliéster y 60% nitrilo en algunos modelos; otros pueden ser 100% poliéster con recubrimiento de nitrilo en palma y falanges distales
Diseño	Puño elástico cerrado para un buen ajuste; puede tener dorso aireado para mantener la mano fresca; anatómico para mayor comodidad y destreza
Propiedades técnicas	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia mecánica moderada a riesgos mínimos (EN388 en algunos casos).

	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilidad a aceites en la palma. • Alta destreza y agarre en superficies secas y mojadas. • Resistencia a hidrocarburos y grasas (no para químicos agresivos concentrados)
Aplicaciones	Usos recomendados incluyen ensamble, manejo de herramientas, trabajos con elementos grasosos, almacenaje, inspección y labores que requieren precisión y agarre

Elaboración propia con base en información oficial del EPP.


Tabla 43 Guantes clase B kevlar

	
Carecterísticas	Detalle
Material principal	Fibra de para-aramida Kevlar 100% DuPont™
Resistencia al corte	Alta resistencia al corte, superior a muchos otros materiales, con niveles certificados (ej. ANSI A4 y superiores)
Resistencia al calor	Soportan altas temperaturas, protegen contra quemaduras y calor en ambientes laborales
Ligereza	Muy ligeros, aproximadamente 5 veces más resistentes que el acero pero con poco peso
Flexibilidad y destreza	Mantienen flexibilidad y destreza, permitiendo precisión en tareas que requieren manipulación fina
Recubrimientos comunes	Pueden incluir recubrimientos en palma de nitrilo espumado u otros para mejorar agarre y protección adicional
Durabilidad	Alta resistencia a la abrasión, ofreciendo largas horas de uso sin desgaste significativo

Diseño	A menudo sin costuras para comodidad, algunos modelos reversibles para uso en ambas manos
Longitud	Variantes con guantelete largo (230 mm o más) para protección extendida del antebrazo
Aplicaciones típicas	Industrias metalúrgicas, construcción, manipulación de vidrios y metales, soldadura
Propiedades adicionales	Resistencia a impactos en zonas reforzadas (nudillos, pulgar), buen aislamiento térmico
Lavabilidad	Muchos modelos son lavables para prolongar su vida útil

Elaboración propia con base en información oficial del EPP.

Tabla 44 Guantes clase C Dyneema

	
Características	Detalle
Material	Fibra Dyneema® (Polietileno de Muy Alta Densidad - HPPE)
Resistencia a abrasión	Excelente resistencia a la abrasión
Peso	Muy ligero, aproximadamente 15 veces más resistente que el acero al mismo peso
Flexibilidad y confort	Alta flexibilidad, comodidad y ajuste anatómico para buena destreza manual
Transpirabilidad	Dorso aireado o tejido transpirable para reducir sudoración
Recubrimiento	Palmas y falanges suelen recubiertas en poliuretano (PU) o látex corrugado para mayor agarre y resistencia
Sensibilidad táctil	Excelente tacto fino por construcción en tejido de punto delgado

Durabilidad	Alta, resistente al desgaste y lavado (algunos modelos lavables hasta 60°C)
Resistencia a químicos	Resistente a aceites y algunos líquidos, material particulado (dependiendo del recubrimiento)
Normativas y certificaciones	Cumple EN 388 para riesgos mecánicos y ANSI/ISEA 105 para nivel de corte
Aplicaciones típicas	Industria metalúrgica, manejo de vidrio, industrias alimentarias, manipulación de materiales con riesgo de corte
Otros	tratamientos antibacterianos y antihongos en algunos modelos (ej. Sanitized®)

Elaboración propia con base en información oficial del EPP.

Tabla 45 Tiempo de Cambio Guantes

Cambio de los elementos de protección personal	
<p>En la empresa Feltrigram S.A.S, considerando las actividades realizadas en las áreas de cargue y descargue, almacenamiento y producción, el tiempo para el cambio de los elementos de protección personal deberá ser establecido por la profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo. Esto se hará en cumplimiento con lo estipulado en el Decreto 1072 del 2015 capítulo 6, teniendo en cuenta las condiciones particulares de cada proceso y asegurando que el tiempo de recambio garantice plenamente la seguridad y el bienestar de los trabajadores.</p>	
Area	Tiempo de cambio
<p>Cargue y descargue: Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal. Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera. Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los guantes cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio : 12 meses <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe verificar periódicamente que no presenten daños visibles, grietas, perforaciones o desgaste que comprometa su protección.

