

**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO - FRACCIÓN RESPIRABLE, EN EL
PROCESO DE MOLIENDA DE CASCOS Y CUERNOS DE BOVINO PARA LA
EMPRESA SUGACOR S.A.S EN CERETÉ- CÓRDOBA**



SUGACOR S.A.S.

FREDDY ALEXANDER FERNÁNDEZ DELGADO

GELSON JOSÉ GUERRA LÓPEZ

JOHAN JAVIER POLO PINEDA

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESP HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

MONTERÍA, CÓRDOBA

2024

***Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión
para la transformación del territorio.***

Carrera 6ª. No. 77-305 Montería - NIT. 891080031-3

www.unicordoba.edu.co



La responsabilidad ética, legal y científica, de las ideas, conceptos, y resultados del proyecto de investigación, serán responsabilidad de los autores.

Artículo 59, Acuerdo N° 022 del 21 de febrero de 2018 del Consejo Superior.

Tener en cuenta los Artículos y directrices establecidos la Resolución 1775, del 21 de agosto de 2019. En donde se establecen las directrices y las políticas de funcionamiento del repositorio institucional de la Universidad de Córdoba (Artículos tercero, octavo, once, entre otros).

“11 – BUENA FE: La universidad considera que la producción intelectual que, los profesores, funcionarios administrativos y estudiantes le presenten, es realizada por éstos, y que no han transgredido los derechos de otras personas. En consecuencia, la aceptará, protegerá, publicará y explotará, según corresponda y lo considere pertinente”. Artículo 1, Acuerdo N° 045 del 25 de mayo de 2018 del Consejo Superior.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.....	7
2.1	UBICACIÓN DE LA EMPRESA SUGACOR S.A.S	8
2.2	MISIÓN	8
2.3	VISIÓN	8
2.4	VALORES	9
2.4.1	Valores Corporativos.....	9
2.5	ORGANIGRAMA	10
2.6	MAPA DE PROCESOS	11
2.7	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE	12
2.8	JORNADA DE TRABAJO.....	13
2.9	ÁREA DE TRABAJO	14
2.10	MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	14
2.11	MAQUINAS E INSUMOS.....	15
3.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
4.	MARCO REFERENCIAL MATERIAL PARTICULADO - FRACCIÓN RESPIRABLE.....	18
4.1.	MARCO TEÓRICO.....	18
4.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	23
4.3.	MARCO LEGAL	24
5.	JUSTIFICACIÓN	25
6.	OBJETIVOS	26
6.1.	OBJETIVO GENERAL	26
6.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
7.	METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO.....	27
7.1	LUGAR DE MEDICIÓN.....	29

7.2 TÉCNICA DE MEDICIÓN	30
7.3 EQUIPOS UTILIZADOS	30
7.4 ESTRATEGIA DE MUESTREO: PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN	31
7.5 NORMAS Y REGLAMENTOS UTILIZADOS	32
7.6 CRITERIOS DE VALORIZACIÓN O PRIORIZACIÓN	33
8. RESULTADOS.....	34
9. RECOMENDACIONES Y ACCIONES FUTURAS	37
10. CONCLUSIONES	39
11. BIBLIOGRAFÍA	40
12. ANEXOS	42

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	14
TABLA 2. MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS.....	15
TABLA 3. MARCO LEGAL	24
TABLA 4. ANÁLISIS A LA MUESTRA 1.....	34
TABLA 5. ANÁLISIS A LA MUESTRA 2.....	35

LISTADO DE FIGURAS

FIGURE 1. UBICACIÓN DE SUGACOR S.A.S	8
FIGURA 2. ORGANIGRAMA	10
FIGURA 3. MAPA DE PROCESOS	11

LISTADO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA DE FLUJO.....	12
ILUSTRACIÓN 2. DIAGRAMA DE RECORRIDO QUE HACE EL TRABAJADOR EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN	13

1. INTRODUCCIÓN

La molienda de los cuernos y cascos de bovinos es una actividad común en la industria de procesamiento de subproductos animales, con diversos usos en aplicaciones como la fabricación de fertilizantes, productos farmacéuticos y aditivos para piensos.

La exposición a altos niveles de material particulado - fracción respirable puede tener efectos adversos en la salud de los trabajadores de la industria y la calidad del aire en el entorno de la planta de molienda. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo una medición precisa y sistemática para evaluar los niveles de material particulado - fracción respirable y comprender sus características y comportamiento.

SUGACOR S.A.S es una empresa líder en la producción de biofertilizantes, su enfoque se centra en la implementación de prácticas sostenibles y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales. Mediante su innovador proceso, transforman los cascos y cuernos de bovinos, antes considerados residuos, en una valiosa fuente de nutrientes y materia orgánica.

El objetivo principal de este estudio es evaluar la cantidad del material particulado - fracción respirable producido en el contexto de la elaboración de los biofertilizantes por la empresa SUGACOR S.A.S. Asimismo, se busca comprender el potencial impacto ambiental y la exposición del personal humano.

A través de mediciones precisas, se analizará la composición y características del material particulado - fracción respirable generado. Los resultados obtenidos permitirán obtener conclusiones claras sobre el impacto ambiental y en los trabajadores de la producción de biofertilizantes a partir de los cascos y cuernos de bovinos, lo cual proporcionará información valiosa para la toma de decisiones y la implementación de medidas de mitigación en SUGACOR y otras empresas del sector.

El material particulado - fracción respirable, compuesto por partículas sólidas suspendidas en el aire, es una preocupación importante en el ámbito de la higiene industrial debido a sus posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente (Agencia de protección ambiental de Estados Unidos, 2023).

Los resultados obtenidos en este proyecto servirán como punto de partida a la hora de tomar decisiones sobre la gestión de la higiene industrial y la implementación de medidas de control adecuadas. Con un enfoque en la salud y el bienestar de los trabajadores y el cumplimiento de las normativas ambientales (Resolución 2254 de 2017), la cual establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional para garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana; se podrán establecer pautas y procedimientos para reducir los niveles de material particulado - fracción respirable y mejorar la calidad del aire en el entorno de la planta SUGACOR S.A.S.

2. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

SUGACOR S.A.S es una empresa comercializadora y productora de biofertilizantes, tiene como propósito principal ser capaz de presentar un producto innovador en el mercado local y regional, e internacional, adoptando estrategias que garanticen viabilidad y beneficios a corto, mediano y largo plazo, teniendo una perspectiva futurista sobre los avances que incurren al pasar del tiempo. Así mismo, busca también generar un impacto cultural, social y económico de la empresa y la región en el mercado de los subproductos y los fertilizantes a base de material que resulta del sacrificio y el beneficio de ganado bovino, caprino, bufalino y porcino, que contribuya a mejorar la situación actual de la región brindando oportunidades que fomente el empleo y el desarrollo económico del personal de la región.

