

**Propuesta de diseño de un sistema para la recolección del material
particulado (área de secamiento de arroz empresa arrocera Agrocom SAS -
Villavicencio)**



Karol Stefany Aguillón Montes, Adriana Catalina Rodríguez Hurtado.
Mayo 2021.

Universidad Antonio Nariño
Meta

**Propuesta de diseño de un sistema para la recolección del material
particulado (área de secamiento de arroz empresa arrocera Agrocom SAS -
Villavicencio)**

Karol Stefany Aguillón Montes, Adriana Catalina Rodríguez Hurtado.
Mayo 2021.

Universidad Antonio Nariño
Meta

Notas del autor

Karol Stefany Aguillón Montes, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Antonio Nariño, Villavicencio.

Adriana Catalina Rodríguez Hurtado, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Antonio Nariño, Villavicencio.

Colaboración empresa Agropecuaria de Comercio SAS (Agrocom SAS).

Nota de Aceptación

Daniela Saldaña Requiniva

Nancy Esperanza Saray Muñoz

Nancy Esperanza Saray Muñoz

Dedicatoria

“Dedico este trabajo, fruto del esfuerzo a Dios,
quien me ha regalado sabiduría y entendimiento en este proceso.

A mi familia, por sus consejos,
su apoyo incondicional y su paciencia.

A mis hermanos y amigos
Quienes me han acompañado y apoyado en todo.
Son lo mejor y más valioso que Dios me ha dado,
esto es por ustedes y para ustedes”

Karol Aguillon Montes

“A mi madre y hermanos, por el apoyo incondicional
en este proceso de formación
Gracias por enseñarme que con amor, esfuerzo y disciplina
Todo es posible”.

Catalina Rodriguez Hurtado

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios, por ser nuestra guía, quien nos dio entendimiento y conocimiento en este proyecto.

A nuestras madres, por su paciencia, apoyo incondicional y valores que nos han infundido y por cada esfuerzo que realizaron para que esta etapa en nuestras vidas fuera posible.

A todos nuestros amigos que nos brindaron su ayuda durante este proceso.

A cada uno de los docentes, que por medio de sus enseñanzas nos otorgaron herramientas que facilitarán nuestro desarrollo profesional.

A todos, infinitas gracias.

Resumen

En esta investigación se plantea la propuesta de diseño de un sistema de recolección de material particulado en el área de secamiento de la planta arrocera Agrocom SAS, ubicada en el km 5 vía puerto López - Villavicencio, en la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta. Está basada en la necesidad de disminuir el material particulado durante el proceso de secado del paddy verde, lo cual genera afectación a los trabajadores, comunidad cercana, maquinaria y equipos de la empresa. Los equipos involucrados en el proceso de secamiento cumplen la función indispensable de transportar el grano durante las actividades de acondicionamiento como son las bandas inclinadas, reversibles, sinfines, y elevadores de cangilones, dado que la presencia del material particulado que viaja produce condiciones negativas, se plantea a la empresa un sistema de recolección seleccionando los componentes acordes con las necesidades del proceso productivo. El sistema consta de cuatro partes importantes los cuales trabajan juntas para lograr la recolección efectiva del contaminante; inicia con la captación, es el punto de ingreso del flujo de aire que contiene el material particulado al sistema se ubica frente a la fuente contaminante y se realiza por lo general con un elemento llamado campana; seguidamente la conducción que es el tramo de tuberías o ductos que conducen el flujo de aire con la carga de material particulado ya captado por la campana; casi al final se encuentra el ventilador siendo el elemento utilizado para movilizar el flujo de aire a través de los ductos aportando la energía necesaria para que la carga de material particulado llegue al equipo depurador y finalmente el equipo depurador de aire, que es el dispositivo encargado de la separación de las partículas suspendidas en el flujo de aire.

Palabras Clave: Sistema, recolección, material particulado, arrocera, secamiento.

Abstract

This research proposes the design proposal of a particulate material collection system in the drying area of the Agrocom SAS rice plant, located at km 5 via López - Villavicencio port, in the city of Villavicencio, department of Meta. It is based on the need to reduce particulate matter during the green paddy drying process, which affects workers, the nearby community, machinery and equipment of the company, it is posed to the company a collection system, selecting the components according to the needs of the production process. The system consists of four important parts which work together to achieve effective collection of the contaminant; It begins with the capture, it is the entry point of the air flow that contains the particulate material to the system, it is located in front of the pollutant source and it is usually done with an element called a hood; then the conduction, which is the section of pipe or ducts that conduct the air flow with the load of particulate material and cap through the hood; Almost at the end is the fan being the element used to mobilize the air flow through the ducts, providing the energy necessary for the charge of particulate material to reach the purification equipment and finally the air purification equipment, which is the device in charge. of the separation of particles suspended in the air flow.

Keywords: System, collection, particulate matter, rice cooker, drying.

Tabla de Contenido

Introducción	1
Capítulo 1 Problema de Investigación	2
Descripción	2
Planteamiento.....	3
Justificación	4
Capítulo 2 Objetivos	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Capítulo 3 Marco de Referencia	7
Antecedentes	7
Marco Teórico.....	12
Material particulado	12
Afectación a la salud.....	12
Afectación al medio ambiente	13
Proceso productivo de la industria molinera.....	13
Proceso de secamiento	14
Mecanismos o métodos para la separación de partículas.....	15
Tecnologías para el tratamiento de material particulado	17
Marco Conceptual.....	18
Marco Geográfico	20
Marco Legal	22

Capítulo 4 Diseño Metodológico	24
Tipo de Investigación.....	24
Técnicas para la recolección de información y análisis de resultados.....	25
Etapa 1. Caracterización de los procesos, maquinaria y equipos que intervienen en el área de secamiento de la empresa arrocera Agrocom SAS.	25
Etapa 2. Determinación de los componentes para el sistema de recolección del material particulado en el proceso de secamiento.....	26
Etapa 3. Estructuración de la propuesta de diseño del sistema de recolección del material particulado para la empresa arrocera Agrocom SAS.....	26
Capítulo 5 Resultados	28
Etapa 1. Caracterización de los procesos, maquinaria y equipos que intervienen en el área de secamiento de la empresa arrocera Agrocom SAS.	28
Caracterización de procesos.....	28
Descripción de maquinaria y equipo involucrado (área de secamiento).	29
Análisis de la información sobre condiciones ambientales en el área de secamiento	34
Etapa 2. Determinación de los componentes para el sistema de recolección del material particulado en el proceso de secamiento.....	39
Determinación del sistema.....	44
Componentes del sistema de recolección de material particulado.....	47
Etapa 3. Estructuración de la propuesta de diseño del sistema de recolección del material particulado para la empresa arrocera Agrocom SAS.....	49
Costos de implementación del sistema	49

Diseño propuesto del Sistema de Recolección de Material Particulado..... **Error! Bookmark not**

defined.

Capítulo 6 Conclusiones 55

Capítulo 7 Recomendaciones..... 58

Lista de Referencias 59

Anexos 65

Lista de Tablas

Tabla 1. Normatividad Legal	22
Tabla 2. Maquinaria y equipo involucrado en el área de secamiento.	30
Tabla 3. Resultados del informe del Estudio de Calidad del Aire por material particulado (PM10) de AGROCOM (2020).....	37
Tabla 4. Características del contaminante que influyen en la eficiencia de los equipos.	42
Tabla 5. Matriz comparativa de tecnologías para captación de partículas.	44
Tabla 6. Alternativas propuestas.....	45
Tabla 7. Cotización del Sistema.....	50
Tabla 8. Especificaciones de materiales	51
Tabla 9. Especificaciones de los equipos.....	53

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación Geográfica AGROCOM SAS.....	21
Figura 2. Diagrama de recorrido del proceso en el área de secamento.....	29
Figura 3. Diagrama de flujo de actividades para toma de muestra de material particulado.	36
Figura 4. Técnicas de intervención de contaminantes atmosféricos.....	41
Figura 5. Composición del sistema propuesta para la captación de material de material particulado.....	48

Lista de Anexos

Anexo 1. Formato de Inspección Planeada.....	65
Anexo 2. Formato Cuestionario Entrevista.....	67
Anexo 3. Carta de solicitud de Informe de Calidad del Aire (ICA)	68
Anexo 4. Cotización para fabricación y montaje de sistema de captación de material particulado.	69
Anexo 5. Componentes del Sistema de succión de material particulado	72
Anexo 6. Plano general Área de Secamiento Planta Arrocería Agrocom SAS	73

Introducción

Agropecuaria de comercio SAS es una empresa del sector alimentario que cuenta con una planta de procesamiento y comercialización de arroz ubicada en el departamento del Meta, está presente en el mercado hace más de 25 años. La necesidad de mejora continua, dar cumplimiento a sus políticas, objetivos y metas como empresa la han impulsado a indagar en su proceso productivo respecto a la problemática de las condiciones negativas ambientales que se presentan con el material particulado específicamente en el área de secamiento, para así mismo implementar acciones que le permitan garantizar la salud de los trabajadores, la calidad del producto, la protección del medio ambiente y mantener su reconocimiento como una empresa arrocera competitiva en la región.

La metodología que se llevó a cabo para la realización de esta investigación consistió en desarrollar una serie de actividades que permitieran conocer el proceso productivo de la empresa, la maquinaria y equipos involucrados en el área de secamiento para posteriormente seleccionar la técnica de intervención y los componentes que requiere un sistema de recolección de material particulado acorde con la necesidad de la operación y plantear a la empresa una propuesta de diseño. Para la recopilación de la información se tuvieron en cuenta los sistemas de recolección de material particulado utilizados en industrias cementeras, madereras, alimentaría, metalmecánicas, químicas entre otras. Con la propuesta se pretende la reducción del material particulado en el ambiente, mejorando considerablemente las condiciones medioambientales para los empleados y a su vez aumentar la productividad de la empresa.

Capítulo 1

Problema de Investigación

Descripción

La empresa Agropecuaria de Comercio SAS (Agrocom SAS), ubicada vía Puerto López con dirección al barrio Juan Pablo II del municipio de Villavicencio del departamento del Meta; cuenta con una infraestructura con capacidad de producción de hasta 160 toneladas diarias y una trayectoria de 25 años procesando un arroz con altos estándares de calidad distribuidos en ciudades como Medellín y Villavicencio.

El proceso productivo de Agrocom SAS inicia con la etapa de acondicionamiento del arroz con cáscara, a partir de la recepción del grano poscosecha, haciendo el descargue desde los vehículos de transporte a las tolvas, continuamente se transporta por medio de bandas y elevadores de cangilones hacia el proceso de secamiento donde se desarrollan actividades de pre-limpieza, en este proceso se remueven las impurezas en unas zarandas con movimientos vibratorios, eliminando la mayor cantidad de material contaminante resultante de las actividades de cosecha, como hojas, piedras, insectos, etc.; este grano pasa a ser depositado a las albercas de secado para obtener el porcentaje de humedad deseado y finalmente depositarlo en los silos de almacenamiento y reposo.

Durante el desarrollo de este proceso se propaga gran cantidad de partículas en suspensión y actualmente las medidas pertinentes para controlar este problema no son suficientes. Por tanto, con el desarrollo de esta investigación se desea plantear a la empresa una solución que les permita reducir la cantidad de material particulado que se genera y se ajuste a las necesidades que actualmente tienen.

Planteamiento

En el área de secamiento del arroz de la empresa Agrocom SAS, se propaga una gran cantidad de material particulado debido a las actividades de acondicionamiento que realizan para ir disminuyendo la humedad del grano, a esto se suma la fricción, el impacto con las estructuras metálicas del sistema de transporte y la velocidad por la que es arrastrado por medio de bandas y elevadores de cangilones. En este sentido, las emisiones atmosféricas formadas por el proceso de molinería del arroz son primordialmente material particulado y en una menor concentración gases de combustión; estas se detectan fácilmente en la mayoría de las actividades del proceso, por ejemplo, durante el cargue, descargue, transporte, acondicionamiento, trillado, entre otras. (Wendeler, 2018).

(Arciniégas Suárez, 2012) afirman que el material particulado se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera, siendo éste uno de los principales contaminantes que se encuentran en ella. Estas partículas se originan desde una gran variedad de fuentes, ya sean naturales o antropogénicas, por lo que tienen distintas características morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas.

De acuerdo a la entrevista realizada a la jefe de planta, el factor que genera mayor repercusión en el deterioro de las máquinas, debido a su filtración y sedimentación es el exceso de material particulado, dado que el desgaste es progresivo y la corrosión exige cambios constantes de piezas y continua lubricación de rodamientos. Esto afecta la vida útil de los equipos, provoca paradas imprevistas, genera sobrecostos de mantenimiento y entregas inoportunas del producto, afectando la productividad de la empresa.

Además del deterioro en los equipos utilizados en todo el proceso productivo, la proliferación de este material particulado representa un riesgo a la salud de los trabajadores y perjudica sus condiciones laborales. (Arciniégas Suárez, 2012) concluye que estar en presencia de altos niveles de material particulado tiene consecuencias relacionadas con enfermedades cardiorrespiratorias, entre otras.

Por lo anterior, ¿Qué alternativa se puede brindar a la empresa Agrocom SAS para reducir la cantidad de material particulado que se genera en el área de secamiento?

Justificación

Conforme al último informe de calidad del aire presentado a CORMACARENA y según los parámetros de la Resolución 2254 de 2017 ‘Norma de calidad del aire del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible’, la empresa cumple con los límites permisibles de emisiones atmosféricas, sin embargo, Agrocom SAS manifiesta el interés de realizar la intervención en su proceso de secamiento, para la búsqueda de alternativas que permitan reducir la cantidad de material particulado que está impactando negativamente los costos operacionales de la empresa, presentando paradas imprevistas durante la operación, tal como lo demuestra el informe trimestral del plan de mantenimiento de equipos, el deterioro ha ido aumentando de manera progresiva y la causa principal es que se fija en piezas permitiendo que la corrosión acelere el desgaste y disminuya la vida útil de los equipos.

El planteamiento de un sistema de recolección de material particulado permite disminuir el impacto ambiental que se presenta en el área de secamiento, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, consecuentemente al mejoramiento de la calidad del producto ya que se garantiza la inocuidad del grano, facilitando el proceso de secado el cual es crucial para la obtención de un

producto de alta calidad. (Arciniégas Suárez, 2012) asegura que se hace elemental la innovación y utilización de tecnologías en sistemas para controlar las partículas emitidas al medio ambiente por el sector industrial, así como el compromiso de las industrias encaminadas a trabajar en la optimización y mejora continua de sus procesos productivos.

Así mismo, beneficiará en gran medida el bienestar de los operarios y personal involucrado en este proceso, reduciendo el riesgo de inhalación de material particulado, molestias en la piel y mucosas, disconfort del ambiente, entre otros aspectos pertinentes a la salud y seguridad en el trabajo, garantizando así el aumento de la productividad. Cabe resaltar que la exposición a las partículas del medio ambiente es un elemento que provoca afectación a la salud del ser humano, a nivel respiratorio, cardiovascular y cáncer; como se citó en (Yuquilema Vilema, 2018) la toxicidad y el impacto inflamatorio de estas partículas permanecen involucrados con su tamaño y propiedades químicas. La exposición a las partículas del medio ambiente es un elemento que provoca afectación a la salud del ser humano, a nivel respiratorio, cardiovascular y cáncer (Ramírez Orellana, 2015).