	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda cambiarlos cuando exista contacto con material contaminado o cuando el guante haya estado expuesto a condiciones que reduzcan su efecto barrera, como humedad o grasa corporal, que degradan el recubrimiento de nitrilo. • Para manipulación de material particulado, el guante debe mantenerse íntegro para evitar contaminación cruzada; así, el cambio frecuente evita fallos y aumenta la seguridad.
<p>Almacenamiento : Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal. Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera.</p> <p>Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los guantes cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 12 meses <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe verificar periódicamente que no presenten daños visibles, grietas, perforaciones o desgaste que comprometa su protección. • Se recomienda cambiarlos cuando exista contacto con material contaminado o cuando el guante haya estado expuesto a condiciones que reduzcan su efecto barrera, como humedad o grasa corporal, que degradan el recubrimiento de nitrilo. • Para manipulación de material particulado, el guante debe mantenerse íntegro para evitar contaminación cruzada; así, el cambio frecuente evita fallos y aumenta la seguridad.
<p>Producción: En el área de producción, donde se transforma la materia prima en el fertilizante orgánico fosfosem, los procesos de mezclado de componentes reactivos son la principal fuente de</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los guantes cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 6 mes

<p>generación de material particulado. Por esta razón, es esencial establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de los elementos de protección personal, garantizando que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores.</p> <p>Mantener este control no solo minimiza los riesgos de exposición a partículas potencialmente peligrosas, sino que también contribuye a conservar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todo el equipo. Además, se recomienda promover la conciencia y responsabilidad en el buen uso y cuidado de estos equipos, complementando con revisiones periódicas para detectar cualquier desgaste o daño que pueda comprometer su efectividad.</p> <p>De esta forma, se asegura que los trabajadores estén protegidos frente a los posibles efectos nocivos del material particulado generado durante el proceso productivo, favoreciendo su bienestar y el correcto desarrollo de las operaciones</p>	<p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe verificar periódicamente que no presenten daños visibles, grietas, perforaciones o desgaste que comprometa su protección. • Se recomienda cambiarlos cuando exista contacto con material contaminado o cuando el guante haya estado expuesto a condiciones que reduzcan su efecto barrera, como humedad o grasa corporal, que degradan el recubrimiento de nitrilo. • Para manipulación de material particulado, el guante debe mantenerse íntegro para evitar contaminación cruzada; así, el cambio frecuente evita fallos y aumenta la seguridad.
--	--

Nota: elaboración propia con base en normativas generales e internacionales de SST

Tabla 46 Costos anuales de guantes clase A Multiflex poliéster nitrilo en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	N° trabajadores	Frecuencia de cambio	Guantes por trabajador/año	Total guantes/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 6 meses	2	12	\$ 8.900	\$ 106.800
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 12 meses	1	7	\$ 8.900	\$ 62.300
Totales	13	—	—	19	—	\$ 169.100

Nota. Los valores corresponden al consumo anual estimado de guantes clase A multiflex poliéster nitrilo en pesos colombianos (COP), calculados según la frecuencia de reemplazo establecida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 47 Costos anuales de guantes clase B Kevlar en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	N° trabajadores	Frecuencia de cambio	Guantes por trabajador/año	Total guantes/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 6 meses	2	12	\$ 50.000	\$ 600.000
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 12 meses	1	7	\$ 50.000	\$ 350.000
Totales	13	—	—	19	—	\$ 950.000

Nota. Los costos anuales de guantes clase B Kevlar se estimaron con base en la frecuencia de cambio establecida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo, considerando la protección requerida frente a riesgos por material particulado y manipulación de cargas.

Tabla 48 Costos anuales de guantes clase C Dyneema en FERTILGRAN S.A.S.