2.1 UBICACIÓN DE LA EMPRESA SUGACOR S.A.S

La planta de transformación de subproductos se encuentra dentro de las instalaciones del complejo de bodegas del antiguo ACOSINU, el cual se encuentra ubicado sobre la vía Cereté – Martínez, en el municipio de Cereté.



Figure 1. Ubicación de SUGACOR S.A.S

2.2 MISIÓN

SUGACOR S.A.S, empresa dedicada a la elaboración y comercialización Fabricación de Biofertilizantes, ofreciendo un producto de calidad, implementando las BPM, contando con la mejor tecnología con el fin de lograr un producto que cumpla con los estándares de inocuidad y brindar una buena alternativa de fertilizantes amigables con el medio ambiente, producto del sacrificio de bovinos, apostándole al desarrollo del sector y generando en la región, mejorando la calidad de vida de todos nuestros futuros clientes y socios.

2.3 VISIÓN

SUGACOR S.A.S, empresa dedicada a la elaboración y comercialización Fabricación de Biofertilizantes, ofreciendo un producto de calidad, implementando las BPM, contando con la mejor tecnología con el fin de lograr un producto que cumpla con los estándares de inocuidad y

**Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión
para la transformación del territorio.**

Carrera 6ª. No. 77-305 Montería - NIT. 891080031-3

www.unicordoba.edu.co



brindar una buena alternativa de fertilizantes amigables con el medio ambiente, producto del sacrificio de bovinos, apostándole al desarrollo del sector y generando en la región, mejorando la calidad de vida de todos nuestros futuros clientes y socios.

2.4 VALORES

SUGACOR S.A.S adoptara e implementara como política principal en el mercado de Biofertilizantes; regirse por valores, categorizados entre los que están: valores humanos y valores organizacionales que ayudan a constituirnos como una empresa comprometida en la buena calidad de nuestros productos y satisfacción de nuestros clientes reflejándonos en la Calidad De Nuestros Productos.

2.4.1 Valores Corporativos

- **RESPONSABILIDAD:** Asumir nuestras funciones y deberes dentro de la organización con la convicción y certeza de cumplirlas de manera eficaz, eficiente y oportuna.
- **SOLIDARIDAD:** Nos sentimos comprometidos con la organización y asumimos que nuestras acciones afectan a los demás.
- **TRABAJO EN EQUIPO:** Acciones compartidas y coordinadas, orientadas a alcanzar los objetivos propuestos.
- **CONFIANZA:** Cumplimos con lo prometido al ofrecer los mejores productos y servicios a un precio justo y razonable.
- **ESPIRITUALIDAD:** Determina el grado de felicidad al realizar nuestras labores dándonos fortaleza, motivándonos, estableciendo una relación con Dios como un medio para obtener la plenitud y la paz espiritual.
- **DISCIPLINA:** Nos basamos en la disciplina de estar a tiempo para cumplir nuestras obligaciones, moldeando nuestro carácter con orden y eficacia, como condición para realizar más actividades y desempeñar mejor nuestro trabajo.

- **RESPETO:** Brindar a las personas un trato digno y sin discriminaciones, que permita mantener la decisión auténtica de no transgredir los derechos de los individuos y de la sociedad.
- **VOCACIÓN DE SERVICIO:** Disposición habitual a brindar atención satisfactoria y con responsabilidad. Ofrecer una óptima calidad de servicio a los clientes y usuarios, mediante el desarrollo de productos y servicios que respondan a sus necesidades, expectativas y percepción de los clientes
- **CALIDAD:** Todos nuestros procesos están enfocados a entregar un producto de alta calidad, brindando a los clientes confiabilidad en sus estándares, Ajustándonos a la norma ISO 9001, ISO 14001 y sus disposiciones.
- **INNOVACION:** Encaminamos nuestros esfuerzos a la creación y mejoramiento continuo de los procesos, dándole un valor agregado, generando un modelo empresarial flexible de acuerdo con las necesidades del mercado, soportado en desarrollos tecnológicos.

2.5 ORGANIGRAMA

La empresa SUGACOR S.A.S está constituida por los 3 accionistas mayoritarios líderes de la empresa, que a su vez delegan las funciones básicas divididas en las áreas de: contabilidad, administración y la parte operativa

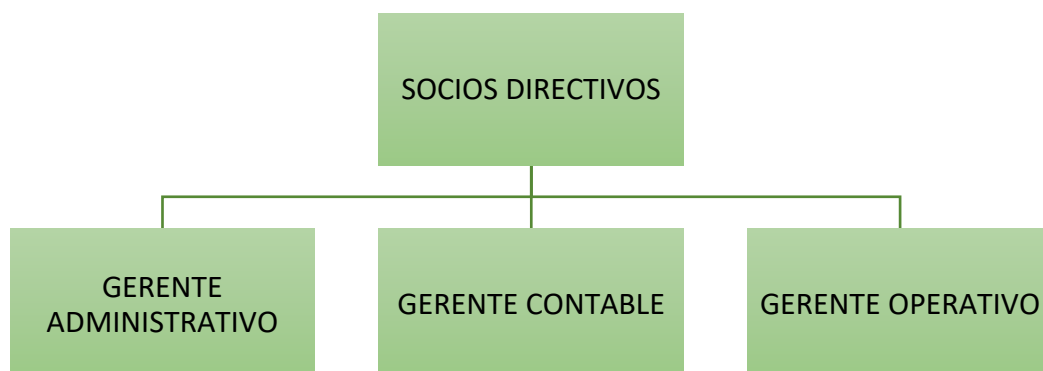


Figura 2. Organigrama

2.6 MAPA DE PROCESOS

La empresa SUGACOR S.A.S está compuesta por tres (3) macro procesos divididos en: estratégico, operativo y de apoyo; dentro de los procesos estratégicos se encuentran aquellos que son de vital importancia para el sostenimiento de la empresa y que agregan todo el valor económico y de sustentabilidad, esos procesos son los de: compra de materia, la cual se utiliza para la elaboración de los biofertilizantes, la administración del recurso humano que sin este sería imposible la productividad de la organización y las ventas que es el paso final y el que logra la estabilidad en el tiempo de la empresa SUGACOR.