Por lo anterior, esta investigación es de vital importancia porque permite mediante la observación directa y caracterización del problema que presenta Agrocom SAS, comparar las diferentes técnicas de intervención existentes en la industria arrocera, proponiendo el diseño de un sistema acorde con sus necesidades, que permita reducir la cantidad de material particulado existente en el área de acondicionamiento del arroz. De esta forma contribuir ciertamente con el aumento de la eficiencia en los procesos, la calidad del producto final, consecuentemente que la empresa sea más competitiva en el mercado y a su vez generar un efecto positivo en la salud de los trabajadores, así mismo lograr disminuir el impacto ambiental y social.

Capítulo 2

Objetivos

Objetivo General

Proponer el diseño de un sistema de recolección para la reducción de material particulado en el área de secamiento de arroz en la empresa arrocera Agrocom SAS.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los procesos, maquinaria y equipos que intervienen en el área de secamiento de la empresa arrocera Agrocom SAS.
- Determinar los componentes para el sistema de recolección del material particulado en el proceso de secamiento.
- Estructurar el diseño del sistema de recolección del material particulado para la empresa arrocera Agrocom SAS.

Capítulo 3

Marco de Referencia

Antecedentes

(Pk & Mrinmoy, 2016), Mechanical intervention for reducing dust concentration in traditional rice mills, En este estudio se desarrolló un sistema de recolección de polvo para capturar el polvo en el aire en el molino de arroz. La sección de alimentación y tamizado del molino se identificó como la principal zona de creación de polvo. El polvo se capturó creando una corriente de aire adecuada en las secciones de alimentación y tamizado del molino y se recogió en un colector de polvo ciclónico.

(Borbet, Gladson, & Cromar, 2018), Assessing air quality index awareness and use in Mexico City, Este estudio se llevó a cabo en el área Metropolitana de la Ciudad de México tiene una población urbana expansiva y una larga historia de desafíos en la gestión de la calidad del aire, el objetivo principal es informar a la población de los efectos adversos para la salud asociado con las condiciones del aire, particularmente entre las poblaciones susceptibles con enfermedad subyacente y realizar un llamado a reducir las concentraciones de contaminación.

(Dharmasena, Jayatissa, Kumara, & Wijesinghe, 2005), Fabrication, testing and evaluation of a dust filtration system for small-scale spice grinding mills, El objetivo de esta investigación fue diseñar un sistema de absorción de polvo que fuese viable técnicamente, de bajo costo y que permitiera conservar las concentraciones de partículas suspendidas por debajo de los límites permisibles para un tiempo de trabajo de ocho horas en la planta de trituración de especias. Para cuantificar la tasa de eliminación de partículas del sistema se utilizó un método con bolsas de filtro.

(Hosseinil, Mofateh, Sharifzadeh, & Shahryari, 2017), Incidence of physical complications in tile industry workers due to the occupational dust exposure, Este artículo estudió la incidencia de complicaciones físicas en trabajadores de la industria de cerámica con exposición ocupacional a altas concentraciones de polvo utilizando métodos de muestreo de aire en el lugar de trabajo, método del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. Se concluye que se deben aplicar métodos de control de ingeniería permanentes para el control de la concentración del polvo en la industria.

(Wang, y otros, 2020), Este artículo presenta un estudio sobre la combinación de atomización y carga electrostática para mejorar la eficiencia de recolección de partículas finas en un ciclón gaseoso. Recientemente se ha desarrollado una tecnología que combina la atomización y los ciclones llamada nube de purificación, que utiliza el vapor sobresaturado en el ciclón para realizar la ampliación de las partículas de polvo y mejorar la eficiencia de recogida.

(Arciniégas Suárez, 2012), Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10, este artículo muestra una revisión bibliográfica de los impactos asociados con partículas presentes en la atmósfera y su finalidad es explicar cómo es el comportamiento de las concentraciones del contaminante, los riesgos ambientales que genera el material particulado y cómo realizar la toma de muestras, los equipos utilizados para su monitoreo, las aplicaciones tecnológicas complementarias y tecnologías de control.

(Isaza Dominguez, Hernández Alonso, Cuéllar Guarnizo, & Arango Carrillo, 2019), Monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad de Villavicencio, la investigación busca caracterizar la calidad del aire en el centro de Villavicencio. Los resultados se comparan

con las regulaciones colombianas actuales y las variables atmosféricas como la temperatura ambiente, la humedad relativa y la radiación solar.

(Mantulak & Cruz , 2012), La revisión ambiental en la industria arrocera, el trabajo tiene como entorno de aplicación una planta industrial de molino de arroz de la provincia de Misiones. En ella se hace una revisión ambiental dentro de las reglas ISO 14000. Este proceso permitió examinar el grupo de la organización, posibilitando visualizar los estados de cada etapa de su proceso benéfico y flujos de interrelación entre ellas. En la revisión se consideraron y evaluaron esos puntos del medio ambiente más significativos. Esta perspectiva general del caso ambiental, resulta esencial para iniciar a dibujar tácticas en funcionalidad de las corrientes dominantes de un mercado cada vez más exigente en lo ambiental.

(Echeverri Londoño, 2006), Diseño óptimo de ciclones, en este artículo se encuentran descritos los criterios para realizar el diseño de ciclones para el control de partículas, así como indica conceptos de velocidad de saltación como parámetro que define el funcionamiento adecuado del ciclón. El equipo de recolección de polvo que se utiliza a menudo en la industria es el ciclón ya que los ciclones realizan la remoción del material particulado de la corriente gaseosa, y se basa en el principio de impactación inercial creado por la fuerza centrífuga.

(Carnot Aracena, 2013), Diseño e implementación de sistema haccp en planta de arroz preparado, en esta investigación se llevó a cabo una revisión a profundidad para determinar la línea de producción, sus procesos y actividades que permitieran conocer los principales peligros de la inocuidad de los productos biológicos, químicos y/o físicos; los cuales se encontraban presentes o que se podrían encontrar durante el proceso de elaborar el producto terminado.

Teniendo en cuenta la probabilidad de que ocurra y la gravedad de los peligros, se logró establecer que los peligros encontrados si eran relevantes.

(Calzetti, 2015), Estudio de Riesgo en sector Molienda de granos, este trabajo tiene por objeto demostrar los conocimientos alcanzados en la licenciatura de la higiene y seguridad en el trabajo. La metodología que se muestra posibilita cuantificar el tamaño de los peligros existentes y de esta manera elevar razonablemente su nivel de relevancia en el proceso. Para llevar a cabo este procedimiento se inicia por detectar cuales son las deficiencias que se presentan en las áreas de trabajo, para posteriormente evaluar la probabilidad de que ocurra un accidente o incidente, contemplando el tamaño esperado de las secuelas, evaluar el peligro asociado a todas dichas deficiencias.

(Yuquilema Vilema, 2018), Desarrolló un trabajo sobre el material particulado presente en el sitio de empaquetado de harina de la industria molinera y su nivel de afectación en relación a la salud de los colaboradores, mediante esta investigación realizada los métodos han permitido evaluar la calidad del aire en el área de estudio de la empresa y medir el nivel de exposición al contaminante al que se encuentran los colaboradores. Los resultados logrados mostraron niveles inaceptables gracias a la gran concentración de material particulado existente durante las actividades de empaquetado de harina tales como, empaquetar, coser, sellar y limpiar. En funcionalidad a los resultados obtenidos se plantean medidas de mediación técnicas y administrativas como el diseño de un sistema de aspiración y la ejecución de un plan de riesgos laborales.

(Chancafe Pisfil, 2019), Propuesta de diseño de un sistema automatizado en el área de pre limpieza de arroz para incrementar la productividad en la empresa Molinerías Grupo Ram S.A.C., el presente trabajo se reúne en una organización molinera dedicada a la producción y venta de arroz en el departamento de Lambayeque. En la actualidad procesa 6 tipos de arroz, cada una de con una gigantesca demanda en el mercado todavía no atendida en su integridad, y con un proceso de manufactura en común denominado pre limpieza, el cual muestra una baja productividad gracias a inconvenientes en el diseño de maquinaria junto con la carencia de control del sistema por parte del operario que debería hacer ciertas operaciones que implica su estabilidad.

(Barahona Suxe, 2019), En la propuesta para un sistema de extracción localizada, para la absorción de material particulado de la cascarilla de arroz en el área de secamiento de la empresa indoamérica trade s.a., desarrolla la propuesta de un sistema de absorción localizada, para el tratamiento del material particulado generado de la cascarilla de arroz en el proceso de secado. Para demostrar la presencia de material particulado se procede a realizar muestras cercanas a las fuentes de emanación teniendo en cuenta los parámetros máximos que exige la norma nacional. Una vez verificada la existencia del material particulado se continúa con el diseño el cual comprende cuatro componentes básicos los cuales trabajan en conjunto para lograr la extracción.

(Jaquet & Velazquez , 2018), Control de polvo en plataforma de descarga de cereales, granja tres arroyos, en este proyecto de carrera se hizo el diseño y estimación para un sistema de captación de material contaminante para una plataforma de descargue de vehículos. El análisis está con base en la necesidad de mantener el control de la polución ambiental, a lo largo del proceso de descarga de camiones, lo que amenaza la salud de los colaboradores y comunidad

aledaña a la planta. La solución expone un cerramiento en el sitio donde está el contaminante; en este se albergan las campanas de aspiración que captan el polvo para después ser transportado hacia un sistema de depuración de aire. Para esto se plantean 2 alternativas y es comparable la calidad de servicio de cada una con el precio de los grupos.

Marco Teórico

Material particulado

El material particulado pertenece a los contaminantes atmosféricos más evaluados en la actualidad, dado que este puede surgir a partir de una amplia gama de fuentes de emisión, por ejemplo, natural, física o química y cuenta con grandes rangos de características físicas, químicas, morfológicas y termodinámicas. Este contaminante requiere además de llevar a cabo las mediciones periódicas de sus concentraciones en las distintas fuentes de emisión al medio ambiente, evaluar su variación en el espacio, asociándose con su origen, fenómenos meteorológicos y propiedades químicas, lo cual permite implementar mecanismos de control y hacer un seguimiento (Arciniégas Suárez, 2012).

Afectación a la salud

De acuerdo con el autor (Acevedo Garcia, 2006) mencionado por (Yuquilema Vilema, 2018) “la dosis externa es la cantidad de contaminante con la que los receptores entran en contacto por unidad de tiempo y peso corporal. Se expresa en miligramos del compuesto en el punto de exposición por kilogramo de peso corporal y día (mg/kg-día). La dosis externa, en el marco de la evaluación de riesgo, suele denominarse ingesta, ingreso o incorporación. El término ingesta se utiliza para todas las vías de exposición, a pesar de que sugiera únicamente la vía oral”. (Yuquilema Vilema, 2018) sostiene que “la dosis absorbida es la parte de la dosis externa

que penetra en el torrente sanguíneo y queda disponible para su distribución en los distintos órganos. La dosis calculada normalmente en la evaluación de riesgos es la dosis externa, excepto para la exposición cutánea, en la que se calcula el grado de absorción.”

Así mismo, el estudio realizado por (Sierra Herrero & Nasser Olea, 2012) concluye que “la enfermedad ocupacional es aquella causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad o muerte.”

Afectación al medio ambiente

En razón a la actividad industrial desarrollada en las instalaciones de los molinos de arroz, la resolución 909 de junio de 2008 emitida por el ministerio de ambiente y desarrollo territorial, determina a la industria molinera como fuente fija de emisiones de contaminantes al aire, así mismo establece cuales son los límites permisibles, los procedimientos para realizar mediciones de material particulado; por ende, existe un protocolo para el control y vigilancia de los contaminantes que se generan y actualmente métodos de recolección de partículas específicos haciendo uso de equipos que se adecuan a este tipo de fuentes de emisión.

Proceso productivo de la industria molinera

Para entender más sobre las actividades implicadas en la producción de arroz el autor (Bird, 2014) desarrolla la “Guía de buenas prácticas para acondicionamiento de semillas de granos básicos; infraestructura y equipamiento” en el cual describe el proceso de acondicionamiento y las actividades que se llevan a cabo. Se describen de manera breve las labores que se realizan en la planta productora de arroz. El primer paso es la cosecha, luego su transporte a la planta de acondicionamiento en donde se recepciona el grano, seguidamente se toman muestras para determinar su calidad. El ejercicio para la determinación de humedad es de

mucha importancia para su trazabilidad, en este sentido si el resultado es mayor al 20% se envía a secado y si es menor se toman otras acciones.

Cabe resaltar que también se realizan pruebas de pureza física y germinación. Ya para el siguiente paso donde se lleva a cabo la pre limpieza el cual consiste en la eliminación de material contaminante como consecuente de la pos-cosecha permite el paso de la limpieza del lote, en donde se eliminación de materiales contaminantes más finos del mismo peso específico y similares dimensiones que las semillas. Seguidamente se clasifica, mediante la separación en diferentes categorías por sus dimensiones y peso específico

Después de la clasificación el grano resultante pasa al almacenamiento en donde se resguarda en condiciones ambientales que no causen su deterioro en corto tiempo. El deterioro del grano aumenta si se mantiene por periodos prolongados bajo las mismas condiciones ambientales no reguladas y finalmente el empaque es el paso final en el acondicionamiento.

Proceso de secamiento

Las partículas generadas durante el proceso de secamiento del grano se propagan en el aire por lo general a causa de las actividades de recepción y acondicionamiento del paddy verde, se debe a que en estas etapas se requiere retirar los excesos de humedad al grano por medio de equipos como bandas transportadoras, tornillos sin fin, elevadores de cangilones, máquinas prelimpiadoras, zarandas, entre otras, lo cual permite que aumente su proliferación durante este proceso.

En relación a la problemática expuesta y de acuerdo con (Martínez Varona, y otros, 2017) “en los molinos de arroz una de las principales fuentes de contaminación son las molestias causadas por el ruido y la emisión de polvo”, debido a que los granos son de bajo peso el mínimo

flujo de aire provocado de manera natural o artificial causa su dispersión en la atmósfera, conocer las concentraciones de partículas PM10 presentes en un molino de arroz, permite diagnosticar las consecuencias y evaluar alternativas para la reducción de dichas partículas en el ambiente; así mismo sostiene que “el material particulado que estas emiten se da en la gran mayoría de las etapas del proceso ya sea por las actividades de cargue, descargue, manejo, acondicionamiento, trilla, entre otras; este contaminante tiene una influencia sobre la calidad del aire y la salud pública, y los gases producidos de la combustión generada en la etapa de secado del grano, en el cual se implementan secadores de gas natural o carbón coque para calentar el aire que pasa a través de los lechos del grano.” Es importante resaltar que en este proceso el material particulado, así como los gases producidos de la combustión generada por las actividades de secado del grano son contaminantes que afectan directamente al medio ambiente, como la salud, bienestar de los trabajadores, comunidad cercana, productividad de la empresa, calidad del producto y sus costos operacionales.

Mecanismos o métodos para la separación de partículas

Como plantea (Peralta Catillo, 2001) “para seleccionar una alternativa acorde con las necesidades del sector industrial se debe tener en cuenta principalmente el mecanismo o método de separación de partículas, mencionando así seis mecanismos disponibles que se clasifican como de sedimentación por gravedad, impactación centrífuga, impactación por inercia, intersección directa, difusión y efectos electrostáticos. Los cuales a su vez determinan la tecnología o el equipo para su debido tratamiento”, indicando que existen:

Cámaras de sedimentación: Caracterizadas por tener un mecanismo de recolección de partículas por la fuerza de gravedad, utilizadas para separar con una alta eficiencia partículas mayores a 50 micras y grandes velocidades de fijación.