Área de trabajo	N° trabajadores	Frecuencia de cambio	Guantes por trabajador/año	Total guantes/año	Valor unitario (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	Cada 6 meses	2	12	\$ 18.300	\$ 219.600
Cargue, descargue y almacenamiento	7	Cada 12 meses	1	7	\$ 18.300	\$ 128.100
Totales	13	—	—	19	—	\$ 347.700

Nota. El cálculo de costos de guantes clase C Dyneema se realizó con base en la programación definida por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo, asegurando la protección de manos frente a riesgos mecánicos y partículas en ambientes industriales.

Tabla 49 Mascara Respirador Media Cara 3m 6200 + Filtros 6003 O 6001

Características	Detalle
Marca	3m
Línea	600
Modelo	6200
Talla	M,L,XL
Peso	250g
Tipo de máscara	Media cara
Partículas	Industriales y minas
Filtros compatibles	2091, 2097, 6001, 6003, 6005, 6006.
Cantidad de filtros	2
Eficiencia de máscara	100 %
Ergonomía	Si

Elaboración propia con base en información oficial del EPP.

Cambio de los elementos de protección personal	
<p>En la empresa Feltrigram S.A.S, considerando las actividades realizadas en las áreas de cargue y descargue, almacenamiento y producción, el tiempo para el cambio de los elementos de protección personal deberá ser establecido por la profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo. Esto se hará en cumplimiento con lo estipulado en el Decreto 1072 del 2015 capítulo 6, teniendo en cuenta las condiciones particulares de cada proceso y asegurando que el tiempo de recambio garantice plenamente la seguridad y el bienestar de los trabajadores.</p>	
Area	Tiempo de cambio
<p>Cargue y descargue: Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal. Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los filtros cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio : 3 meses <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que</p>

<p>Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se humedece o ensucia visiblemente. • Pierde el ajuste y sellado hermético en el rostro. • Se dificulta la respiración por acumulación de partículas. <p>Presenta daños físicos como roturas o correas flojas</p>
<p>Almacenamiento : Considerando las características del lugar, el espacio disponible y los movimientos que deben realizar los trabajadores, es fundamental prestar especial atención al uso adecuado y constante de los elementos de protección personal. Aunque el índice de contaminación del área cumple con los parámetros establecidos por la norma, esto no significa que la seguridad deba tomarse a la ligera.</p> <p>Por ello, es necesario establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de estos elementos de protección, garantizando así que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Esta medida ayuda a minimizar cualquier riesgo potencial y a mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los filtros cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 3 meses <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se humedece o ensucia visiblemente. • Pierde el ajuste y sellado hermético en el rostro. • Se dificulta la respiración por acumulación de partículas. <p>Presenta daños físicos como roturas o correas flojas</p>
<p>Produccion: En el área de producción, donde se transforma la materia prima en el fertilizante orgánico fosfosem, los procesos de mezclado de componentes reactivos son la principal fuente de generación de material particulado. Por esta razón, es esencial establecer un tiempo claro y riguroso para el cambio de los elementos de protección personal, garantizando que siempre estén en condiciones óptimas para proteger la salud de los trabajadores. Mantener este control no solo minimiza los riesgos de exposición a partículas potencialmente peligrosas, sino que también contribuye a conservar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todo el equipo. Además, se recomienda promover la conciencia y responsabilidad en el buen uso y cuidado de estos equipos, complementando con revisiones periódicas para detectar cualquier desgaste o daño que pueda comprometer su efectividad.</p>	<p>Se establece de acuerdo a las características del área y el tiempo de trabajo se cambian los filtros cada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio: 1 mes <p>Es importante tener en cuenta que se realizarán revisiones diarias por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de verificar que los elementos de protección se encuentren siempre en buen estado. En caso de que durante estas inspecciones se evidencie algún deterioro, desgaste o cualquier otra condición que pueda comprometer la eficacia del equipo, será fundamental proceder con su cambio inmediato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se humedece o ensucia visiblemente. • Pierde el ajuste y sellado hermético en el rostro. • Se dificulta la respiración por acumulación de partículas. <p>Presenta daños físicos como roturas o correas flojas</p>

De esta forma, se asegura que los trabajadores estén protegidos frente a los posibles efectos nocivos del material particulado generado durante el proceso productivo, favoreciendo su bienestar y el correcto desarrollo de las operaciones	
--	--

Nota: elaboración propia con base en normativas generales e internacionales de SST