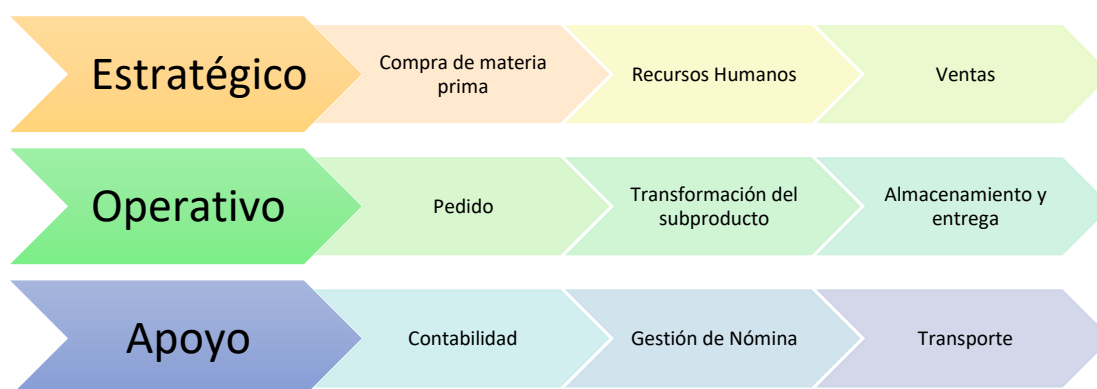


Figura 3. Mapa De Procesos

Luego, encontramos los procesos operativos donde están inmersos las actividades relacionadas con el producto principal, este proceso consta de diferentes etapas como las de orden de pedido, la transformación del subproducto y la entrega final del producto ya transformado. Por último, en los procesos de apoyo contamos con tareas que brindan soporte al resto de la empresa, tales como: procesos contables, de nómina y transporte; todos estos brindan la ayuda necesaria para el sustento de la empresa SUGACOR.

2.7 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE

En el diagrama de flujo de producción de biofertilizantes (a base de cuernos de bovino o cascos) se puede evidenciar que se tiene dos (2) actividades de transporte, estas ocurren en el traslado de un proceso a otro, también se evidencia que se tiene una operación, se tienen dos (2) actividades combinadas de inspección de calidad del producto y operación, por último, se tiene una actividad de almacenamiento del producto final a despachar. Número uno (1) muestra el resumen de las actividades realizadas en el diagrama de flujo.

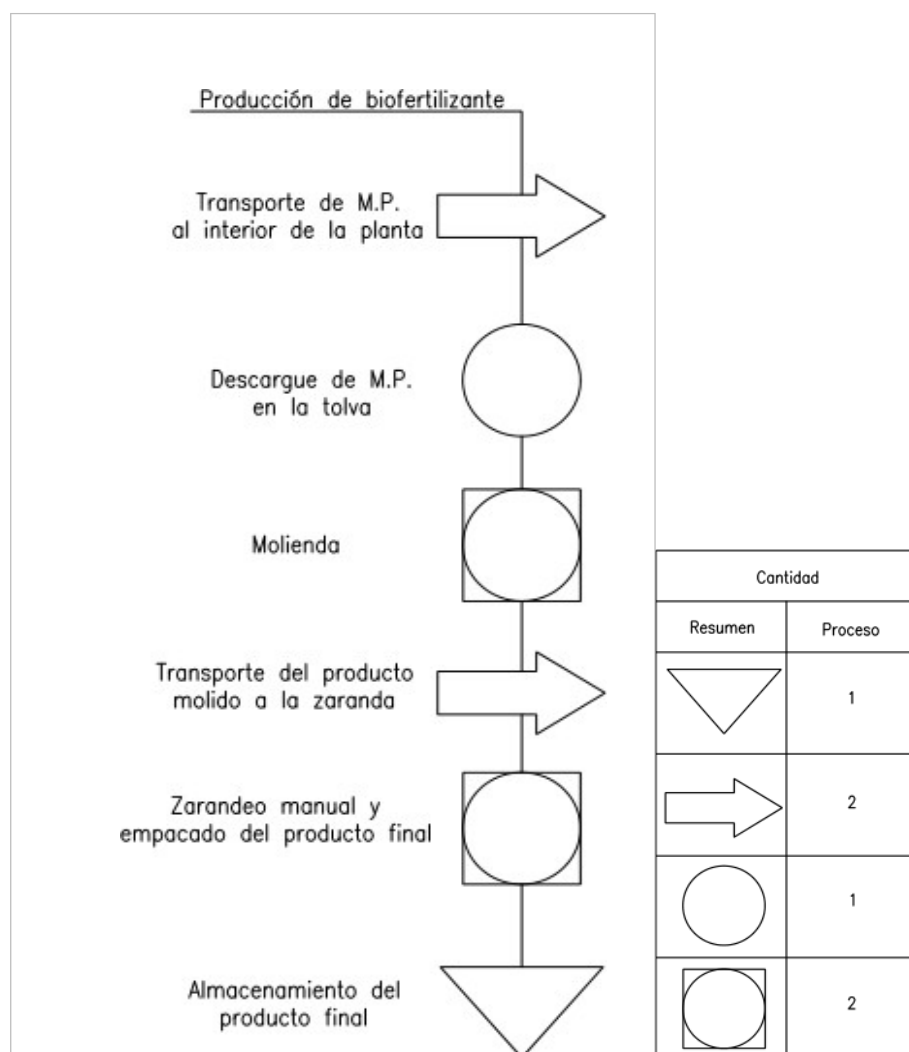


Ilustración 1. Diagrama de Flujo

**Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión
para la transformación del territorio.**
Carrera 6ª. No. 77-305 Montería - NIT. 891080031-3
www.unicordoba.edu.co



Con el propósito de visualizar los patrones de movimientos que realiza el operador en el proceso de producción de biofertilizantes se elaboró un diagrama de recorrido. A continuación, en la Ilustración 2 se muestra el recorrido realizado por el operario en la planta.