Separadores ciclónicos: Estos se distinguen por ser dispositivos de acción los cuales funcionan a partir de la fuerza centrífuga, utilizados en la separación de partículas entre 0.05 y 20 micras con una eficiencia entre el 80 y el 90%, además se caracterizan por requerir un mantenimiento sencillo.

Colectores húmedos: El mecanismo de separación puede ser cualquiera (sedimentación por gravedad, impactación centrífuga, impactación por inercia, intersección directa, difusión o efecto electrostático), se caracteriza por que existe un elevado grado de humedad al utilizar agua para aumentar el tamaño de las partículas y facilitar su separación.

Filtros de tela: Su mecanismo de recolección es por inercia, intersección directa y difusión lo cual le permite separar una amplia variedad de partículas, con tamaños entre las 0.05 y 20 micras con un alto nivel de eficiencia, hasta del 99%.

Precipitadores electrostáticos: El mecanismo de recolección utilizado es por fuerzas electrostáticas inducidas por una carga eléctrica, tienen capacidad de separar partículas entre 0.05 y 20 micras con una alta eficiencia, presentan un alto costo de inversión inicial ya que trabajan en rangos altos de temperatura y los hace ser poco flexibles durante la operación.

De acuerdo a la investigación llevada por (Sánchez Coronado, Herrera Arellano, Bautista Bautista, & Galván Chávez, 2018) mencionan que hay distintos métodos en las arroceras para el manejo de las partículas saturadas en el ambiente en forma de polvo suspendidas en el aire, uno de ellos consiste en la extracción de partículas usando sistemas de extracción por aire, lo anterior

suele ser efectivo debido al bajo peso y volumen de las partículas de polvo desprendidas por los granos de arroz para su expulsión fuera del área operativa. Los elementos principales de los sistemas de extracción de polvo son ventiladores, en donde las aspas están dispuestas en una determinada posición para generar una corriente de aire de succión, con ello captan y direccionan el polvo del arroz suspendido en el aire. La operación de ventiladores debe ser permanente durante la operación de los sistemas de extracción, en consecuencia, debe ser considerado dentro del diseño el consumo eléctrico y su programa de mantenimiento con el fin de asegurar el correcto funcionamiento operativo del sistema.

Tecnologías para el tratamiento de material particulado

Según la investigación realizada por (Benito Moreno, 2014) en la industria existen ciertas tecnologías o equipos utilizados para llevar a cabo el tratamiento del material particulado, de los cuales indica que pueden ser divididos en dos grandes grupos de acuerdo con la técnica de intervención que se requiera utilizar, el primero es por vía húmeda y el segundo por vía seca; por vía húmeda se pueden encontrar los lavadores ciclónicos, lavadores de cámaras de aspersion, lavadores venturi, cámaras de sedimentación por gravedad, enfriador de flujo cruzado directo de agua contra gases, enfriadores secos o decantadores, torres de lavado o chimeneas con estación de monitoreo continuo. Para el tratamiento por vía seca se manejan separadores ciclónicos, filtros de mangas o de tela, precipitadores electrostáticos, cámaras de sedimentación por gravedad, ventilador de tiro inducido, chimenea con estación de monitoreo continuo, filtros HEPA o ULPA, separadores con ayuda mecánica, entre otros.

Cabe resaltar que dentro de los equipos por vía seca o tecnologías más utilizadas para el control de partículas en fuentes fijas encontramos el uso de ciclones ya que permiten la adecuada

remoción del material particulado de una corriente de aire, el cual se basa en el mecanismo de conmoción inercial creado por la fuerza centrífuga. “Son adecuados para separar partículas con diámetros mayores de $5\mu\text{m}$ con eficiencias hasta del 90%; aunque partículas mucho más pequeñas, en ciertos casos, pueden ser separadas. Por otro lado, los filtros de tela, los cuales se consideran imprescindibles para realizar la separación de partículas ya que cuentan con una eficiencia hasta del 99%, permite retener una gran carga de aire con el material particulado ya que es un equipo con capacidad de captar traspasando las fibras con las que se encuentra elaborado.” (Echeverri Londoño, 2006).

Marco Conceptual

Acondicionamiento de arroz paddy: El acondicionamiento reside básicamente en llevar a cabo las actividades de preparación del grano verde, las cuales consisten en separar todo el material de menor y mayor tamaño proveniente de la cosecha, así mismo reducir considerablemente el exceso de humedad del grano dando continuidad a las demás etapas del proceso (Angarita Buitrago, 2007).

Arroz con Cáscara:(Paddy seco o verde) es el grano al cual no se le ha removido la cáscara y cuyo contenido de humedad no excede el 13% (AGROCOM, 2020).

Estudio calidad de aire: Permite conocer e instaurar medidas que favorezcan el control y la mejora continua de condiciones medioambientales, salud y bienestar humano. Por lo tanto, es preciso que en aquellas situaciones o actividades humanas las cuales desencadenen impactos atmosféricos o se suponga la existencia de alguno, se implementen planes de monitoreos periódicamente bajo los lineamientos y normatividad legal vigente encargada de regular estos aspectos ambientales (Rodríguez Severiche, 2019).

Humedad: Es el contenido de agua en base húmeda sobre una muestra, expresado como porcentaje (AGROCOM, 2020).

Las partículas de origen mecánico (polvos): Se obtienen por la desintegración de la materia sólida (molienda, trituración). Normalmente tienen un tamaño de partícula superior a 5 μm , lo cual las hace más fácil de captar en los sistemas de control convencionales (Benito Moreno, 2014).

Material particulado (Pm10): “El tamaño de estas partículas existentes en la atmósfera es un factor importante en la determinación tanto de los efectos que producen como de las áreas afectadas, ya que establece su tiempo de permanencia en la atmósfera y la manera en la que puede afectar a los seres. Afecta a más personas que cualquier otro contaminante, sus efectos sobre la salud se producen por el nivel de exposición” (Yuquilema Vilema, 2018)

Pre-limpieza: “El objetivo de la limpieza es separar el grano de otros materiales indeseables (grano partido, hojas, cáscaras, glumas, restos de capítulos, etcétera), los cuales afectan negativamente el proceso de secado y de aireación. Para este proceso de limpieza la planta cuenta con equipos tales como: mallas cilíndricas, cámaras de aspiración, zarandas” (Barahona Suxe, 2019).

Secamiento: El secamiento es el proceso que se realiza con el fin de bajar los porcentajes de humedad de los granos. Dependiendo de la humedad inicial se baja de 3 a 4 puntos a una temperatura de 45°C, mediante paso en flujo continuo, con un reposo aproximado de 8 a 15 horas y para finalizar con el secamiento en torre, la humedad del 15%, se baja al 12.5% con una temperatura en torre de 52°C en flujo continuo (AGROCOM, 2020).

Zarandas: “El método consiste en utilizar mallas o zarandas operando con un movimiento de vibración, vaivén, rotacional o lineal, trabajan en conjunto unas con perforaciones más grandes que otras, las que cuentan con perforaciones amplias dejan pasar los granos impidiendo que atraviesen los materiales de mayor tamaño; las mallas que tienen hoyos de menor tamaño están inclinadas para conducir los granos sin embargo el material de menor tamaño es conducido por unos canales para ser descargado en otro punto” (Barahona Suxe, 2019).

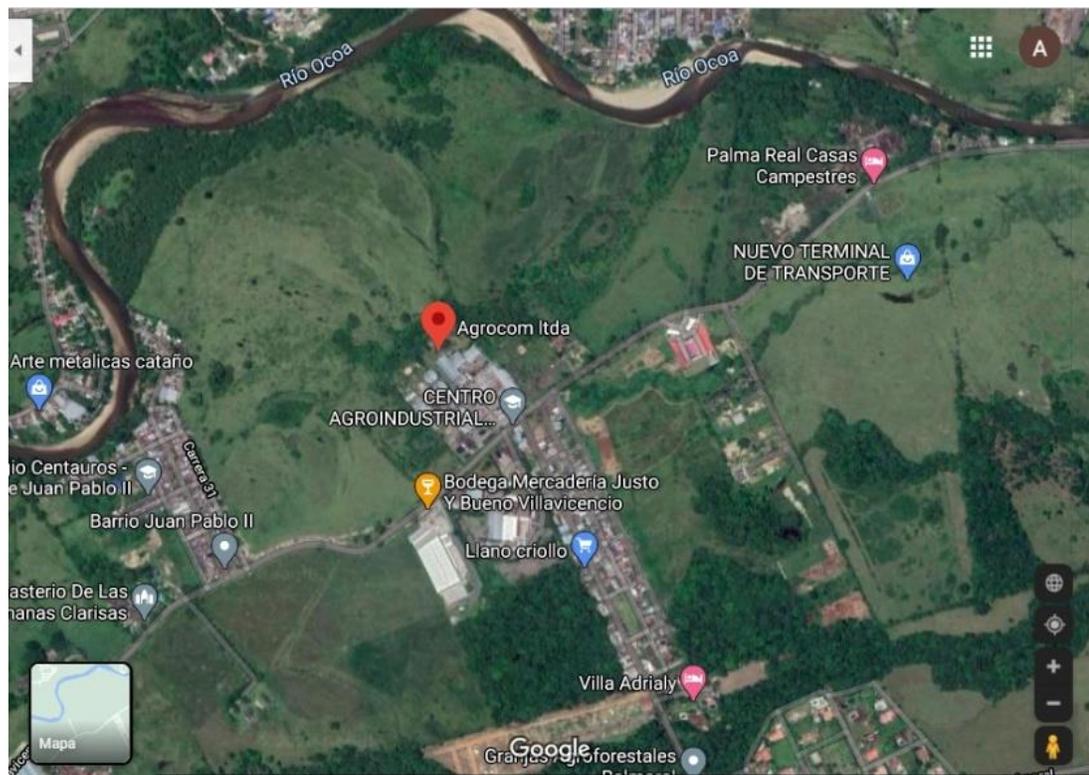
Sistema de recolección o extracción localizado: “Es toda la estructura metalmecánica que compone instalar una campana de extracción para capturar contaminantes en áreas específicas de trabajo o procesos de producción y son conducidos por medio de ductos a equipos de tratamiento de emisiones” (Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2008).

Marco Geográfico

El departamento del Meta pertenece a los 32 departamentos de Colombia y se encuentra situado en la región central del territorio, estas tierras se prolongan por el nombrado piedemonte llanero, en otras palabras, por el oriente de la zona andina y al occidente los llanos orientales (Salazar, 2015). Los llanos orientales se identifica como una zona arrocera importante en Colombia, (Pérez Triana, 2019) menciona que “para el año 2015 el departamento del Meta fue el principal productor de arroz con el 45% de la producción nacional, también es el principal productor de arroz seco”, actualmente los llanos orientales concentran una gran cantidad de siembra de arroz específicamente el Meta y Casanare.

El desarrollo de la investigación se llevará a cabo en la empresa arrocera Agropecuaria de Comercio SAS (Agrocom SAS), ubicada vía Puerto López con dirección al barrio Juan Pablo II del municipio de Villavicencio, departamento del Meta.

Figura 1. Ubicación Geográfica AGROCOM SAS.



Nota: La imagen muestra la imagen satelital de la ubicación geográfica de la planta arrocera Agrocom SAS, marcada por el punto rojo tomado de Google Maps 2021.

Marco Legal

La normativa colombiana en materia de calidad del aire y emisiones se ha planteado en función de la protección de la salud humana y el medio ambiente, desarrollada a través de un proceso de gradualidad que involucra la capacidad técnica, tecnológica y económica de una sociedad, ya que estos factores deben hacer parte de la construcción normativa de carácter técnico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Tabla 1. Normatividad Legal

Tipo número y fecha	Nombre y entidad que la expide	Artículo	Impacto en el proyecto
Decreto 1072 de 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, Ministerio del trabajo	1,2,8, 10	Esta compila todas las normas que reglamentan el trabajo en Colombia. Este Decreto establece las obligaciones y deberes con respecto a la salud y seguridad en el trabajo, determinado para nuestro trabajo las medidas a tener en cuenta en todos los aspectos que se involucra para el acondicionamiento del lugar de trabajo.
Resolución 909 de 2008	Normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas, Ministerio de Ambiente, Vivienda y	6, 72, 78	La presente resolución instaura la reglamentación y estándares de emisiones atmosféricas permisibles en el aire para fuentes fijas, establece los métodos para la medición de la concentración de contaminantes en

	Desarrollo Territorial (MAVDT).		fuentes fijas, clasificando a la molinería de arroz dentro de las industrias que cumplen con estas características de emisión de material particulado así mismo el tipo de material.
Resolución 2254 de 2017	Norma de calidad del aire ambiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	2, 6, 15, 16, 18, 23	Esta norma establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y establece los niveles máximos permisibles, la elaboración de programas para reducción y describe el objeto de los Informes de calidad de aire (ICA) junto con la temporalidad de su realización.
Norma Técnica Colombia 4114	Realización de inspecciones planeadas, ICONTEC.	Item 4.1.7	Establece las directrices para la realización de inspecciones planeadas en las instalaciones y/o puestos de trabajo, es una de las herramientas para ser aplicada en el desarrollo de una de las etapas del presente trabajo de investigación.

Nota: La normatividad aplicable al presente trabajo de investigación mencionada anteriormente, aplica en el territorio nacional.

Capítulo 4

Diseño Metodológico

Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva dado que su propósito es realizar la descripción de las características, componentes y demás elementos que comprende el fenómeno objeto de estudio sin entablar o determinar interacciones o asociaciones presentes. En otras palabras, no posibilita validar hipótesis, ni pronosticar resultados presentes (Lerma González, 2016).

Así mismo la investigación está orientada a ser un tipo de investigación de campo, debido a que los datos se recopilan directamente donde se realiza la indagación, en el área, lugar, espacio o ambiente donde ocurre el problema, donde se presenta el evento, para posteriormente ser procesada; es decir, el investigador se encarga de dirigirse al punto para recolectar la información, luego organizarla y analizarla (Chavez, 2007, pag.142). Para comprender el fenómeno de estudio se involucran variables cualitativas que se basan en la descripción contextual de los hechos y situaciones. Igualmente, en la recolección de los datos se aplicará el enfoque cuantitativo para presentar la información y seleccionar técnicas que contribuyan al mejoramiento de la producción (Sánchez, 2004).

En este sentido el trabajo se desarrolla desde la perspectiva de la investigación descriptiva, de campo y según la naturaleza de los datos de modelo mixto, puesto que se desea conocer la concentración de material particulado existente en el área de secamiento de la empresa, realizar la identificación de las características del proceso, situaciones relevantes involucradas, la maquinaria y los equipos que intervienen en dicha área, así posteriormente

estructurar un sistema de recolección de material particulado adecuado para que la empresa Agrocom SAS evalúe las posibilidades de su implementación.

Técnicas para la recolección de información y análisis de resultados

Etapas 1. Caracterización de los procesos, maquinaria y equipos que intervienen en el área de secamiento de la empresa arrocera Agrocom SAS.