Tabla 50 Costos anuales de máscara respirador media cara 3M 6200 + filtros (modelos 6003 o 6001)

Área de trabajo	Nº trabajadores	Frecuencia de cambio	Filtros por trabajador/año	Total filtros/año	Cajas requeridas (20 filtros)	Valor caja (COP)	Costo anual (COP)
Producción	6	1 mes	24	144	7.2 ≈ 7 cajas	\$ 60.000	\$ 480.000
Cargue, descargue y almacenamiento	7	3 meses	8	56	3 cajas	\$ 60.000	\$ 180.000
Totales	13	—	—	200	10 cajas	—	\$ 660.000

Nota. Los cálculos se realizaron considerando la frecuencia de cambio mensual en producción y trimestral en cargue/descargue y almacenamiento, de acuerdo con los lineamientos del área de Seguridad y Salud en el Trabajo. El costo total anual estimado asciende a \$660.000 COP, garantizando el suministro adecuado de filtros para todos los trabajadores expuestos a material particulado.

Entrega de los Elementos de Protección Personal (EPP)

La empresa realizará la entrega de los Elementos de Protección Personal requeridos para el desarrollo de las actividades laborales, garantizando que cada trabajador cuente con los implementos adecuados según los riesgos identificados en su puesto de trabajo. Previamente, se llevará a cabo una inducción sobre el uso y cuidado de los elementos, siendo responsabilidad de cada trabajador utilizarlos de manera correcta y permanente.

Para asegurar la trazabilidad, la entrega se documentará en un formato de control de EPP, accesible en el siguiente enlace:

[Formato de entrega de EPP – Google Sheets](#)

Uso de los Elementos de Protección Personal

El uso de los EPP es obligatorio y cada trabajador será responsable de portarlos y conservarlos en condiciones adecuadas. Para fortalecer este compromiso, la empresa implementará capacitaciones periódicas enfocadas en:

- El uso correcto de los elementos asignados.
- La identificación de anomalías que requieran reposición inmediata.
- La importancia de los EPP en la prevención de riesgos laborales.

El área de Seguridad y Salud en el Trabajo se encargará de supervisar diariamente el uso y desgaste de los EPP, asegurando el cumplimiento estricto de las medidas de protección establecidas.

Perfil de la Persona Encargada de Seguridad y Salud en el Trabajo

Cargo: Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo

Ubicación: Palmira, Valle del Cauca

Tipo de contrato: Tiempo completo

Experiencia requerida: Entre 1 y 5 años en implementación y gestión de Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)

Nivel de formación: Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, Salud Ocupacional o áreas afines

Certificaciones requeridas:

- Curso de 50 horas en SG-SST (obligatorio).

- Licencia vigente en Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Certificaciones en trabajo en alturas y coordinador de trabajo en alturas (deseables).

Funciones principales:

- Diseñar, implementar y dar seguimiento al SG-SST.
- Realizar inspecciones de instalaciones, maquinaria y equipos.
- Investigar accidentes e incidentes laborales, proponiendo planes de acción correctivos y preventivos.
- Capacitar al personal en normativas y procedimientos de SST.
- Asegurar el cumplimiento de la normatividad legal vigente.
- Coordinar visitas de entidades de vigilancia y control.
- Elaborar reportes e indicadores de gestión en SST.

Requisitos adicionales:

- Conocimientos en normatividad legal colombiana en SST.
- Habilidades para liderar procesos de capacitación, comunicar de manera efectiva y fomentar la cultura preventiva en la organización.

Beneficios de la utilización de los elementos de proteccion

Imagina iniciar cada día laboral con la tranquilidad de saber que tu salud está protegida, incluso en ambientes donde los riesgos son inherentes a la actividad productiva. En Fertilgran S.A.S., donde el manejo de fertilizantes y productos químicos es parte de la rutina diaria, el uso de elementos de protección no es solo un requisito normativo, sino una muestra de respeto y cuidado hacia cada persona que integra el equipo de trabajo.