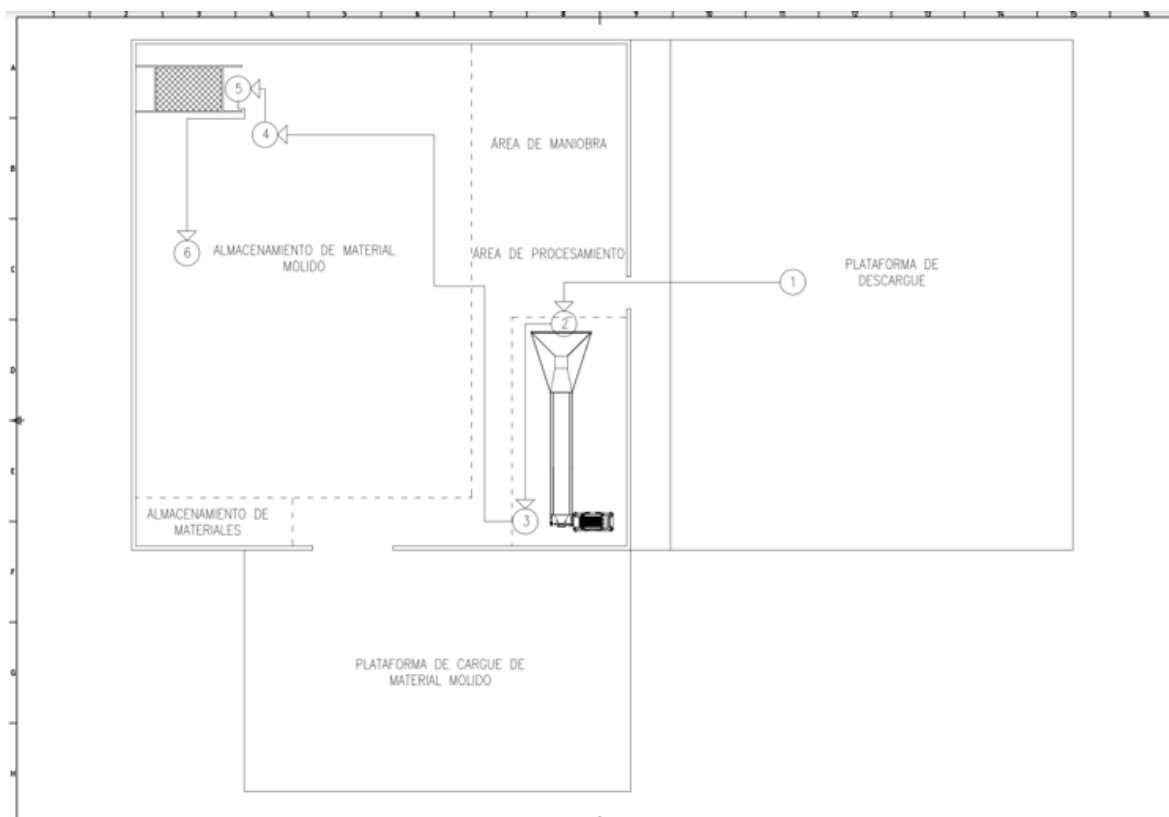


Ilustración 2. Diagrama de recorrido que hace el trabajador en el proceso de producción

2.8 JORNADA DE TRABAJO

Todos los procesos, tanto administrativos como operativos se desarrollan de lunes a viernes de 7:00 am a 5:00 pm, con descanso para almuerzo de 12:00 m a 1:00 pm; los sábados se labora de 7:00 am a 1:00 pm jornada continua.

2.9 ÁREA DE TRABAJO

El área de trabajo es una bodega de 425 metros cuadrados que cuenta con dos puertas de acceso para el personal, es totalmente cerrada, el piso del área de trabajo está hecha en concreto, paredes y muros en concreto, techo de zinc, la temperatura del área es alta y existen algunos desniveles en el área de producción.

2.10 MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

La materia prima utilizada en el proceso de transformación de los subproductos para la obtención del biofertilizante son los cascos y cuernos bovino, estos se encuentran en un área específica en la planta para el proceso productivo, a continuación, se evidencia en la tabla 2 la materia prima y el producto final que se obtiene durante todo el proceso de producción en la empresa SUGACOR S.A.S.

Tabla 1. Materias primas e insumos

Materia prima sin procesar	Material procesado de 5 a 8 mm
	

Luego del proceso de la molienda de los cuernos y cascos bovinos es llevado al área de almacenamiento para ser empacado y comercializados.

2.11 MAQUINAS E INSUMOS

En la siguiente tabla se listan los equipos utilizados únicamente en el proceso de la molienda de los cascos y cuernos de bovino.

Tabla 2. Maquinarias y Herramientas

EQUIPOS	FUNCIÓN PRINCIPAL	IMAGEN
Banda de alimentación	Transportar los cascos y cuernos bovinos hasta el molino de martillo.	

EQUIPOS	FUNCIÓN PRINCIPAL	IMAGEN
Molino de martillo	Molienda y/o triturar los cuernos y cascos bovinos para la obtención del biofertilizante.	
Zaranda manual	Dividir el producto fino del producto a granel de 5 a 8 mm.	

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El bienestar de los trabajadores está estrechamente relacionado con su entorno laboral y las condiciones ambientales en las que trabajan. A nivel global, los trabajadores se enfrentan constantemente a diversos peligros en su entorno físico de trabajo, los cuales pueden ocasionar enfermedades ocupacionales, accidentes laborales e incluso poner en riesgo su vida (Culture, 2023).

El material particulado - fracción respirable es una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran en el aire. Estas partículas pueden ser emitidas por fuentes naturales como volcanes y tormentas de polvo, o por fuentes antropogénicas como la quema de combustibles fósiles y la producción industrial. En Colombia, el material particulado - fracción respirable es un

**Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión
para la transformación del territorio.**

Carrera 6ª. No. 77-305 Montería - NIT. 891080031-3
www.unicordoba.edu.co



problema grave de salud pública debido a su impacto en las enfermedades respiratorias. Según la Organización Mundial de la Salud (2020) las enfermedades respiratorias se encuentran entre las 3 primeras causas de muerte en Colombia.

Diversas instituciones académicas, organismos gubernamentales y organizaciones no gubernamentales han llevado a cabo investigaciones y estudios relacionados con la medición del material particulado - fracción respirable en Colombia. Estos estudios se han centrado tanto en áreas urbanas como rurales, y han abordado diferentes fuentes de emisión, como la industria, el transporte, la quema de biomasa y la actividad minera.

Algunos ejemplos de estudios sobre mediciones de material particulado - fracción respirable en Colombia incluyen:

Estudio "Calidad del aire y salud en áreas urbanas de Colombia" (Universidad Nacional de Colombia, 2018): Este estudio evaluó la calidad del aire en varias ciudades colombianas, incluyendo Bogotá, Medellín y Cali, mediante la medición de material particulado - fracción respirable y otros contaminantes. También se examinaron los efectos en la salud asociados con la exposición a estas partículas.

Estudio "Evaluación de la calidad del aire en zonas mineras de Colombia" (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016): Este estudio se centró en evaluar la calidad del aire en áreas cercanas a la actividad minera en Colombia, donde la emisión de material particulado - fracción respirable puede ser alta. Se realizaron mediciones de PM10 y PM2.5 (partículas con diámetro inferior a 10 y 2.5 micrómetros, respectivamente) para determinar el impacto en la calidad del aire y la salud de las comunidades locales.

La exposición a estas partículas puede afectar tanto a los pulmones como al corazón. Múltiples estudios científicos vincularon la exposición a la contaminación por partículas a una variedad de problemas, que incluye: muertes prematuras en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, infarto de miocardio no mortales, latidos irregulares, asma agravada, función

pulmonar reducida, síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar (EPA, 2018).

En la empresa SUGACOR S.A.S. El trabajador en el área de producción está expuesto al material particulado - fracción respirable durante el proceso de la molienda de los cascos y cuernos de bovinos que se genera en la operación de la maquina “molino de martillo”, debido a este proceso el operario regularmente mantiene con mucha tos y secreción nasal, lo cual se traduce en un importante riesgo para salud y se requiere determinar el nivel de afectación y vulnerabilidad del puesto de trabajo, a través, de la medición del material particulado - fracción respirable que emite la máquina en el proceso de producción del biofertilizante, para así, brindar estrategias de solución y recomendaciones para la minimización de las consecuencias a salud de los empleados a corto, mediano y largo plazo.

Es de vital importancia conocer el nivel de exposición de material particulado-fracción respirable del trabajador en el proceso productivo de la empresa Sugacor S.A.S. Por consiguiente, esta investigación se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es el nivel de exposición de material particulado-fracción respirable en el proceso de molienda de cascos y cuernos de bovino en la empresa Sugacor S.A.S?