Se procedió a realizar una inspección planeada para el reconocimiento del proceso en el área de secamiento, donde se lleva a cabo el acondicionamiento del arroz con cáscara utilizando un registro fotográfico, seguidamente se elaboró un diagrama de recorrido del proceso que permitió comprender sus actividades principales, así mismo se hizo el levantamiento del listado de maquinaria y equipos que intervienen en el área. Con esta inspección se comprendió el funcionamiento y las características del proceso productivo en el cual se genera el material particulado, de forma que se obtuvo toda la información necesaria de las actividades, maquinaria y equipos que intervienen en el proceso.

Así mismo, se efectuó una entrevista a la jefe de planta con el fin de conocer la información necesaria de las limitaciones o situaciones que se presentan como consecuencia del impacto generado por el material particulado durante el proceso de secado del arroz, y a su vez se obtuvo el informe técnico de estudio de calidad del aire por material particulado, el cual es presentado por la empresa Agrocom SAS de manera anual a Cormacarena.

Los resultados del último informe técnico de estudio de calidad del aire permitieron conocer el tipo y el tamaño de las partículas, así mismo analizar los datos de las concentraciones de material particulado presentes en el área de secamiento evidenciando que se encuentran por

debajo de los niveles máximos permisibles establecidos en el artículo 2 de la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS).

Etapa 2. Determinación de los componentes para el sistema de recolección del material particulado en el proceso de secamiento.

Para el desarrollo de esta etapa se hizo una revisión documental de los diseños de sistemas que se encuentran descritos en trabajos de investigación, los cuales se han implementado y se utilizan para la recolección de material particulado en las industrias, siderúrgica, química, metal-mecánica, cementera, alimentaria, maderera, etc. Esto con el fin de determinar las técnicas de recolección más utilizadas en la industria y los componentes del sistema, mediante una matriz se compararon los campos de aplicación, características, ventajas y desventajas, de estas, permitiendo seleccionar la técnica y componentes apropiados para la propuesta de diseño del sistema de recolección de material particulado en el área de secamiento para la empresa Agrocom SAS.

Etapa 3. Estructuración de la propuesta de diseño del sistema de recolección del material particulado para la empresa arrocera Agrocom SAS.

En esta etapa se planteó el diseño del sistema de recolección del material particulado para la planta arrocera Agrocom SAS, teniendo en cuenta los resultados obtenidos del análisis desarrollado en la anterior etapa, se seleccionaron los componentes del sistema conforme a las necesidades de la empresa y se determinaron las especificaciones técnicas que se requieren para

el diseño, a través de una cotización se permitió conocer el costo de la implementación del sistema y sus componentes.

De igual forma, se elaboraron los planos del sistema de recolección del material particulado utilizando la herramienta de diseño asistido AutoCAD, realizando un plano general a fin de distinguir los tramos de los ductos y la ubicación de los componentes conforme a las dimensiones del área de secamiento. También se elaboró del diseño de la estructura con sus componentes.

Capítulo 5

Resultados

Etapa 1. Caracterización de los procesos, maquinaria y equipos que intervienen en el área de secamiento de la empresa arrocera Agrocom SAS.

De acuerdo con las visitas realizadas a la planta en las cuales se tomó información general de las actividades que se realizan en el proceso de secado, así como de la consulta que se realizó en los documentos internos de la empresa y los datos suministrados por la jefe de planta en una entrevista previamente realizada; se extrajo la información del manual operativo de la planta, para así comprender el proceso de recepción y secamiento del arroz paddy y sus actividades los cuales se describen a continuación:

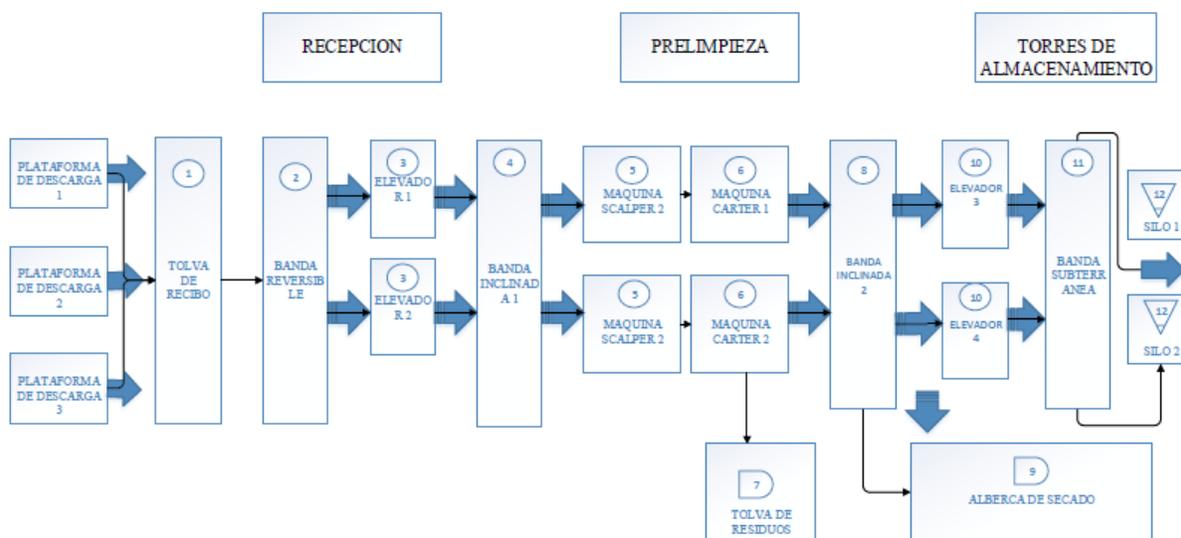
Caracterización de procesos

Como se puede apreciar en la figura 2. Diagrama de recorrido, el proceso de acondicionamiento del paddy verde inicia cuando este se descarga en la tolva ubicada en el área de recepción, luego de esto sale por unas compuertas y lo recibe la banda transportadora reversible que lo deposita en los elevadores que a su vez los envía a pre limpieza. Los elevadores entregan el paddy a las bandas transportadoras inclinadas que lo llevan a la máquina scalper, la cual le saca las impurezas (tallos, vano, pajas). Las impurezas mayores como tierra y vano van al elevador del vano y finalmente a la tolva de residuos.

De la máquina scalper, el paddy pasa a la máquina Carter la cual es una zaranda cuádruple, en donde se le retiran nuevamente las impurezas, pero estas son impurezas menores. Las impurezas caen por gravedad por medio de tubos a lonas.

El arroz paddy cae por gravedad a un sin fin que lo lleva a un elevador y es transportado por una banda inclinada a la alberca de secado, allí el paddy pasa por el proceso de deshumidificación, donde se baja aproximadamente entre 3 y 4 puntos de humedad, utilizando unos hornos a base de carbón o cascarilla de arroz, los cuales inyectan calor a la placa de la alberca de secado y por último el paddy es transportado por medio de una banda subterránea hacia las torres de almacenamiento.

Figura 2. Diagrama de recorrido del proceso en el área de secamiento



Nota: La figura describe de manera secuencial y gráfica las actividades que se llevan a cabo en el proceso de secamiento en la planta Agrocom SAS.

Descripción de maquinaria y equipo involucrado (área de secamiento).

En el área de secamiento intervienen varios equipos los cuales se describen en la tabla 3, y como se puede apreciar en el diagrama de recorrido (figura 2), el objeto del proceso en esta etapa es la limpieza y la obtención de humedad ideal de los granos del 12,5%, la cual es

ideal para evitar la germinación de las semillas y reproducción de hongos, además de evitar el rompimiento de los granos al momento de pasar por las descascaradoras.

Tabla 2. Maquinaria y equipo involucrado en el área de secamiento.

ITEM	MAQUINA O EQUIPO	DESCRIPCION	REGISTRO FOTOGRAFICO
1	Banda transportadora reversible, subterránea e inclinada.	Es una técnica utilizada para transportar el grano de forma horizontal o con cierto grado de inclinación, consiste en adaptar una cinta móvil que constantemente se mueve a través de dos tambores. Estas cintas son arrastradas por fricción por uno de los dos tambores, que es accionado por un motor.	
2	Elevador de cangilón	Es un elemento empleado para transportar y manejar la materia prima tales como granos, de una forma vertical. Este cumple una función similar a la cinta transportadora, pero en posición vertical.	

3	Sinfín	Mecanismo diseñado para un óptimo transporte del grano en cortas distancias, con distintas capacidades y longitudes.	
4	Tolva	Es un contenedor similar a un embudo de gran tamaño que cuenta en la parte de arriba y de abajo con dos aberturas facilitando el cargue y descargue de productos tales como granos. En ocasiones, se monta sobre un chasis que permite el transporte.	
5	Máquina Scalper	Máquina con forma cilíndrica en la cual se realizan pequeñas ondulaciones con el objetivo es librar al grano de impurezas de mayor tamaño.	

6	Máquina Carter o Zaranda cuádruple	Máquina utilizada para separar las impurezas más livianas del grado, en la cual se realizan movimientos oscilatorios auto equilibrados para limpiar el grano.	
7	Alberca de secado	Estructura empleada para el secado de granos, con una temperatura de 38°C hasta obtener una humedad de 13.5% en la superficie, para finalmente almacenarlo en los silos.	
8	Silo	Es una estructura utilizada para el almacenamiento de productos a granel, hace parte fundamental de la etapa de almacenaje durante el proceso de molinería. Los silos normalmente manejan una estructura cilíndrica, que se asemeja a la de una gran torre y se puede construir de materiales	

como el metal, vigas de
madera, vigas de hormigón,
acero galvanizado.

Nota: La información del listado de maquinarias fue obtenido del Manual de operaciones de Agrocom SAS.

Análisis de la información sobre condiciones ambientales en el área de secamiento

En el desarrollo de la entrevista se sostuvo una conversación con la jefe de planta Carolina Barbosa, quien está a cargo de liderar el buen funcionamiento de todas las áreas del proceso productivo en la planta, tales como, producción, mantenimiento, logística, calidad, compras, entre otras; con el propósito de conocer que características y cuales son las adversidades que se presentan durante el desarrollo de las actividades diarias, se cuestionaron aspectos esenciales sobre la afectación que genera el material particulado en los trabajadores, en la producción, maquinaria y equipos, durante el desarrollo del proceso objeto de estudio.

Las respuestas relevantes que permitieron entender donde se encontraba el problema y las consecuencias fueron referente al mantenimiento de los equipos, ya que se expresó en diferentes momentos de la entrevista que los gastos más importantes de la planta se dirigen hacia el mantenimiento, adecuación e intervención de las máquinas, ya que estas presentan paradas no programadas de manera constante e irregular indiferente de los picos de producción, conllevando a pérdidas significativas para la planta, una disponibilidad completa del personal de mantenimiento, sobrecostos de producción, pérdida de tiempos y entregas, entre otras consecuente a estas intervenciones.

Así mismo, se comprendió que la producción de la planta arrocerá depende de la cosecha del año y esta varía de acuerdo con las operaciones ejecutadas en temporada baja, alta y nula; denominándose como baja los primeros tres meses del año, de enero a marzo cuando la cosecha es pequeña, la temporada nula se encuentra entre los meses de abril, mayo y junio; y la temporada alta se activa en el mes de julio, a partir de este mes las actividades de descargue y acondicionamiento del grano se realizan sin parar las 24 horas del día; en el mes de Octubre

finaliza la cosecha y se tiene un periodo de gracia de 2 meses que les permite programar una limpieza general a la planta y mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipos sin generar afectación a la producción.

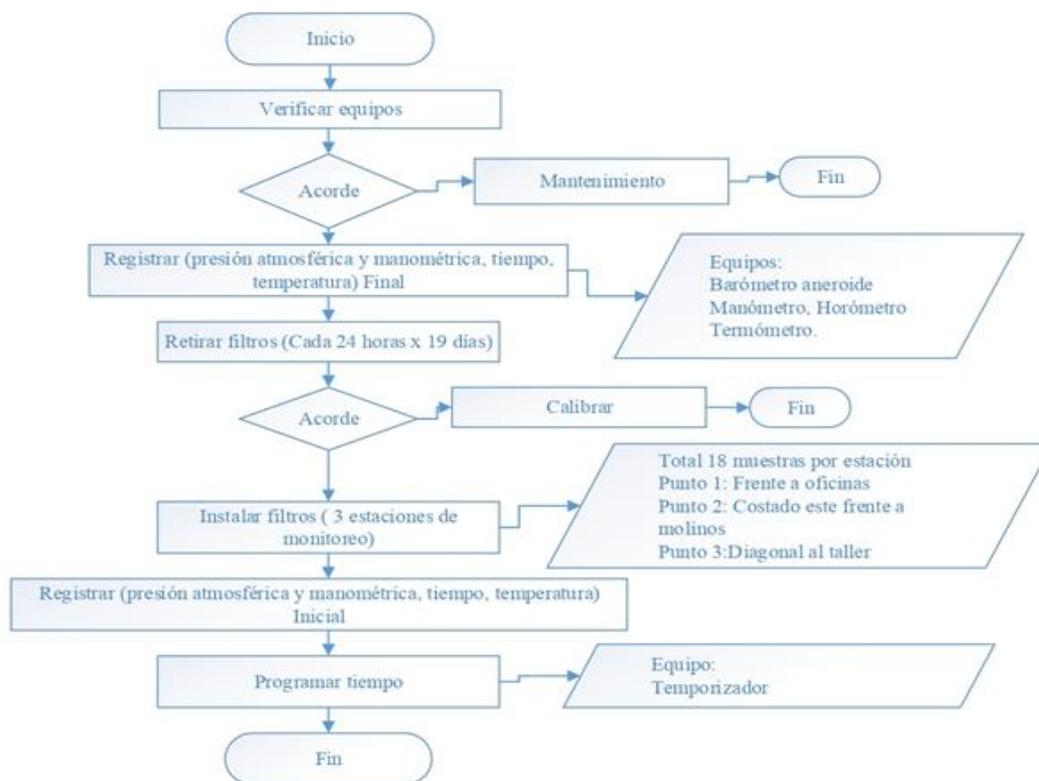
La planta con miras a la mejora continua de su proceso productivo cuenta con la estandarización de los procesos, la implementación del sistema de gestión de calidad, el programa de seguridad y salud en el trabajo junto con el programa de manejo ambiental.

En cuanto a la salud y seguridad de los trabajadores, no se han presentado enfermedades laborales consecuente al material particulado, la empresa adopta medidas preventivas en los trabajadores para el desarrollo adecuado de sus tareas, dando cumplimiento a la normatividad vigente de seguridad y salud en el Trabajo.

Así mismo, cabe resaltar que por el desarrollo de la actividad económica de la empresa están sujetos a auditorías por el Instituto Nacional de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) y la Autoridad ambiental CORMACARENA; hasta el momento no han sido sujetos de sanciones, cumpliendo a cabalidad con lo establecido por la ley.

Teniendo en cuenta que los muestreos de calidad del aire realizados anualmente en la empresa Agrocom SAS, están a cargo de la firma Control de Contaminación Ltda., ubicada en la ciudad de Barranquilla-Atlántico, acreditada por el IDEAM mediante la Resolución 0880 del 16 de agosto de 2020; y la importancia de resaltar el proceso para toma de muestras del material particulado en el área de secamiento de la planta, a continuación se presenta un diagrama de flujo del proceso en la fase 2 durante las actividades de toma de muestras:

Figura 3. Diagrama de flujo de actividades para toma de muestra de material particulado.