La utilización de los elementos de protección personal (EPP) en empresas que manejan material particulado es esencial para proteger la salud y seguridad de los trabajadores, ya que

estos elementos actúan como barreras físicas frente a la exposición a riesgos presentes en el ambiente laboral. El material particulado, como polvo, humos y neblinas, puede ingresar al cuerpo principalmente a través del sistema respiratorio, ocasionando enfermedades respiratorias crónicas, alergias y otras afecciones de salud que comprometen la calidad de vida y la productividad laboral (industrial, 2021)

Informe de capacitación

Link: https://docs.google.com/document/d/19dPeCxVSga-u1_Ev1dW5BDfLvHhYTml-/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true

Material de capacitacion

<https://docs.google.com/presentation/d/1fBoyVSvefqSL4A69aNOgkeD-DV1SjWSM/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true>

Acta de inducción y reinducion de elementos de proteccion personal

<https://docs.google.com/document/d/1sk4IVIZxJZjce-DUFt6WBAqGQ0tBVwk/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true>

https://docs.google.com/document/d/1N-PBHFdh7ZvvOkOyRhMldZr5ig0_vket/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true

ARL VISITA

<https://docs.google.com/document/d/10SWmvIz7Ot5GarRsJZrkx9wtXtCkt6kZ/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true>

Figura 45 Formato de solicitud de cambio de Elementos de Protección Personal EPP**FORMATO DE SOLICITUD DE CAMBIO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL – EPP**

Versión 1 – Página 1

IDENTIFICACIÓN DEL FUNCIONARIO

Cédula: _____ Apellidos: _____

Nombre: _____ Cargo: _____

Teléfono: _____ Área: _____

ELEMENTO DE PROTECCIÓN SOLICITADO

Elemento: _____ Tipo: _____

Talla: _____ Cantidad: _____

RIESGO OCUPACIONAL	TAREA ASOCIADA AL RIESGO	ELEMENTO DE PROTECCIÓN REQUERIDO
_____	_____	_____

AUTORIZACIÓN

Firma

Jefe Inmediato

Responsable SST

Supervisor

Conclusiones

El diseño del sistema de ventilación industrial para la empresa FERTILGRAN S.A.S. permitió obtener parámetros técnicos confiables, basados en los cálculos del *Manual de Ventilación de Soler & Palau*. Se definió la instalación de dos campanas de extracción, con una velocidad de captación entre 2,5 m/s y 10 m/s, ubicadas a 1,5 m del foco contaminante y con boca rectangular de 2,8 m de ancho. Estos elementos, junto con el diseño de ductos cuadrados de 3 m de diámetro y caudal de 20,7 m³/s, garantizan una adecuada captura y transporte del material particulado hacia el sistema de filtración.

El sistema propuesto se complementa con un ventilador centrífugo de alta presión serie FC-N de Soler & Palau, capaz de superar pérdidas de carga de hasta 211 pulgadas de agua y con eficiencia energética IE3. De igual manera, se seleccionó un colector de filtros TD-162, con tres cartuchos y limpieza automática por válvulas de pulso, que asegura una retención eficaz de partículas finas y una operación segura bajo condiciones de alta carga.

Desde la perspectiva de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), la empresa cuenta con lineamientos alineados a la Ley 1562 de 2012, el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019. Entre los resultados obtenidos se destacan la formulación de políticas internas de seguridad, la elaboración de matrices de riesgo y de EPP, la capacitación periódica del personal y el acompañamiento de la ARL. Estas acciones reflejan un compromiso institucional con la prevención de riesgos químicos y con la construcción de una cultura organizacional orientada al bienestar integral.

De acuerdo con los hallazgos técnicos y el diagnóstico ambiental, se concluye que la implementación del sistema de ventilación localizada junto con programas de mantenimiento preventivo y la capacitación del personal, son medidas indispensables para garantizar la

reducción de material particulado en el ambiente laboral. Asimismo, se recomienda realizar monitoreos periódicos de la calidad del aire, reforzar el uso de equipos de protección personal y mantener programas psicosociales de bienestar laboral.

Siendo así, la integración de un sistema de ventilación eficiente, el cumplimiento normativo en SST y la adopción de medidas preventivas consolidan un entorno más seguro, saludable y productivo, contribuyendo a la sostenibilidad de la empresa y a la protección de la salud de los trabajadores expuestos.