4. MARCO REFERENCIAL MATERIAL PARTICULADO - FRACCIÓN RESPIRABLE

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1. Sector o actividad económica

Para el año 2050, se estima que será necesario aumentar la producción de alimentos en un 60% según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), con el fin de satisfacer las necesidades alimentarias de una población global que se acercará a los

10.000 millones de personas. A pesar de lograr este aumento, aún se prevé que 300 millones de individuos enfrentarán desafíos relacionados con la escasez de alimentos (Agronet, 2023).

Durante los primeros seis meses de 2022, el segmento agropecuario y agroindustrial de Colombia experimentó un incremento en sus exportaciones, alcanzando los USD 6.116 millones. Esta cifra representa un aumento del 38,8% en comparación con el mismo periodo del año anterior, cuando las exportaciones fueron de USD 4.406 millones, según indicó el ministro de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, Rodolfo Zea Navarro (Portal Portuario, 2022).

Existen muchas medidas en Colombia para promover la producción y uso de biofertilizantes; por ejemplo, se han establecido programas de investigación en universidades y centros de investigación agrícola para estudiar los microbios benéficos presentes en el suelo colombiano y desarrollar biofertilizantes adaptados a las condiciones locales.

4.1.2. Cuernos y cascos de bovino para biofertilizantes

Los subproductos bovinos se refieren a los residuos que resultan después de la faena de los animales en mataderos, y su valor en el mercado está en aumento. Estos subproductos se dividen en categorías de comestibles y no comestibles (Contexto ganadero, 2019).

Algunos de los componentes presentes en los cuernos y cascos de bovino utilizados en la elaboración de biofertilizantes incluyen:

- Queratina: Los cuernos y cascos están compuestos principalmente por queratina, una proteína resistente y rica en nitrógeno. La queratina se descompone gradualmente durante el proceso de compostaje, liberando nutrientes como nitrógeno, azufre y otros elementos esenciales.
- Minerales: Los cuernos y cascos contienen minerales como calcio, fósforo y magnesio, que son importantes para el desarrollo saludable de las plantas. Estos minerales se liberan gradualmente a medida que los materiales se descomponen.

- Microorganismos: Los cuernos y cascos de bovino también albergan microorganismos beneficiosos, como bacterias y hongos, que pueden contribuir a la salud del suelo y promover la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Al procesar y tratar adecuadamente los cuernos y cascos de bovino, se puede obtener un biofertilizante rico en nutrientes y microorganismos beneficiosos que puede ser aplicado al suelo para mejorar su fertilidad y promover el crecimiento saludable de los cultivos.

4.1.3 Peligro Químico

Una sustancia peligrosa, independientemente de su forma, puede provocar riesgos físicos para la salud de las personas o puede resultar perjudicial para el medio ambiente.

En las empresas de fertilizantes químicos, el riesgo químico puede ser grande debido a la presencia de químicos sintéticos y los procesos industriales involucrados en el procesamiento y fabricación de estos productos.

La guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional - GTC 45 (2012), la cual proporciona directrices para identificar los peligros y valorar los riesgos en seguridad y salud ocupacional, especifica los siguientes tipos de peligro químico (As Ocupacional, s.f)

Los aerosoles sólidos, como los polvos orgánicos y los polvos inorgánicos, consisten en partículas sólidas que pueden encontrarse divididas o suspendidas en el aire. Estas partículas pueden ser de origen orgánico o inorgánico.

En el caso de los polvos orgánicos, provienen de plantas y animales, pudiendo contener hongos o microbios que liberan sustancias tóxicas. Por otro lado, los polvos inorgánicos son sustancias que carecen de carbono, a excepción de algunos óxidos de carbono como el monóxido de carbono y el dióxido de carbono.

Estos agentes tienen el potencial de causar enfermedades, especialmente en el sistema respiratorio. Ejemplos de enfermedades relacionadas con los polvos inorgánicos incluyen el pulmón de granjero y el pulmón de manipuladores de animales. En el caso de los polvos inorgánicos, pueden provocar condiciones como la asbestosis, la silicosis y el cáncer de pulmón, entre otras.

Las fibras se refieren a partículas alargadas cuya longitud es varias veces mayor que su diámetro, con el potencial de causar problemas respiratorios y evolucionar hacia afecciones como el cáncer.

Los líquidos, como las nieblas y los rocíos, consisten en gotas suspendidas en el aire con composiciones variables que pueden tener consecuencias para la salud, dependiendo de su naturaleza. Estas gotas pueden formarse por la condensación de un elemento gaseoso o por la atomización de un líquido, generando rocío o espuma.

Los gases y vapores son sustancias que se encuentran en estado gaseoso, pero pueden revertir a su estado original debido a cambios de presión o temperatura. Al igual que en los casos anteriores, su impacto en la salud está determinado por su composición.

Los humos metálicos y no metálicos son aerosoles formados por la condensación de vapores sólidos en condiciones normales de temperatura y presión. Ejemplos incluyen humos de fundición de metales, humos de soldadura y óxidos de plomo y manganeso, cuyo potencial de afectar la salud también está determinado por su composición.

4.1.4 Enfermedades que causa el material particulado - fracción respirable

La contaminación del aire representa un importante riesgo para la salud. En Colombia, de acuerdo con un informe del Instituto Nacional de Salud (2019), se asignan 17.549 fallecimientos a causas relacionadas con riesgos ambientales, siendo 15.681 de estas muertes vinculadas principalmente a la baja calidad del aire. Este problema se asocia principalmente con pérdidas de vidas atribuibles a enfermedades como la enfermedad isquémica del corazón (EIC) y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

Según el Ministerio de Salud (2021), de acuerdo con el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del mismo año, alrededor del 58% de las muertes prematuras asociadas a la contaminación atmosférica se atribuyen a enfermedades cardiovasculares, específicamente a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares. Además, un 18% de las muertes relacionadas con la calidad del aire se produjo a causa de enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infecciones respiratorias agudas, mientras que un 6% de los fallecimientos se atribuyeron al cáncer de pulmón.

4.1.5 Higiene Ocupacional

La higiene ocupacional se refiere al conjunto de disciplinas y enfoques que buscan promover y mantener el bienestar físico, mental y social de los trabajadores en relación con su entorno laboral (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2001). En este contexto, es fundamental identificar y evaluar los riesgos laborales a los que están expuestos los empleados de SUGACOR S.A.S., particularmente en el proceso de molienda de cascotes y cuernos de bovinos para la producción de biofertilizantes.

4.1.6 Material particulado - fracción respirable

El material particulado - fracción respirable se compone de partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire. Estas partículas varían en tamaño, siendo las más preocupantes las partículas con un diámetro menor a 10 micrómetros (PM10) y 2.5 micrómetros (PM2.5), debido a su capacidad para penetrar en las vías respiratorias humanas. En el proceso de molienda, la actividad genera partículas finas que pueden representar un riesgo para la salud de los trabajadores si son inhaladas (EPA, 2022).