Nota: Fuente propia, de acuerdo al procedimiento establecido en el Protocolo para monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010)

“Este diagrama comprende todos los procedimientos relacionados con la toma de muestras en el Manual de operaciones de sistema de vigilancia de la calidad del aire y está compuesta por las siguientes fases: Preparación y acondicionamiento de filtros y medios previos al inicio de la ruta de muestreo, Toma de Muestra en campo, Análisis de muestras en laboratorio” (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010).

Tabla 3. Resultados del informe del Estudio de Calidad del Aire por material particulado (PM10) de AGROCOM (2020).

FECHA	PUNTO 1			PUNTO 2			PUNTO 3		
	FRENTE A ARCHIVO			COSTADO ESTE FRENTE A MOLINO			DIAGONAL A TALLER		
	PM10	NORMA 24 HR	CUMPLE	PM10	NORMA 24 HR	CUMPLE	PM10	NORMA 24 HR	CUMPLE
17/10/2020	30,92	75	SI	35,05	75	SI	41,85	75	SI
18/10/2020	39,68	75	SI	40,96	75	SI	45,19	75	SI
19/10/2020	34,38	75	SI	34,68	75	SI	46,97	75	SI
20/10/2020	44,26	75	SI	30,72	75	SI	34,06	75	SI
21/10/2020	42,03	75	SI	37,1	75	SI	34,69	75	SI
22/10/2020	33,75	75	SI	30,59	75	SI	30,83	75	SI
23/10/2020	31,02	75	SI	32,69	75	SI	32,44	75	SI
24/10/2020	44,08	75	SI	44,26	75	SI	42,13	75	SI
25/10/2020	40,1	75	SI	30,06	75	SI	37,99	75	SI
26/10/2020	35,45	75	SI	45,42	75	SI	32,3	75	SI
27/10/2020	34,02	75	SI	34,81	75	SI	33,23	75	SI
28/10/2020	30,92	75	SI	31,15	75	SI	43,76	75	SI
29/10/2020	36,58	75	SI	30,89	75	SI	42,81	75	SI
30/10/2020	35,06	75	SI	36,87	75	SI	35,78	75	SI
31/10/2020	46,31	75	SI	35,25	75	SI	32,82	75	SI
1/11/2020	33,43	75	SI	40,12	75	SI	37,52	75	SI
2/11/2020	31,01	75	SI	45,53	75	SI	46,54	75	SI
3/11/2020	32,49	75	SI	30,62	75	SI	41,56	75	SI
VALOR MINIMO	30,92	-	-	30,06	-	-	30,83	-	-
VALOR MAXIMO	46,31	-	-	45,53	-	-	46,97	-	-

Nota: Informe del Estudio de Calidad del Aire por material particulado (PM10) de AGROCOM (2020).

Con el objeto de conocer si la empresa Agrocom SAS cumple con los límites permisibles del contaminante emitido a la atmósfera; el tipo de partículas y la concentración del material particulado que se genera en el área de secamiento, se obtuvo los resultados del último informe técnico de estudio de calidad del aire por material particulado, presentados en la tabla 3.

Esta tabla de resultados contiene los datos obtenidos durante el trabajo de campo y los cálculos correspondientes a la calidad del aire para cada uno de los días del muestreo. Indica el valor máximo y mínimo obtenido y el promedio aritmético de todos los resultados para su posterior interpretación con respecto a la norma de calidad del aire.

Con los resultados del informe de calidad del aire se evidencia que en la empresa el tipo de material particulado que se encuentra es de diámetro aerodinámico PM10 y los niveles de concentración no superan los límites permisibles, por tanto, está dando cumplimiento a la norma, e indica además que el valor del índice de la calidad del aire en una escala de 0 a 50 se califica como buena.

“Los resultados obtenidos del monitoreo de calidad del aire realizado en la zona de influencia de Agropecuaria de Comercio S.A.S., permitieron determinar que las concentraciones del parámetro monitoreado, PM10 se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos en el artículo 2 de la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible” (MADS). De acuerdo a lo anterior, es posible indicar que los resultados obtenidos dan cumplimiento a los niveles máximos permisibles establecidos en la legislación vigente. Informe del Estudio de Calidad del Aire por material particulado (PM10) de AGROCOM (2020).

Es de resaltar que la empresa arrocera Agrocom SAS manifiesta el interés de realizar la intervención de sus procesos para la búsqueda de alternativas que permitan reducir la cantidad de material particulado que está impactando negativamente los costos operacionales de la empresa, como lo expresó en el desarrollo de la entrevista la Jefe de la planta, actualmente se contempla la inversión para el diseño e implementación de un sistema para el control del material particulado.

Etapa 2. Determinación de los componentes para el sistema de recolección del material particulado en el proceso de secamiento.

De acuerdo con la investigación realizada, una de las técnicas más eficientes para el control de partículas suspendidas en el ambiente es la recolección o captación a través de sistemas de ventilación, los cuales están compuestos generalmente por elementos tales como, campanas, ductos, depuradores de aire, ventiladores, exclusas, etc.; de manera que se adecuen en el área afectada y permitan realizar su instalación directa en la fuente de propagación. Conocido también como método de extracción localizada, existe una variedad de equipos que por las características de las partículas consienten realizar la captación direccionando el flujo de aire extraído hacia un dispositivo de filtración o depurador, separando el material particulado de la corriente de aire, luego es recolectado por medio de una tubería y almacenado en una tolva para su disposición final.

En este orden de ideas, el equipo depurador se convierte en uno de los componentes más importantes del sistema de recolección ya que es el encargado de recibir la carga de material particulado y realizar su filtración; igualmente, cabe resaltar que su selección debe basarse

dependiendo el mecanismo de separación de partículas y otras variables según el proceso productivo de la empresa.

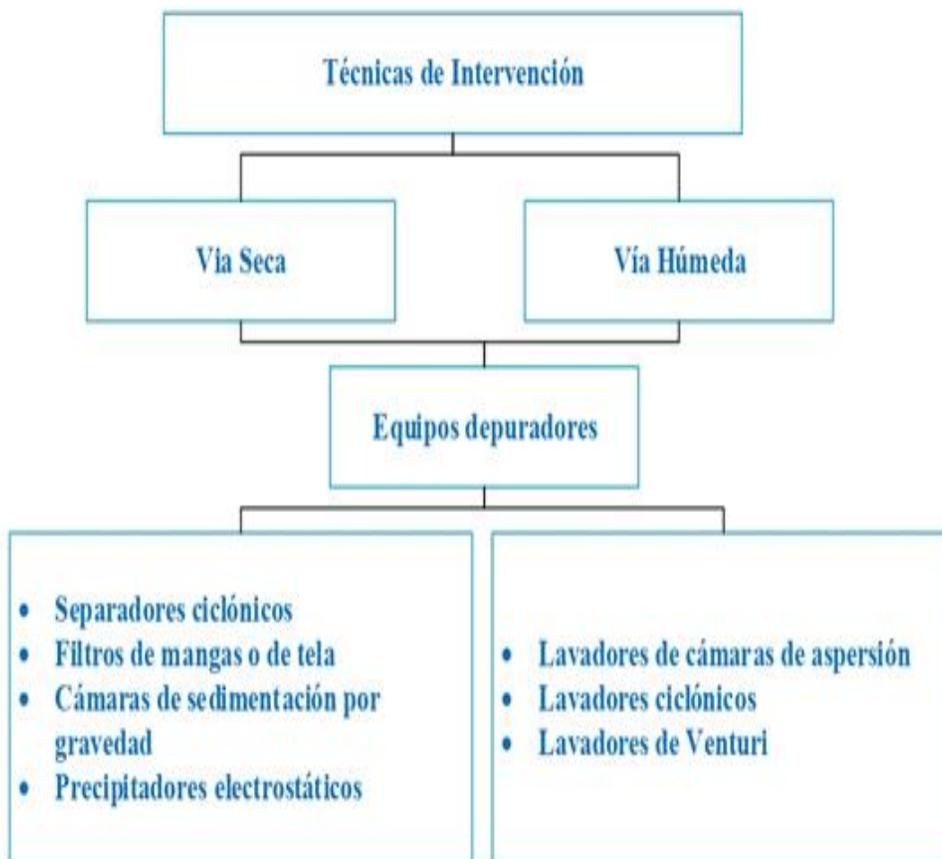
La mayoría de estos sistemas de recolección o de extracción localizada han sido implementados en procesos de la industria arrocera, cementera, cerámica, ladrillera y química, entre otras, caracterizándose por el uso de componentes que han sido diseñados de manera específica de acuerdo a las necesidades de la operación y en algunas de las situaciones se encuentra que cada uno de estos presenta un alto nivel de eficiencia. De hecho (Barahona Suxe, 2019) plantea en su investigación un sistema de aspiración en el área de secado de la empresa Induamerica Trade s.a., con el uso de estas tecnologías o equipos para el tratamiento del contaminante previo a ser emitido al medio ambiente.

Por tanto, se propone para Agrocom Sas un sistema de recolección como parte de su estrategia de control y mejora continua que le permitirá reducir el material particulado en el área de secamiento de la planta. Esta estrategia se basa en utilizar dispositivos de control para el tratamiento del contaminante e implica seleccionarlos de acuerdo con ciertas variables de la operación, para que trabajando en conjunto garanticen una mayor eficiencia en el tratamiento del contaminante, como el volumen del material siendo esta una variable importante, así como la valoración de la eficiencia que se deberá constituir dependiendo de las propiedades físicas y químicas del contaminante, inciden además en la selección de los dispositivos de control, por ejemplo, la temperatura y la carga de polvo de la corriente de aire.

En el siguiente gráfico se encuentran descritas las dos técnicas de intervención a tener en cuenta para la propuesta de diseño, selección de componentes del sistema de recolección del

material particulado y cada una con los equipos de depuración de aire considerados como los más importantes de aplicación industrial:

Figura 4. Técnicas de intervención de contaminantes atmosféricos



Nota: *Fuente Propia*

Como se resume en la figura 4, estas tecnologías se dividen según el método de captación, bien sea por vía seca o por vía húmeda, que se determina por las necesidades del ambiente para su efectividad (Moreno, 2014).

A continuación, se describen las características del contaminante que determinan la eficiencia de los equipos depuradores.

Tabla 4. Características del contaminante que influyen en la eficiencia de los equipos.

VIA SECA	VIA HUMEDA
<p>Los separadores ciclónicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ El polvo sea grueso. ➤ Las concentraciones sean bastante altas (> 2,28 g/m³) ➤ Se desea la clasificación de las partículas. ➤ No se requiera una eficiencia muy alta. ➤ Independiente de la temperatura del gas. ➤ Trata grandes cantidades de partículas y polvo. 	<p>Los lavadores ciclónicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cuando se requiere trabajar partículas de polvo fino con una eficiencia significativamente alta. ➤ La humedad y el enfriamiento son condiciones que no intervienen en su buen funcionamiento. ➤ Gases combustibles. ➤ Contaminantes gaseosos y partículas.
<p>Los filtros de tela / mangas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Manejo de una eficiencia muy alta. ➤ Se requiera recolectar material con alto valor comercial. ➤ El gas se encuentre por encima del nivel de rocío. ➤ El volumen del contaminante sea medianamente bajo. ➤ Las temperaturas sean relativamente bajas. 	<p>lavadores de cámaras de aspersion</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La corriente de gas con partículas ingresa a la cámara e impacta con el líquido de lavado. ➤ Llevan siempre un eliminador de neblinas. ➤ Son para partícula de tamaños mayores a 10 µm. ➤ El consumo de líquido de lavado oscila entre 3-16 litros para cada 10 m³ de gas
<p>Los precipitadores electrostáticos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Se requiera una eficiencia alta para eliminar partículas finas. 	<p>Lavadores de Venturi</p>

-
- El manejo de grandes volúmenes de gas.
 - Sea necesaria la recuperación de un material valioso y/o sin modificar sus propiedades físicas.
 - Acelera la corriente del gas a medida que el ducto se estrecha y en seguida se expande.
 - Consiste de un separador ciclónico y/o un eliminador de niebla.
 - Debe ser recubierta con una capa refractoria para resistir la abrasión por las partículas de polvo.
-

Cámara de sedimentación por gravedad

- Recolectores mecánicos más sencillos
 - Previenen la abrasión excesiva
 - Son útiles para enfriar la corriente del gas previo al tratamiento en un filtro de tela.
 - Baja eficiencia de recolección de PM10
-

Fuente: Propia

Como se aprecia en la tabla 5 matriz de tecnologías para captación de partículas, las tecnologías más conocidas y su relación con el nivel de eficiencia respecto al uso de estos equipos, depende en gran medida del medio donde se efectúa su funcionamiento, de igual forma del tipo de contaminante que se desea captar.

Tabla 5. Matriz comparativa de tecnologías para captación de partículas.

Tecnología	Vía	Eficiencia	Tipo de Partícula			Alta temperatura	Consumo de energía
			Gases	PM2,5	PM10		
Filtro de mangas	Seca	99,9%		x	x	x	Medio
Separadores con ayuda mecánica	Seca	30%				x	Medio
Cámara de sedimentación	Seca	10%				x	Alto
Ciclones	Seca	90%		x	x	x	Alto
Precipitador electrostático	Seca	99%	x	x			Alto
Torres de aspersion	Húmeda	88%	x				Bajo
Lavador de gases tipo Venturi	Húmeda	90%	x	x			Alto
Haces Electrónicos	Seca	99,9%	x				Alto
Incineradores térmicos	Seca	99%	x				Alto
Filtros HEPA - Filtros ULPA	Seca	99,9%			x		Bajo
Convertior catalítico	Húmeda	90%	x				Alto

*Fuente Propia****Determinación del sistema***

Se establece que las alternativas adecuadas para la implementación del sistema en el área de secado de la planta Agrocom SAS., se debe llevar a cabo con el uso de dos de los equipos depuradores de aire más eficientes en la industria arrocera, como son el separador ciclónico y los filtros de mangas.

Dado que la estrategia propuesta para implementar el sistema de recolección de partículas localizada consiste en el la instalación de otros elementos que deben trabajar en serie, es necesario ubicar los puntos de captación o campanas en todos los lugares de descarga del material en el área de secamiento ver anexo n° 6, plano general donde se resaltan estos puntos, así como todo el tramo de ductos compuesto por tuberías que recolectan la carga de material particulado hasta llevarlo a los depuradores de aire (ciclón y filtros de mangas) para realizar su debida filtración y así disminuir el material particulado generado durante el proceso de secado.

Tabla 6. Alternativas propuestas

VALORACION DEL ASPECTO				
Irrelevante 1, Considerable 2, Importante 3.				
ITEM	ASPECTOS	VALORACION	SEPARADOR CICLONICO	FILTRO DE TELA
1	Nivel de eficiencia partículas finas (PM2.5) [Alta -1, Media 0, Baja 1]	3	0	-1
2	Flujo de actividades durante su limpieza [Permite 1, No permite 0]	3	0	1
3	Dificultad de limpieza [Alta -1, Media 0, Baja 1]	2	-1	1
4	Frecuencia de mantenimiento (Alta -1, Media 0, Baja 1)	2	1	0
5	Precio de la inversión [Alto -1, Medio 0, Bajo 1]	2	0	-1
6	Control del volumen de aire [Alto -1, medio 0, Bajo 1]	1	1	-1
TOTAL			1	-1

Fuente propia

Se analiza de la tabla N° 6 además del nivel de eficiencia de las dos alternativas, otros aspectos como, la frecuencia de mantenimiento, dificultad para la limpieza, flujo de actividades durante la limpieza, el volumen del aire permisible, y el precio de la inversión de los equipos, dando una valoración a cada aspecto para determinar si es irrelevante (1), considerable (2) o importante (3), y a su vez, un valor entre -1 y 1 aplicado para calificar si es Alto (-1), medio (0) o bajo (1) en cada equipo, permitiendo identificar aspectos a tener en cuenta para la implementación del sistema.