La conclusión sobre la identificación de riesgos en FERTILGRAN S.A.S es acertada y ajustada a la realidad de los riesgos laborales por exposición a productos químicos. Los trabajadores están expuestos a sustancias que pueden causar enfermedades como dermatitis, problemas pulmonares y cardíacos, entre otras afectaciones graves. Esto confirma la necesidad de que la empresa adopte medidas claras y efectivas para controlar dichos riesgos, tanto mediante la implementación de un sistema de seguridad y salud en el trabajo robusto como a través de un sistema de ventilación industrial adecuado para controlar la presencia de material particulado y agentes químicos en el ambiente laboral.

Los riesgos químicos laborales esenciales incluyen la inhalación, ingestión, contacto dérmico y ocular con sustancias químicas que pueden ser tóxicas, corrosivas, inflamables o cancerígenas. La gravedad de los efectos depende de la naturaleza del químico, su concentración y el tiempo de exposición. Las enfermedades asociadas pueden manifestarse a corto, mediano o largo plazo, reforzando la necesidad de un diagnóstico y vigilancia continua del estado de salud de los trabajadores y la aplicación de controles técnicos y administrativos para minimizar la exposición.

Finalmente, es fundamental el compromiso tanto de la empresa como de los trabajadores para la correcta implementación y uso de medidas preventivas y equipos de protección personal, asegurando así un ambiente laboral seguro y saludable

Recomendaciones

En conclusión, el análisis realizado permitió evidenciar la necesidad de implementar de manera rigurosa medidas técnicas y organizacionales orientadas a reducir la exposición al material particulado en la empresa. Los resultados obtenidos confirman que, aunque existen avances significativos en la instalación de sistemas de ventilación y en la dotación de elementos de protección personal, persisten desafíos que requieren atención continua para garantizar un entorno laboral seguro y saludable.

Asimismo, se destaca la importancia de adoptar un enfoque integral que no se limite únicamente a la instalación de equipos, sino que contemple la capacitación constante del personal, la supervisión activa de los procedimientos, el mantenimiento programado de la infraestructura y el compromiso de la empresa con el cumplimiento de la normatividad vigente en seguridad y salud en el trabajo. De esta manera, se logrará una gestión más eficiente de los riesgos químicos, físicos y mecánicos presentes en el proceso productivo.

Finalmente, es necesario subrayar que la solución de los problemas identificados no depende exclusivamente del área de Seguridad y Salud en el Trabajo, sino que requiere la colaboración activa de los trabajadores, los directivos y las entidades de apoyo externas como la ARL. Solo a través de este trabajo conjunto será posible avanzar hacia un cambio real y sostenible que fortalezca la cultura de prevención, incremente la productividad y, sobre todo, proteja la vida y bienestar de quienes participan en las operaciones de la empresa.

Referencias Bibliográficas

- Holmberg, B., Höberg, J., & Johnson, C. (2012). Industrial ventilation and occupational health. Springer.
- ICONTEC. (2003). NTC 5183: Ventilación industrial. Criterios de diseño. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Ministerio de Trabajo de Colombia. (1979). Resolución 2400 de 1979: Normas sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Diario Oficial de Colombia.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀). OMS.
- Organización Internacional del Trabajo. (2020). Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. OIT.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀). OMS.
- Soler & Palau. (2006). Manual práctico de ventilación. Soler & Palau Ventilation Group.

Apéndices

Apéndice A

Ejemplo Política de seguridad y salud en el trabajo

https://docs.google.com/document/d/10_Rpw6IfNIhVz4-FTR3A8BbKAMCujg/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true

Apéndice B

Plan de capacitación de importancia y buen uso elementos de protección

Link : <https://docs.google.com/document/d/1-DhAOGRuTUI6ueF2h22rTK7XaUcmapM7/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true>

Apéndice C

Matriz de riesgos

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1dTkgYWvz0KFDv5SP0q9Ruxx4bvEYaE19/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true>

Apéndice D

Matriz de elementos de Epp

https://docs.google.com/document/d/1B5mAtA7qQBPA8Nh7rjxirgeI_iBdUtAp/edit?usp=sharing&oid=104501464717643641146&rtpof=true&sd=true

Nota. Se hace una descripción del contenido de la tabla en cuestión de lo que se esté exponiendo dentro de esta, para referenciar la tabla se puede tomar el ejemplo de la figura en este documento.