Es importante tener en cuenta las normativas y regulaciones nacionales e internacionales relacionadas con la exposición ocupacional al material particulado - fracción respirable. Esto

incluye estándares de calidad del aire y límites de exposición ocupacional establecidos por entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y agencias reguladoras locales.

Además, es relevante considerar las mejores prácticas en la gestión de la calidad del aire en entornos laborales, como las guías y recomendaciones proporcionadas por organismos de salud y seguridad laboral.

4.1.7 Estrategias de control de riesgos

Para minimizar los riesgos para la salud de los empleados, se requiere implementar estrategias efectivas de control de riesgos. Estas estrategias pueden incluir medidas de control ingenieriles, como la implementación de sistemas de ventilación localizada y extracción de aire, para capturar y eliminar las partículas generadas en el proceso de molienda.

Asimismo, se deben considerar medidas administrativas, como la rotación de tareas para limitar la exposición y la implementación de prácticas de trabajo seguro. El uso adecuado de equipos de protección personal (EPP), como máscaras respiratorias, también es fundamental (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional, 2023).

4.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Material particulado - fracción respirable:** se refiere a partículas sólidas o líquidas en suspensión en el aire que tienen un tamaño lo suficientemente pequeño como para ser inhaladas profundamente en los pulmones. Estas partículas son conocidas como PM (Particulate Matter, por sus siglas en inglés), y su tamaño determina la fracción respirable. La PM se clasifica según el diámetro de las partículas, y las fracciones más pequeñas, generalmente PM_{2.5} y PM₁₀, son de especial interés en el ámbito de la salud y seguridad ocupacional debido a su capacidad para penetrar en las vías respiratorias más profundas.

- **Biofertilizantes:** Los biofertilizantes son productos derivados de microorganismos vivos, como bacterias, hongos y algas, o de sustancias orgánicas de origen vegetal o animal, que se utilizan para mejorar la fertilidad del suelo y promover el crecimiento de las plantas. Estos microorganismos beneficiosos pueden proporcionar nutrientes esenciales, fijar nitrógeno atmosférico, solubilizar nutrientes en el suelo y estimular el desarrollo de las raíces.
- **Material particulado:** El PM es un indicador indirecto común de la contaminación del aire. Existe una fuerte evidencia de los impactos negativos en la salud asociados con la exposición a este contaminante. Los principales componentes de PM son sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, carbón negro, polvo mineral y agua.
- **Material particulado Grueso (PM10):** Son partículas con un diámetro igual o menor a 10 micrómetros. Estas partículas pueden irritar los ojos, la nariz y la garganta, y suelen estar asociadas con el polvo de carreteras, actividades de construcción, tormentas de polvo y emisiones de industrias y plantas de energía.
- **Riesgo químico:** El riesgo químico se refiere a la posibilidad de que los productos químicos presentes en el entorno laboral o en otros contextos puedan causar daño a la salud humana o al medio ambiente. Los riesgos químicos pueden estar asociados con sustancias químicas peligrosas, tales como productos tóxicos, inflamables, corrosivos, carcinógenos o mutágenos.

4.3. MARCO LEGAL

Con el fin de establecer las pautas pertinentes para el estudio en curso, se enumeran a continuación las regulaciones actualmente vigentes en el gobierno nacional.

Tabla 3. Marco Legal

NORMA	AÑO	DESCRIPCIÓN
LEY 09	1979	Garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable para los trabajadores, así como prevenir y controlar los riesgos laborales que puedan afectar su salud y bienestar.

**Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión
para la transformación del territorio.**
Carrera 6ª. No. 77-305 Montería - NIT. 891080031-3
www.unicordoba.edu.co



NORMA	AÑO	DESCRIPCIÓN
RESOLUCIÓN 2400	1979	Esta Resolución establece los valores límites permisibles en Colombia que son los TLV de la ACGIH.
DECRETO 1072	2015	El Ministerio del trabajo compila la normatividad vigente del sector trabajo expedida por el gobierno nacional en Colombia.
DECRETO 1496	2018	Por el cual se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.
RESOLUCIÓN 0312	2019	El Ministerio del trabajo Establece los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo para las personas naturales y jurídicas.

5. JUSTIFICACIÓN

La creciente preocupación mundial por el medio ambiente y la salud humana ha llevado a la necesidad de estudiar y controlar la liberación de desechos de diversas fuentes industriales. En este sentido, el método que se tratará a continuación, el cual es la molienda de cascos y cuernos de bovinos para producir fertilizante se ha convertido en un tema interesante tanto por su importancia en la agricultura como por su efecto sobre el medio ambiente y la salud.

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) en Bogotá ha determinado que tanto la industria como los vehículos en movimiento desempeñan un papel significativo en la emisión de contaminantes atmosféricos en la ciudad. En cuanto al material particulado - fracción respirable, se ha observado que alrededor del 60% de estas emisiones provienen de la industria, mientras que las fuentes móviles contribuyen con el 40% (Rojas, 2012).

Este proyecto pretende identificar el estado de la calidad del aire en una zona con ubicación cercana a la sección sur del municipio de Cereté, con el fin de verificar el cumplimiento normativo de los estándares máximos permisibles de material particulado - fracción respirable dado como

PM10 de acuerdo a la normatividad vigente, así como la definición de las posibles áreas de dispersión del contaminante que permita determinar el potencial de influencia sobre la salud de los trabajadores en las respectivas zonas de estudio e impacto, para posteriormente establecer y orientar estrategias enfocadas a planes correctivos en la organización, lo cual permitirá fortalecer futuras acciones que beneficien a la empresa SUGACOR S.A.S y la calidad de vida de sus trabajadores y personal de apoyo.

El proceso de molienda de cascos y cuernos de bovinos es una actividad importante en la producción de biofertilizante, ya que permite obtener un producto de alta calidad apto para uso agrícola. Sin embargo, esto produce una gran cantidad de sustancias que pueden ser liberadas al medio ambiente, lo que puede afectar la salud del aire y la salud de las personas que trabajan en la planta y las personas alrededor.

De igual manera, el estudio de los resultados de este sector puede contribuir a la mejora de los métodos de control y reducción de la contaminación, dando lugar a la adopción de nuevas tecnologías y métodos. Además, la investigación en esta área puede ayudar a establecer límites y regulaciones claros para la industria orgánica para proteger la salud de los trabajadores y el público en general.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el grado de riesgo ocasionado por la exposición a material particulado - fracción respirable, utilizando el método NIOSH 0600 en el proceso de molienda de los cascos y cuernos bovino de la empresa SUGACOR S.A.S.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la estrategia de muestreo adecuada, adaptada a las especificidades del puesto de trabajo que se evaluará, utilizando herramientas de análisis de riesgos ocupacionales, con el fin de garantizar la representatividad de los datos recopilados.
- Analizar exhaustivamente los datos recolectados durante el proceso de medición utilizando herramientas estadísticas y de análisis de datos, con el propósito de compararlos con los valores máximos permitidos establecidos por las normativas vigentes en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Desarrollar e implementar estrategias de control específicas, basadas en los resultados del análisis de riesgos, para mitigar el peligro de exposición al material particulado - fracción respirable identificado en el lugar de estudio, con el objetivo de salvaguardar la salud y seguridad de los trabajadores.

7. METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO

7.1. METODOLOGÍA

Desde la perspectiva del paradigma positivista, la presente investigación adopta una naturaleza cuantitativa. Esto se debe a que la investigación cuantitativa se centra en establecer la fuerza de la asociación o clasificación entre variables, así como en generalizar y objetivar los resultados a través de una muestra para realizar inferencias sobre una población, de la cual proviene dicha muestra (Fernández y Díaz, 2002). En el presente estudio se harán las mediciones correspondientes de acuerdo con los valores permisibles de exposición al peligro del material particulado - fracción respirable generado por el proceso de molienda de cascos y cuernos de bovinos, por lo que se usará como guía el método analítico NIOSH 0600, mediante la cual, se determinarán las mediciones en el área de trabajo de acuerdo con los turnos de la operatividad del proceso.

El diseño de la investigación se clasifica como descriptivo, ya que tiene como objetivo detallar las propiedades y características de cualquier objeto de estudio que se analice. Este enfoque busca recopilar información de manera independiente para proporcionar una representación precisa de las dimensiones de una situación, contexto o comunidad (Marroquín,

2012). En este contexto, el presente estudio adopta una naturaleza descriptiva centrado en la recopilación de datos tal como se presentan en el momento, considerando el estado real de las situaciones y los factores relacionados con el tema de estudio.

TRABAJO DE CAMPO

1. Inspección de la planta

El día 09 de agosto de 2023, se realizó por primera vez la visita e inspección a la planta por parte de los investigadores, en la fecha se encontró la planta en funcionamiento, realizando la transformación de subproductos ganaderos a través de maquinaria industrial. El espacio donde se encuentra el área de producción es completamente cerrado, carece de ventilación, tiene poca iluminación y la temperatura es elevada, acercándose a los 38°C. Al estar en funcionamiento la ejecución de la molienda de los subproductos ganaderos, se pudo observar que el material particulado se esparce por fuera del área de trabajo, llegando a otras locaciones de la empresa.

De igual manera, se evidenció que se produce una emisión significativa de partículas finas que quedan suspendidas dentro del aire del espacio de trabajo, por un largo periodo de tiempo, antes de caer al suelo para ser recogidas y compiladas con el resto de material transformado. En cuanto al operario que labora en la planta a tiempo completo, se observó que no se encontraba utilizando todos los elementos de protección personal necesarios para la realización de sus funciones.

2. Caracterización del operario de área de producción

El operario de producción de empresa SUGACOR S.A.S es un hombre de 63 años, de nacionalidad colombiana, estado civil casado, habitante en el municipio de Cereté – Córdoba,

labora en la empresa hace 16 meses. Tiene antecedentes médicos de dificultades respiratorias con sintomatología de tos persistente, garganta y fosas nasales secas, manos agrietadas y piel seca.

3. Medición

El día 01 de noviembre de 2023, el equipo investigador se trasladó a la planta SUGACOR S.A.S, previa concertación de fecha con la directiva de la empresa para la realización de la medición de material particulado – fracción respirable, a través del equipo especializado para tal función, el cual consta de: una bomba de muestreo VentusPro, un ciclón conductivo de nilón 10 mm y filtros de PVC de 37 mm calibrados con anticipación por la empresa Instrubras, la cual expidió un certificado de calibración que demostraba la idoneidad de los filtros para la labor requerida. Al llegar a la planta, se preparó el equipo de medición, ensamblando sus piezas para el debido funcionamiento para posteriormente instalarlo en la vestimenta del operario cerca a sus fosas nasales, procurando monitoreo constante en la jornada laboral para la adecuada posición del equipo durante el tiempo de medición.

4. Envío de las muestras al laboratorio para su estudio

Una vez realizada la medición y obtenidas las muestras resultantes de esta, se procedió a enviar las mismas al laboratorio Conhintec Labs ubicado en la ciudad de Medellín, el cual se encuentra certificado por la ONAC y acreditado por la AIHA, y es donde se realizó el estudio para medir y analizar la cantidad de material particulado – fracción respirable emitido en el periodo de recolección de los datos, contrastándolo con los límites permisibles TLV B&S Semanal (0.002 mg/m³) y Diario (8 mg/m³), reglamentados a nivel nacional.

7.1 LUGAR DE MEDICIÓN

La medición de material será aplicada al personal operativo expuesto a la inhalación de partículas finas y potencialmente tóxicas en el área de producción durante el proceso de molienda

del subproducto de la empresa SUGACOR S.A.S. En este caso la medición empieza al momento de encender el molino de martillo que el operario manipula.

7.2 TÉCNICA DE MEDICIÓN

La forma en la que se midió y llevó a cabo el proceso, está basada en la metodología y procedimientos establecidos mediante el método analítico NIOSH 0600 para determinar el material particulado - fracción respirable en el aire, utilizando el Método Gravimétrico.

Para tomar una muestra de aire, se utilizó la bomba de muestreo VentusPro. Esta bomba requiere un filtro de 37 mm de PVC que capturará las partículas como muestra, ajustándose al tipo de material contaminante que estamos analizando. Antes de usarla, se realizó una calibración preoperacional. Con un flujo de aire de 1.67 (L/min) y luego se envía la muestra al laboratorio para su análisis.

7.3 EQUIPOS UTILIZADOS



Bomba de Muestreo **VentusPro**.



Ciclón conductivo de nylon – 10mm



Filtro de PVC de 37 mm

7.4 ESTRATEGIA DE MUESTREO: PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN

7.4.1 Estrategia de muestreo

Para definir la estrategia, se tiene que identificar claramente lo qué se quiere medir y qué información se espera obtener del monitoreo. Esto puede incluir la evaluación de la exposición laboral a partículas, la medición de la calidad del aire en un entorno específico o el seguimiento de la eficacia de medidas de control. Posterior a eso, se debe identificar el área de muestreo, donde es relevante seleccionar el lugar donde se presenta la emisión de material particulado.

Se hizo necesario determinar la frecuencia del muestreo estableciendo la periodicidad con la que se realizarán las mediciones en cada punto de muestreo. Esto puede ser diario, semanal, mensual o en función de otros criterios relevantes.

7.4.2 Procedimiento de medición

Se comenzó preparando la bomba de muestreo, asegurándose de que la VentusPro esté en buen estado de funcionamiento y debidamente calibrado según las recomendaciones del fabricante y verificar que las baterías estén cargadas o que haya una fuente de alimentación adecuada.

Posteriormente, se posesionó el equipo al trabajador, siguiendo las instrucciones proporcionadas por el fabricante, comprobando que el monitor esté ubicado en una posición representativa y estable, evitando obstrucciones que puedan afectar la toma de muestras; iniciamos la medición encendiendo el monitor y registrando el inicio y hora de este.