En el caso de la alternativa del filtro de tela o de mangas se ratifica su alto nivel de eficiencia para el tratamiento de partículas PM2.5, lo cual la hace una alternativa viable para disminuir el material particulado en el área de secamiento; en comparación con el separador ciclónico, los filtros de mangas pueden tener un alto costo de inversión y de mantenimiento debido al desgaste que pueden presentar las mangas por la naturaleza del proceso y el material con el que se fabrique, puede ser poliéster, polipropileno, poliamida, fibra de vidrio, entre otros.

Por su parte el separador ciclónico cuenta con un nivel de eficiencia medio para el tratamiento de partículas finas, pero se recomienda usar como complemento en el sistema ya que este puede hacer la remoción inicial de partículas más gruesas, para que al final las partículas más finas puedan pasar por los filtros de mangas y se realice un adecuado tratamiento del contaminante. El ciclón tiene un precio de inversión medio ya que su estructura esta compuesta por lo general de acero, se puede fabricar con capacidades altas para captar grandes volúmenes de partículas, además otro aspecto que lo hace viable es que cuenta con una frecuencia de mantenimiento baja contribuyendo positivamente con los costos de mantenimiento.

Por lo anterior, se establece para la implementación del sistema de recolección de material particulado la técnica de intervención por vía seca, la cual favorece el proceso productivo del arroz, utilizando dos equipos depuradores de aire los cuales son parte importante del sistema de recolección del material particulado durante el proceso de secado. Para partículas gruesas el equipo depurador ciclón y los filtros de mangas para las partículas finas. Estos dos equipos depuradores de aire deben ir ubicados al final del área de secamiento, conectados a los ventiladores y a los ductos provenientes de las máquinas y equipos donde se evidencia el contaminante (bandas transportadoras, elevadores, sinfines, máquinas Scalper y Carter).

Diseño propuesto del Sistema de Recolección de Material Particulado

El sistema consta de cuatro partes importantes los cuales trabajan juntas para lograr la recolección efectiva del contaminante; inicia con la captación, siendo este el punto de ingreso al sistema del flujo de aire que contiene el material particulado, se ubica frente a la fuente de emisión del contaminante y se realiza con un elemento llamado campana; seguidamente la conducción, que es el tramo de tuberías o ductos que conducen el flujo de aire con la carga de material particulado ya captado por la campana; posteriormente se encuentra la ventilación generada por el ventilador, siendo el elemento utilizado para movilizar el flujo de aire a través de los ductos aportando la energía necesaria para que la carga de material particulado llegue al equipo depurador y finalmente los equipos depuradores de aire (ciclón y filtros de mangas), que son los dispositivos encargados de la separación de las partículas suspendidas en el flujo de aire.

En la figura 5 presentada a continuación se puede apreciar el sistema completo con las partes más importantes las cuales deben ir conectadas entre sí conservando su respectivo orden.

Figura 5. Composición del sistema propuesta para la captación de material de material particulado.



Nota: Fuente Propia

Es de aclarar que el desarrollo propuesto para el diseño del sistema y la aplicación de estos equipos han sido propios, producto de la investigación previa que se realizó con el apoyo de cotizaciones solicitadas de los equipos a la compañía industrias Molillano Ltda, la cual se

dedica a la fabricación, montaje y mantenimiento de maquinaria agroindustrial en el departamento del Meta. Aprovechando la experiencia del personal de ingenieros y técnicos que hacen parte de esta, se logró determinar el costo total del sistema de recolección de material particulado para la empresa Agrocom SAS; por lo cual no se generan datos específicos de marcas comerciales de referencia, ya que han sido calculados en base a los valores obtenidos de cotizaciones comerciales generadas y adaptadas para las necesidades propias de la planta.

Etapa 3. Estructuración de la propuesta de diseño del sistema de recolección del material particulado para la empresa arrocera Agrocom SAS.

Costos de implementación del sistema

Con el propósito de brindar una alternativa viable para la empresa, se realizó una revisión a nivel nacional e internacional de industrias fabricantes y comercializadoras de este tipo de equipos que componen el sistema de recolección, encontrando que la empresa Agrocom SAS., asumiría varios riesgos en caso de requerir su importación, por ejemplo, altos costos económicos, paradas de sus actividades por instalación de los mismos y/o carencia de personal capacitado, y uno de los riesgos más significativos, es que finalmente no se adapten a las necesidades de la operación.

Por esta razón, se decide proporcionar a la empresa Agrocom Sas, los costos de la implementación del sistema la cual incluye mano de obra de personal calificado, el transporte a las instalaciones de la planta, así como todos los materiales y equipos requeridos para la apropiada instalación y funcionamiento del sistema. Con base en las cotizaciones recopiladas de

la empresa Industrias Molillano Ltda, ubicada en el departamento del Meta reconocida en el sector agroindustrial por dedicarse a la fabricación e instalación de este tipo de equipos que componen el sistema, se establece la tabla de costos en la cual se puede apreciar el precio unitario de cada componente y el precio total del sistema de recolección de material particulado de acuerdo a las necesidades de la empresa descritos a continuación:

Tabla 7. Cotización del Sistema

Item	Descripción	Precio
1	Cuarto de Captación de Impurezas.	\$ 32.400.000
2	Dieciocho (18) Filtros de mangas para recolección impurezas.	\$ 16.780.000
3	Dos (2) Ciclones Helicoidal diámetro 1,60 mts.	\$ 12.700.000
4	Tres (3) Exclusas para salida de ciclón	\$ 11.040.000
5	Tres (3) Motores para exclusiva de 1,5 Hp salida a 90 Rpm	\$ 7.455.000
6	Dos (2) Ventiladores Ref: 8048 para succión material particulado	\$ 17.840.000
7	Dos (2) Motores de 25 Hp salida a 1800 Rpm	\$ 6.400.000
8	Tubería conexión Ventiladores - Ciclones.	\$ 3.921.600
9	Tubería conexión Ciclón - Prelimpiadoras 10 puntos de succión.	\$ 3.667.350
Total		\$ 112.203.950

Nota: Fuente Propia

Se observan en esta cotización los precios unitarios de los componentes y el precio total del sistema, igualmente se encuentran especificaciones de cantidades y nombres de los elementos

requeridos; cabe resaltar que la empresa contratista incluye en estos costos el traslado de los equipos a las instalaciones de la planta, así mismo, incluye la mano de obra de personal calificado para realizar la adecuación de cada uno de los componentes del sistema de recolección de material particulado en el área de secamiento según las necesidades de la operación en la empresa Agrocom SAS.

Tabla 8. Especificaciones de materiales

Item	Descripción
1	<p>Cuarto de Captación de Impurezas.</p> <p>Cuarto principal de 8,0 x 3,0 mts altura 6,10 mts</p> <p>Laterales con marco en perfil de 4"x1½" calibre 18.</p> <p>Lamina con dobleces para acople entre si Calibre 16 galvanizada.</p> <p>División interior transversal con cubierta arquitectónica galvanizada, material zing G60 y marcos en ángulo de 1¼"x3/16". (300x610 cm)</p> <p>Divisiones horizontales con marcos de 1¼"x3/16" y teja ondulada de zinc. (800x550 cm)</p> <p>Compuertas de ingreso para limpieza.</p> <p>Techo en lamina doblada calibre 16 galvanizada</p>
2	<p>Tubería conexión Ventiladores - Ciclones.</p> <p>14 Mts de tubería diámetro 48 cm en lamina cal 18 galvanizada con aros puntas</p> <p>6 Codos a 90° diámetro 48 cm con aros en puntas</p> <p>12 Aros en varilla cuadrada de 3/8" diámetro 48 cm</p> <p>12 Abrazaderas para tubería diámetro 48 cm</p>

3 Tubería conexión Ciclón - área Prelimpiadoras 10 puntos de succión.

6 Mts de tubería Ø 32 cm cal 18 galv con reducción de Ø 45 a Ø 32 altura 100 cm en lamina cal 18 galv con dos captaciones Ø 30 cm

3,60 mts de tubería Ø 28 cm cal 18 galv con una reducción de Ø 32 a Ø 28 cm con captación Ø 19,5 y Ø 15 cm cal 18 galv

4,8 mts de tubería Ø 19,5 cm cal 18 galv con una reducción de Ø 28 a Ø 19,5 cm con dos captaciones Ø 12 cm cal 18 galv

6 Mts de tubería Ø 15 cm cal 18 galv con dos reducciones Ø 19,5 a Ø 15 cm con dos captaciones Ø 12 cm c/u

12 Mts de tubería Ø 12 cm cal 18 galv con dos reducciones Ø 15 a Ø 12 cm con dos captaciones Ø 12 cm cal 18 galv

2 Anillos para tubería Ø 32 cm y 4 Aros en varilla

2 Anillos para tubería Ø 28 cm y 4 Aros en varilla

2 Anillos para tubería Ø 19,5 cm y 4 Aros en varilla

2 Anillos para tubería Ø 15 cm y 4 Aros en varilla

10 Anillos para tubería Ø 12 cm

Nota: Fuente Propia

Se analizó que al momento de que la planta arrocera requiera contratar los servicios para implementar el sistema por medio de una empresa reconocida del sector como es industrias molillano Ltda, va a encontrar como ventaja la prestación de un servicio muy completo gracias al nivel de experiencia que esta posee, al contar con recursos suficientes para cumplir con el objetivo de realizar la fabricación e instalación con los materiales apropiados, esto se debe a la gran variedad de proveedores que manejan para su suministro, y al llevarse a cabo de esta manera, Agrocom no va a tener que controlar las requisiciones, ni la calidad de los materiales porque el contratista se encarga directamente de dar manejo al tema de las garantías.

Tabla 9. Especificaciones de los equipos

Cantidad	Descripción
2	<p>Ciclones Helicoidal diámetro 1,60 mts.</p> <p>Cuerpo helicoidal altura 1,22 mts en lamina cal 14 CR. Cono diámetro 160 cm con brida en ángulo de 1½"x3/16". Altura estimada 3,50 mts. Acople para exclusiva en platina de 1½"x316 Parales en ángulo de 2½"x3/16", Tolva de salida diámetro 40 cm cal 18 galv</p>
2	<p>Exclusas para salida de ciclón</p> <p>Dos (2) Motoreductores para exclusiva de 1,5 Hp salida a 90 Rpm Compuestos así: Caracol en lamina cal 1/8 HR con soportes a base en ángulo de 2"x1/4. Base para rodamientos y motor en lamina cal 3/16 y ángulo de 2½"x1/4. Rotor con aletas en lamina cal 12 HR y disco principal cal 1/4 HR. Eje de 2¼" Ref.: 1045 y buje de 4" Ref.: 1020. Chumaceras de caja SN 513, rodamientos 22213 tipo pesado. Con Poleas de mando 13" y 12" 3 Canales tipo B</p>

18 Filtros de mangas para recolección impurezas.

18 Mangas filtrantes diámetro 38 cm largo 380 cm en poliacril tejido.
 18 Codos a 90° diámetro 38 cm calibre 18 galv.
 36 Abrazaderas en platina de 1"x1/8" para acople mangas.
 Una tolva de 56 cm x 800 cm largo en lamina galvanizada
 que recibe polvo a las mangas para cargue a sinfín.
 Un Transportador sinfín ref: 7" largo 800 cm. Compuesto así:
 Canal en lamina calibre 16, sinfín continuo en lam cal 12, tubo central AN
 de 1½", tapa en lamina cal 18, ejes y chumaceras de 1½".
 Transmisión de potencia paso 60
 Una exclusiva para ensaque tierra.
 Un motoreductor de 1 Hp salida a 60 Rpm

2 | Ventiladores Ref: 8048 para succión material particulado. Compuestos así:

Caracol en lamina cal 1/8 HR con soportes a base en
 ángulo de 2"x1/4.
 Base para rodamientos y motor en lamina cal 3/16 y
 ángulo de 2½"x1/4.
 Rotor con aletas en lamina cal 12 HR y disco
 principal cal 1/4 HR.
 Eje de 2¼" Ref.: 1045 y buje de 4" Ref.: 1020.
 Chumaceras de caja SN 513, rodamientos 22213 tipo pesado.
 Con Poleas de mando 13" y 12" 3 Canales tipo B

2 Motores de 25 Hp salida a 1800 Rpm

Nota: Fuente Propia

Se evidenció además la importancia de contar con el apoyo profesional y personal calificado para llevar a cabo la selección de los equipos apropiados para el diseño del sistema de recolección de material particulado en el área de secamiento de la planta Agrocom SAS.

Capítulo 6

Conclusiones

Se logró proponer un sistema de recolección de material particulado que se ajustara a las necesidades de la empresa, además de ser un sistema que se usa en este tipo de industria, se diseñó pensando en el espacio disponible y de tal forma que su mantenimiento no interviniera en el proceso productivo.

Para la caracterización de los procesos, maquinaria y equipos nos guiamos con la descripción propia de la empresa, ya que identificamos que, a pesar de ser un proceso productivo sencillo, cada empresa es independiente en nombrar sus áreas y sus actividades. Se tomó como referencia el manual de operaciones, documento facilitado por la empresa que contienen la descripción de sus operaciones.

La investigación del presente documento, atravesó por varias dificultades al momento de recolectar información de los sistemas existentes en industria, a pesar de la trascendencia histórica de industria arrocera, logramos reconocer que los avances tecnológicos no han sido significativos y las actividades que se realizan para producción de este grano siguen siendo las mismas que se han venido usando durante muchos años. Así que la información sobre el estado del arte de los sistemas de recolección de material particulado en la industria arrocera siendo tan limitado, se tomó como referencia de investigación otras industrias como lo es la metalúrgica, madereras, químicas entre otras.

Los sistemas de control sugeridos para la planta arrocera Agrocom SAS, no garantizan en el 100% el control de las emisiones de material particulado ya que las actividades propias de la adecuación del grano implican la separación de partículas conforme se disminuye gradualmente

la humedad además de su transporte continuo, pero si se evidenciaran cambios significativos en esta área, siendo los más beneficiados los trabajadores quienes se ven expuestos a este material particulado, consecuentemente se aumentará la productividad de la empresa además de la disminución de emisiones al medioambiente.

Para la selección de los equipos depuradores de aire, se determinó el uso de dos equipos que cumplen con la misma función “El Ciclón” y “El Filtro de mangas”, esto con el fin de que sea un sistema completo y eficiente; ya que en la investigación se demostró que el Ciclón captura las partículas de mayor tamaño como las PM10 (10 micras), desplazando las partículas más pequeñas al ambiente, de tal forma que el equipo de filtro de mangas complementaría el sistema para el control de esta partículas que se fugan en este proceso de recolección.

Es necesario realizar un montaje donde captación del material sea directamente a la fuente de emisión las cuales se consideran en donde se genera la descarga del cereal en los diferentes puntos del proceso que requiera la salida del grano de esta forma se asegura la efectividad del equipo en controlar y evitar la emisión del contaminante a la atmósfera.

Los equipos se pueden adquirir ya fabricados en el mercado, de tal forma que solo se requiere su instalación y puesta en marcha en la planta, pero así mismo requieren de una importante inversión, además del pago de los impuestos por importación y la capacitación del personal que se requieren para su manipulación, sin incluir repuesto y mano de obra especializada en caso de averías o fallas. Actualmente en Colombia existen empresas que se dedican a la fabricación, montaje e instalación de estos sistemas, en la región del Meta se encuentra la empresa Molillanos Ltda, con más de 30 años de experiencia en el desarrollo de

tecnología y equipos nacionales dedicados a la solución de las emisiones de material particulado derivadas del desarrollo de actividades económicas agroindustriales.

Capítulo 7

Recomendaciones

La solución inmediata para el control del material particulado en la planta arrocera Agrocom SAS es la instalación de un sistema de recolección por extracción localizada, pero es importante evaluar el desarrollo las actividades en el proceso productivo las cuales se pueden mejorar en pro del aumento de producción.

Es necesario evaluar la implementación de controles de ingeniería como la contención de los sistemas de transporte por las bandas transportadores que actualmente se lleva a cabo de manera expuesta. Otro control se encuentra en la recepción de este grano, de tal forma que sea captado de manera controlada en tolvas subterráneas desde la descarga de los camiones.

Uno de los aspectos más relevantes para comprender la afectación del material particulado, fue el mantenimiento y deterioro de los equipos e instalaciones, por esto la importancia de llevar de manera más rigurosa un plan de mantenimiento, de tal forma que no esté enfocado en la solución de los problemas sino por lo contrario a la prevención de estas fallas.

El diseño de este sistema de captación de material particulado tendrá éxito dependiendo en gran medida de su buen uso y esto implica también en su buen mantenimiento.

Lista de Referencias

- Acevedo Garcia, J. (2006). *Evaluación del riesgo para la salud humana asociado a la exposición a BTEX*. eBook. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=uOcmAgAAQBAJ&lpg=PA28&dq=la%20dosis%20externa%20es%20la%20cantidad%20de%20contaminante%20con%20la%20que%20los%20receptores%20entran%20en%20contacto%20por%20unidad%20de%20tiempo%20y%20peso%20corporal&pg=PA28#v=onepage&q>
- AGROCOM. (2020). *Manual Operativo de Producción de Arroz*. Villavicencio: Agropecuaria de Comercio SAS.
- Angarita Buitrago, J. P. (2007). *Determinación de la carga del material particulado que genera el sector de la molinería de arroz del área metropolitana de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Arciniégas Suárez, C. A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Revista Luna Azul*, núm. 34, 195, 207. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727348012>
- Barahona Suxe, N. R. (2019). *Propuesta de un sistema de aspiración localizado, para la extracción de material particulado de la cascarilla de arroz en el área de secado de la empresa Induamérica Trade S.A.* Lambayeque - Perú: Universidad Nacional Pedro Luis Gallo. Obtenido de <https://1library.co/document/yevdld0z-propuesta-aspiracion-localizado-extraccion-particulado-cascarilla-induamerica-bellavista.html>

- Benito Moreno, C. (2014). *Evaluación de los sistemas de control de emisiones de material particulado generados en la incineración de residuos peligrosos en un horno rotatorio*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <http://noesis.com>
- Bird, N. B. (2014). *Guía de buenas prácticas para acondicionamiento de semillas de granos básicos; infraestructura y equipamiento*. Nicaragua: INTA.
- Borbet, T. C., Gladson, L. A., & Cromar, K. R. (2018). Assessing air quality index awareness and use in Mexico City. *BMC Public Health*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1186/s12889-018-5418-5>
- Calzetti, F. (2015). *Estudio de Riesgo en sector Molienda de granos*. Universidad de la Fraternidad de Agrupaciones Santo Tomas de Aquino.
- Carnot Aracena, N. A. (2013). *Diseño e implementación de sistema haccp en planta de arroz preparado*. Santiago - Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114265/Diseno-e-implementacion-de-sistema-HACCP-en-planta-de-arroz-preparado.pdf?sequence=4>
- Chancafe Pisfil, L. K. (2019). *Propuesta de diseño de un sistema automatizado en el área de pre limpieza de arroz para incrementar la productividad en la empresa Molinerías Grupo Ram S.A.C*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/2223/TL_ChancafePisfilLiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y/2019
- Dharmasena, D., Jayatissa, D., Kumara, N., & Wijesinghe, D. (2005). Fabrication, testing and evaluation of a dust filtration system for small-scale spice grinding mills. *The Journal of Agricultural Sciences*, 50-58. doi:10.4038/jas.v1i2.8098

- Echeverri Londoño, C. A. (2006). Diseño óptimo de ciclones. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 123-139. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200011
- Hosseini, M. H., Mofateh, M., Sharifzadeh, G., & Shahryari, T. (2017). Incidence of physical complications in tile industry workers due to the occupational dust exposure. *Journal of Air Pollution and Health*, 169-174. Obtenido de <http://japh.tums.ac.ir>
- Isaza Dominguez, L. G., Hernández Alonso, E. J., Cuéllar Guarnizo, J. A., & Arango Carrillo, J. (2019). Monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad de Villavicencio. *Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad de Aire y Salud Pública*, 978. doi:10.1109/CASAP.2019.8916702
- Jaquet, M. N., & Velazquez, L. A. (2018). *Control de polvo en plataforma de descarga de cereales Granja Tres Arroyos, Molino Piensos*. Uruguay: Universidad Tecnológica Nacional. Obtenido de <https://1library.co/document/zp204o4y-control-plataforma-descarga-cereales-granja-arroyos-molino-piensos.html>
- Lerma González, H. D. (2016). *Metodología de la investigación. Propuestas, anteproyecto y proyecto 5ª Edición*. Bogotá: ECO EDISIONES.
- Mantulak, M. J., & Cruz, E. R. (2012). La revisión ambiental en la industria arrocera. *Cienciarred*. Obtenido de http://www.cienciarred.com.ar/ra/usr/15/138/la_revision_ambiental_en_la_industria_arrocera.pdf
- Martínez Varona, M., Soto Guevara, I., Fernández Torres, R., Roig Rassi, A., Meneses Ruiz, E., & Maldonado Cantillo, G. (2017). Comportamiento de la fracción de PM10 en zona

cercana a un molino de arroz. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 1529-1533. doi:17 (3): 1529-1533

Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. (2008). *Resolución 909 Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la*.

Colombia: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0->

[Resoluci%C3%B3n%20909%20de%202008%20-%20](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-Resoluci%C3%B3n%20909%20de%202008%20-%20Normas%20y%20est%C3%A1ndares%20de%20emisi%C3%B3n%20de%20Fuentes%20fijas.pdf)

[%20Normas%20y%20est%C3%A1ndares%20de%20emisi%C3%B3n%20de%20Fuentes%20fijas.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-Resoluci%C3%B3n%20909%20de%202008%20-%20Normas%20y%20est%C3%A1ndares%20de%20emisi%C3%B3n%20de%20Fuentes%20fijas.pdf)

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). *Manual de operacion de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*. Bogotá: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Obtenido de

https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Operaci%C3%B3n.pdf

Moreno, C. A. (2014). *Evaluación de los Sistemas de control de emisiones de material particulado generados en las incineracion de residuos peligrosos en un horno rotatorio*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Peralta Catillo, G. (2001). *Calculo y diseño fluidodinámico de un filtro de mangas (Tipo Pulse Jet) para particulas minerales de tipo industrial*. Guayaquil - Ecuador: Escuela superior politécnica del Litoral. Obtenido de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4709/1/7231.pdf>

Pérez Triana, E. Y. (2019). *Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos comparados con fertilización convencional, en el cultivo de arroz (Oryza sativa L) variedad victoria1039*

- en el municipio de Villavicencio departamento del Meta. Villavicencio - Meta:*
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. Obtenido de
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/28026>
- Pk, P., & Mrinmoy, B. (2016). Mechanical intervention for reducing dust concentration in traditional rice mills. *J-STAGE Advance*, 361-365. Obtenido de
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4963544/>
- Rodríguez Severiche, A. (2019). *INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE*. Barranquilla: Control de contaminación Ltda.
- Salazar, S. C. (2015). *Departamento del Meta*. Obtenido de Altomira Reserva Natural Privada:
<https://altomira.co/2015/12/11/departamento-del-meta/>
- Sánchez Coronado, E. M., Herrera Arellano, M. D., Bautista Bautista, A. N., & Galván Chávez, J. M. (2018). Sistema de control de velocidad de sistema de expulsión de polvo por aire aplicado. *Revista de Cómputo Aplicado*, 2(8), 12-18.
- Sierra Herrero, A., & Nasser Olea, M. (2012). LA RESPONSABILIDAD DEL EMPLEADOR POR ENFERMEDADES PROFESIONALES DE SUS TRABAJADORES: ENFOQUE JURISPRUDENCIAL. *Revista chilena de derecho*, 57-76. Obtenido de
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34372012000100004>
- Sostenible, M. d. (Mayo de 2021). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1801-plantilla->
- Wang, B., Liu, H., Zhou, C., Huo, H., Dong, K., & Jiang, Y. (2020). Enhancing the collection efficiency of a gas cyclone with atomization and electrostatic charging. 562-571.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.01.062>

Wendeler, D. M. (2018). *Análisis de la carga de material particulado generado por la industria arroceras en el pueblo de los Charrúas*. Charruas: Universidad Tecnológica Nacional.

Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12272/2926>

Yuquilema Vilema, R. C. (2018). *Material particulado en el área de empaque de harina en industrias molineras y su relación con la afectación a la salud de los trabajadores*.

Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28493>

Anexos

Anexo 1. Formato de Inspección Planeada

		FORMATO DE INSPECCION PLANEADA			
I. INFORMACIÓN GENERAL					
AREA:					INSPECCION N°
EMPRESA:					
FECHA DE REALIZACION:					
RESPONSABLE(S) DE EFECTUARLA:					
II. INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN PLANEADA - CONDICIONES					
Marque con una X la respuesta según corresponda: SI - NO - NO APLICA (NA)					
CONDICIÓN	CONTROL DEL RIESGO			HALLAZGOS	
	EXISTENTE	SI	NO		NA
1. CONDICIONES DE SEGURIDAD					
Locativos: (Superficies de trabajo: Irregularidades, con diferencia del nivel, cintas, tapetes, escaleras, antideslizantes, muelles y otros)					
Seguridad Estructural: El lugar de trabajo posee la estructura y solidez apropiadas.					
El piso es regular, uniforme y se encuentra en buen estado.					
Los pasillos se encuentran libres de obstáculos como cajas u otros elementos.					
Los pasillos internos de las oficina están libres de obstáculos.					
Las áreas de trabajo asignadas a cada trabajador son adecuadas en espacio.					
El estado de superficies de trabajo (pisos, tapetes, escaleras, pasillos u otros) son adecuadas.					
El (los) Puesto(s) de trabajo permanece(n) ordenado(s), limpio(s), sin basuras o elementos que no se usan en el trabajo (se aplica el programa de las 5'S de la Unidad).					
Las ventanas y dispositivos de ventilación son de segura manipulación (apertura, cierre y limpieza)					
Se realiza un mantenimiento de los sistemas mecánicos de ventilación general.					
Las escaleras cuentan con doble baranda y cintas antideslizantes en los pasos.					
La estantería y los archivos están en buen estado y asegurados a la pared o piso y los elementos se encuentran almacenados correctamente.					
Instalaciones Eléctricas: alta y baja tensión, estática					
Los equipos eléctricos tienen conexión a tierra.					
Las conexiones eléctricas son utilizadas de forma segura.					
Los interruptores y tomas de energía están en buen estado.					
Las canalizaciones fijas de cables a nivel de piso disponen de protección.					
Los conductores eléctricos mantienen su aislamiento en todo el recorrido y los empalmes y conexiones se realizan de manera adecuada.					
Los trabajos de mantenimiento se realizan por personal formado y con experiencia y se dispone de los elementos de protección exigibles.					
El estado de cables de datos, telefonía, equipos, etc., esta en buenas condiciones.					
Se cuenta con la señalización de riesgo eléctrico en todos los puntos identificados.					
Mecánico: elementos de oficina, equipos, herramientas, materiales proyectados sólidos o fluidos.					
La utilización de equipos, herramientas, materiales, etc., garantizan la prevención de riesgo de cortes, caída de objetos o sobreesfuerzos.					
Los elementos, herramientas y equipos de oficina se encuentran en buen estado.					
Tecnológico- Incendio y Explosión					
Se cuenta con extintores en cada piso, ubicados estratégicamente, visibles y libres de obstáculos.					
Se realizó inspección de extintores en el ultimo mes.					
El estado de gabinetes contra incendio es adecuado.					

Se percibe confort térmico en las áreas de trabajo.					
Están controlados los cambios bruscos de temperatura.					
Las áreas de trabajo cuentan con sistema de ventilación natural o artificial.					
Radiaciones					
Están controladas las fuentes de emisión de radiaciones electromagnéticas ionizantes y no ionizantes.					
Vibraciones					
Están controladas las fuentes de vibraciones en las áreas de trabajo.					
BIOLÓGICOS					
Se controlan las fuentes (personas, animales o elementos), de posibles contaminantes biológicos.					
Está establecido y se cumple un programa para la limpieza, desinfección del lugar de trabajo.					
El estado de limpieza y funcionamiento de los servicios sanitarios es adecuado.					
En el último año se ha realizado manejo y control de plagas (fumigaciones).					
3. BIOMECÁNICOS					
CARGA FÍSICA					
El trabajo permite combinar la posición de pie y sentado.					
Se mantienen los brazos en la posición adecuada en el puesto de trabajo por los funcionarios.					
Las tareas de carga postural dinámica están controladas.					
Se utilizan los medios adecuados para levantamiento o manipulación de cargas para evitar sobreesfuerzos.					
Se realizan pausas activas para mejorar las condiciones laborales.					
Los funcionarios evitan las posturas inadecuadas.					
POSTURA					
Las dimensiones de la superficie de trabajo son suficientes para situar todos los elementos (pantallas, teclado, documentos, material accesorio) cómodamente.					
El puesto de trabajo cuenta con espacio suficiente para apoyar manos y/o antebrazos.					
La silla de trabajo cumple con normas ergonómicas.					
El puesto de trabajo cuenta con espacio suficiente para variar la posición de extremidades inferiores.					
La pantalla está ubicada a la altura de los ojos y de tal manera que evite reflejos de luz.					
IV. PSICOSOCIAL					
Los factores de condiciones de trabajo permiten desarrollar las actividades en un ambiente laboral favorable.					
La atención al público se realiza en condiciones favorables para el trabajador.					
El nivel de atención requerido para la ejecución de la tarea permite descansos adecuados.					
El trabajo permite la alternancia de tareas o la ejecución de tareas variadas.					
El trabajador tiene la posibilidad de controlar las tareas asignadas.					
Para la asignación de tareas se tienen en cuenta la opinión de los trabajadores.					
Se percibe un ambiente laboral adecuado entre los compañeros.					
La organización del tiempo de trabajo es adecuada.					
V. DOTACIÓN Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL					
El uso de los E.P.P. es adecuado y acorde a la tarea.					
La Unidad entrega oportunamente los E.P.P.					
Se realiza capacitación en el uso, inspección y cuidado de los E.P.P.					
OBSERVACIONES					

Fuente Propia

Anexo 2. Formato Cuestionario Entrevista

UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO		FORMATO DE CUESTIONARIO - ENTREVISTA			
I. INFORMACIÓN GENERAL					
AREA:		CUESTIONARIO N°			
EMPRESA:		FECHA DE REALIZACIÓN:			
ENTREVISTADO:		CARGO:			
II. CUESTIONARIO - ENTREVISTA					
Marque con una X la respuesta según corresponda SI - NO - NO APLICA (NA)					
ITEM	PREGUNTAS	SI	NO	NA	COMENTARIOS
1	Trabajadores				
	Deterioro de la estructura				
	Calidad del producto				
	Mantenimiento de los equipos				
	Sobrecostos y/o disminución de la producción				
	Medio ambiente				
	Pérdidas de materia prima o insumos				
2	¿Considera que existe una actividad u hora del día se genera mayor cantidad de material particulado en el área?				
3	¿La empresa cuenta con la estandarización de sus procesos?				
4	¿Dentro del SG-SST en el plan de Higiene Industrial se realizan evaluaciones por condiciones ambientales a los trabajadores?				
5	¿Se han presentado paradas imprevistas en la planta consecuente a una falla de los equipos/máquinas debido a la cantidad de material particulado generado?				
6	¿En el plan de mantenimiento se ha contemplado algún sistema de contención para la estructura o intervención en los equipos/máquinas?				
7	¿La empresa ha realizado el estudio de calidad de aire en el último año?				
8	¿Han tenido hallazgos o sanciones consecuente a las emisiones de material particulado?				
9	¿Es muy frecuente la limpieza general a la planta y los equipos/máquinaria?				
10	¿Considera que el material particulado ha disminuido la vida útil de los equipos/máquinaria?				
11	¿Cuentan con el registro histórico de fallas?				
12	¿Cuentan con el plan de integral de manejo y disposición final de residuos?				

Fuente Propia

Anexo 3. Carta de solicitud de Informe de Calidad del Aire (ICA)



Villavicencio, 06 de agosto de 2020

Señores

**AGROPECUARIA DE COMERCIO SAS
CAROLINA BARBOSA
JEFE DE PLANTA**

ASUNTO: Solicitud último Informe técnico de calidad del aire por material particulado

Teniendo en cuenta que como estudiantes de noveno semestre de Ingeniería Industrial de la universidad Antonio Nariño sede Villavicencio nos encontramos autorizadas para trabajar en nuestro proyecto de grado titulado como Propuesta de diseño de un sistema para la recolección del material particulado (área de secamiento de arroz empresa amocera Agrocom SAS - Villavicencio); solicitamos su colaboración suministrando el último Informe técnico de calidad del aire por material particulado realizado por la empresa, esto con el fin de hacer una revisión al documento y a los resultados del Informe.

Agradecemos la atención prestada.

Catalina Rodríguez hurtado
Estudiante Ing. Industrial
3124559877
Arrodriguez17@uan.edu.co

Karol Stefany Agullón Montes
Estudiante Ing. Industrial
3205381930
kaagullon21@uan.edu.co

Fuente: Propia

Anexo 4. Cotización para fabricación y montaje de sistema de captación de material particulado.

 Industrias MOLILLANO LTDA. MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL Fabricación, Montaje y Mantenimiento de toda clase de Maquinaria Arrocerera	
Villavicencio, Diciembre 14 de 2020.	
Señores: AGROCOM S.A.	
REF: COTIZACIÓN No. 041	
Por medio de la presente me permito cotizar la realización de los siguientes trabajos:	
<< Dos (2) Ciclones Helicoidales diámetro 1,60 mts. * Cuerpo helicoidal altura 1,22 mts en lamina cal 14 CR. * Cono diámetro 160 cm con brida en ángulo de 1½"x3/16". * Altura estimada 3,50 mts. * Acople para exclusiva en platina de 1½"x3/16 * Parales en ángulo de 2½"x3/16", * Tolva de salida diámetro 40 cm cal 18 galv.....	12.700.000,00
<< Dos Exclusas para salida de ciclón.....	7.360.000,00
<< Dos (2) Motoreductores para exclusiva de 1,5 Hp salida a 90 Rpm.....	4.970.000,00
<< Dos (2) Ventiladores Ref: 8048 para succión material particulado. Compuestos así: * Caracol en lamina cal 1/8 HR con soportes a base en ángulo de 2"x1/4. * Base para rodamientos y motor en lamina cal 3/16 y ángulo de 2½"x1/4. * Rotor con aletas en lamina cal 12 HR y disco principal cal 1/4 HR. * Eje de 2¼" Ref.: 1045 y buje de 4" Ref.: 1020. * Chumaceras de caja SN 513, rodamientos 22213 tipo pesado. * Con Poleas de mando 13" y 12" 3 Canales tipo B.....	17.840.000,00
<< Dos (2) Motores de 25 Hp salida a 1800 Rpm.....	6.400.000,00
<< Tubería conexión Ventiladores - Ciclones. * 14 Mts de tubería diámetro 48 cm en lamina cal 18 galvanizada con aros puntas.....	1.740.000,00
* 6 Codos a 90° diámetro 48 cm con aros en puntas.....	1.794.000,00
* 12 Aros en varilla cuadrada de 3/8" diámetro 48 cm.....	331.200,00
* 12 Abrazaderas para tubería diámetro 48 cm.....	56.400,00
<< Tubería conexión Ciclón - Área Prelimpladoras 10 puntos de succión. * Reducción de ø 45 a ø 32 altura 100 cm en lamina cal 18 galv con dos captaciones ø 30 cm.....	170.000,00
* 6 Mts de tubería ø 32 cm cal 18 galv.....	586.500,00
* Una reducción de ø 32 a ø 28 cm con captación ø 19,5 y ø 15 cm cal 18 galv.....	165.000,00
* 3,60 mts de tubería ø 28 cal 18 galv.....	330.000,00
* Una reducción de ø 28 a ø 19,5 cm con dos captaciones ø 12 cm cal 18 galv.....	123.000,00
* 4,8 mts de tubería ø 19,5 cm cal 18 galv.....	364.300,00
* Dos reducciones ø 19,5 a ø 15 cm con dos captaciones ø 12 cm c/u.....	150.600,00



Industrias MOLLANO LTDA. MAQUINARIA AGROINDUSTRIAL
Fabricación, Montaje y Mantenimiento de toda clase de Maquinaria Arrocera

* 6 Mts de tubería Ø 15 cm cal 18 galv.....	405.720,00
* Dos reducciones Ø 15 a Ø 12 cm con dos captaciones Ø 12 cm cal 18 galv.....	114.770,00
* 12 Mts de tubería Ø 12 cm cal 18 galv.....	745.200,00
* 2 Anillos para tubería Ø 32 cm y 4 Aros en varilla.....	131.100,00
* 2 Anillos para tubería Ø 28 cm y 4 Aros en varilla.....	115.450,00
* 2 Anillos para tubería Ø 19,5 cm y 4 Aros en varilla.....	86.300,00
* 2 Anillos para tubería Ø 15 cm y 4 Aros en varilla.....	66.700,00
* 10 Anillos para tubería Ø 12 cm.....	112.700,00
< Tubería conexión Ciclón - Área Secadoras Torre 8 puntos de succión.	
* 10 Mts de tubería Ø 30 cm en lamina cal 18 galv.....	943.000,00
* Dos reducciones de Ø 30 a Ø 25 cm con captación captación Ø 15 cm.....	295.000,00
* 6 Mts de tubería Ø 15 cm cal 18 galv.....	405.700,00
* 4,8 mts de tubería Ø 25 cm cal 18 galv.....	415.200,00
* Dos reducciones de Ø 25 a Ø 15 cm cal 18 galvanizada con captación Ø 12 cm.....	234.600,00
* Reducción de Ø 15 a Ø 12 cm cal 18 galv con dos captaciones Ø 12 cm.....	114.770,00
* 8 Mts de tubería Ø 12 cm cal 18 galv.....	496.800,00
* 4 Campanas para aspiración sobre transportadores.....	391.000,00
* 4 Anillos para tubería Ø 30 cm y 8 Aros en varilla.....	248.400,00
* 2 Anillos para tubería Ø 25 cm y 4 Aros en varilla.....	109.000,00
* 4 Anillos para tubería Ø 15 cm y 8 Aros en varilla.....	133.000,00
* 8 Anillos para tubería Ø 12 cm.....	90.200,00
* 25 Mts de manguera para succión Ø 5".....	1.650.000,00
TOTAL	62.385.620,00

SON: SESENTA Y DOS MILLONES TRESCIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL SEISCIENTOS VEINTE PESOS MCTE.

FORMA DE PAGO: 50% a la confirmación de la cotización y 50% a la entrega.

NOTA: En el valor total no está incluido el Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.)

No se incluyen la instalación de la parte eléctrica, materiales adicionales ni equipos faltantes no cotizados.

DURACION DE LA OFERTA: 20 Días calendario.

Cordialmente,



GIOVANNI HERNANDEZ C.
Ing. Industrial



Villavicencio, Diciembre 14 de 2020.

Señores:
AGROCOM S.A.

REF: COTIZACIÓN No. 041

Por medio de la presente me permito cotizar la fabricación de los siguientes equipos:

Sistema Captacion Impurezas.

<ul style="list-style-type: none"> ◀ Cuarto principal de 8,0 x 3,0 mts altura 6, 10 mts <ul style="list-style-type: none"> * Laterales con marco en perfil de 4"x1½" calibre 18. * Lamina con dobleses para acople entre sí. Calibre 16 galvanizada. * División Interior transversal con cubierta arquitectonica galvanizada, material zing G60 y marcos en angulo de 1½"x3/16". (300x510 cm) * Divisiones horizontales con marcos de 1½"x3/16" y teja ondulada de zinc. (800x550 cm) * Compuertas de Ingreso para limpieza. * Techo en lamina doblada calibre 16 galvanizada..... 	32.400.000,00
<ul style="list-style-type: none"> ◀ Sistema de mangas para recoleccion Impurezas. <ul style="list-style-type: none"> * 18 Mangas filtrantes diametro 38 cm largo 380 cm en poliacril tejido. * 18 Codos a 90° diametro 38 cm calibre 18 galv. * 36 Abrazaderas en platina de 1"x1/8" para acople mangas. * Una tolva de 56 cm x 800 cm largo en lamina galvanizada que recibe polvo a las mangas para cargue a sifin. * Un Transportador sifin ref: 7" largo 800 cm. Compuesto así: Canal en lamina calibre 16, sifin continuo en lam cal 12, tubo central AN de 1½", tapa en lamina cal 18, ejes y chumaceras de 1½". * Transmisión de potencia paso 60 * Una exclusiva para ensaque tierra. * Un motoreductor de 1 Hp salida a 60 Rpm..... 	16.780.000,00
TOTAL	49.180.000,00

SON: CUARENTA Y NUEVE MILLONES CIENTO OCHENTA MIL PESOS MCTE.

FORMA DE PAGO: 50% a la confirmación de la cotización y 25% a la entrega y 25% a la instalación.

NOTA: En el valor total no está incluido el Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.)

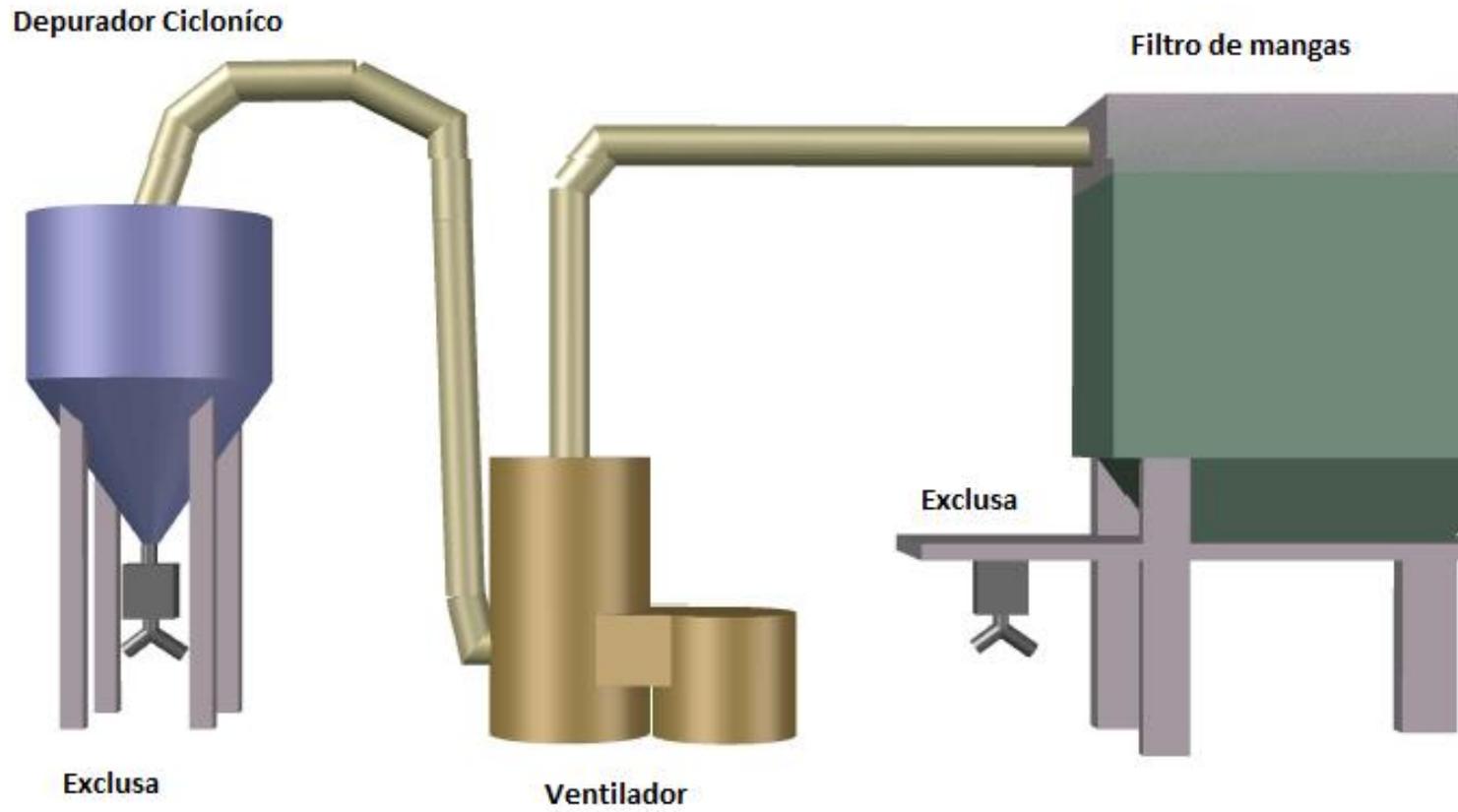
No incluyendo fletes ni equipos faltantes no cotizados.

DURACION DE LA OFERTA: 20 Días calendario.

Cordialmente,

GIOVANNI HERNANDEZ C.
Ing. Industrial

Anexo 5. Componentes del Sistema de succión de material particulado



Anexo 6. Plano general Área de Secamiento Planta Arrocera Agrocom SAS