Se registraron los datos en tiempo real a través de la bomba de muestreo VentusPro durante 6 horas, esto implicó un monitoreo continuo y mediciones tomadas en intervalos regulares.

Como paso final, la muestra se envió a un Laboratorio analítico certificado por la ONAC y acreditado por la AIHA, para el correspondiente análisis.

7.5 NORMAS Y REGLAMENTOS UTILIZADOS

Las normas que se tuvieron en cuenta para la realización de las evaluaciones son los valores de los TLV's de la ACGIH versión 2023, los cuales son aceptados en nuestro país mediante la resolución 2400 de 1979 en su artículo 154 emanada del ministerio de Trabajo Seguridad Social, que hoy en día se llama Protección Social.

Estos valores están establecidos para una jornada de trabajo de 8 horas día y una semana laboral de 40 horas y como en Colombia la jornada laboral es de 48 horas semanales, se debe realizar una corrección mediante el modelo BRIEFF Y ESCALA, en el que se obtiene un factor de corrección para una exposición de 48 horas semanales que resulta de aplicar la siguiente fórmula:

$$F.C = (40 / HS) \times (168 - (HS / 128))$$

En donde HS son horas por semana (48 horas/semana en Colombia). Reemplazando HS en la formula obtenemos el resultado mostrado a continuación:

$$F.C = (40 / 48) \times (168 - 48 / 128) = 0.7812$$

Para conocer el valor del TLV corregido, basta con multiplicar el FC calculado, por el TLV propuesto:

$$TLVC = FC \times TLV$$

Según la TLV's and BEI's - ACGIH, 2023, el TLV del Polvo respirable es de $3.0 \text{ mg}/\text{m}^3$

Multiplicando el Factor de conversión (FC) por el TLV de la sustancia, obtenemos:

$$TLVC = 0.7812 \times 3 = 2.34375$$

El TLVC para la sustancia es de $2.34375 \text{ mg}/\text{m}^3$

7.6 CRITERIOS DE VALORIZACIÓN O PRIORIZACIÓN

Determinación del Índice de Riesgo: Este valor indica la severidad de la exposición al factor de riesgo y se expresa como el resultado numérico de la relación entre la concentración media ponderada de un contaminante dado y el valor límite permisible para dicho contaminante.

$$IR = \text{Concentración} / \text{TLV}$$

Se utiliza para la presentación de los resultados, del grado de riesgo un código de colores para facilitar su interpretación así:

- Rojo: Alto Riesgo, superior al Valor Limite Umbral. Requiere intervención inmediata. La relación es superior a 1.

- **Amarillo:** Prevención, el valor se encuentra entre el Nivel Limite Umbral y el Nivel de Acción. La relación está entre 0.5 y 1.
- **Verde:** Por debajo del nivel de acción. La relación es inferior de 0.5 Mantener controladas estas condiciones.

8. RESULTADOS

A partir de la medición de material particulado - fracción respirable al cual se encuentra expuesto el operario del área de producción en el proceso de molienda de cascos y cuernos de bovino de la empresa SUGACOR S.A.S., teniendo en cuenta los límites permisibles, se realizó un análisis de la muestra tomada, el cual se detalla a continuación:

- **Información de Análisis**

Fecha de recepción: 10/11/2023

N° Custodia: G-7371 **Cantidad de** 2 **muestras:**

Tabla 4. Análisis a la muestra 1

ID muestra:	A35604			Fecha de muestreo:	9/11/2023
Medio de retención:	Filtro de PVC de 37 mm, 0.5 mm pz.				
Compuesto	Mas a	LOQ	U	Método de Análisis	Fecha de Análisis
	μ g				
Fracción de Polvo Respirable	<L OQ	10.0	N . A	NIOSH 0600	16/11/2023

(ver anexo A, Análisis de la muestra 1, pág. 42)

Tabla 5. Análisis a la muestra 2

ID muestra:	A35599			Fecha de muestreo:	9/11/2023
Medio de retención:	Filtro de PVC de 37 mm, 0.5 mm pz.				
Compuesto	Masa	LO Q	U	Método de Análisis	Fecha de Análisis
	μ g				
Fracción de Polvo Respirable	<L OQ	10.0	N. A	NIOSH 0600	16/11/2023

(ver anexo A, Análisis de la muestra 2, pág. 42)

- **Convenciones:**

LOQ: Límite mínimo de cuantificación

U: Incertidumbre (Esta incertidumbre corresponde exclusivamente al mensurando determinado por el laboratorio)

La incertidumbre expandida fue estimada con un factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza del 95%

En este informe la cifra decimal está representada por el punto.

N.A: No aplica

N.R: No reporta

- **Condiciones específicas del ensayo**

Las condiciones ambientales registradas para las 24 horas de estabilización en los análisis de NIOSH 0600 reportados en este informe, tuvieron el siguiente comportamiento: Humedad máxima: 39.3 %, humedad mínima: 35.7 %, humedad promedio: 36.4%, desviación estándar para humedad: 0.41 %; Temperatura máxima: 21.1 °C, temperatura mínima: 20.0 °C, temperatura promedio: 20.3 °C, Desviación estándar para temperatura: 0.31 °C, cumpliendo con los criterios establecidos en el método de referencia.

- **Concentración de Material Particulado:**

La concentración medida de 0.002 mg/m³ está significativamente por debajo del VLP (3 mg/m³), indicando una exposición aceptable desde el punto de vista normativo.

- **Tasa de Flujo y Volumen de Aire:**

La tasa de flujo y el volumen de aire sugieren un muestreo adecuado y confiable, proporcionando una base sólida para la interpretación de los resultados.

Comparación con TLV B&S Semana y Diario:

Las concentraciones medidas están por debajo de los límites establecidos por TLV B&S Semanal (0.002 mg/m³) y Diario (8 mg/m³), indicando una exposición aceptable dentro de las pautas de seguridad y salud en el trabajo.

- **Rango de Exposición:**

El rango de exposición del 0.03% sugiere una exposición relativamente baja en comparación con el límite establecido.

El informe sugiere que los resultados obtenidos están dentro de los límites permisibles establecidos para la exposición al material particulado respirable (ver anexo B), Plantilla de resultados fracción respirable, pág. 43). Sin embargo, se señala que este hecho no garantiza automáticamente un entorno laboral seguro. La mención de nubes de polvo en el aire indica que, a pesar de los resultados aceptables según los estándares, existen desafíos adicionales relacionados con la presencia de partículas en suspensión.

La presencia de material particulado que se ve en el aire recalca la importancia de considerar no solo los límites permisibles, sino también la percepción subjetiva del riesgo. Aunque los niveles de exposición pueden estar dentro de los estándares, la visibilidad de partículas en suspensión sugiere que la calidad del aire puede afectar la comodidad y la salud del trabajador.

9. RECOMENDACIONES Y ACCIONES FUTURAS

Con base a los resultados obtenidos, se recomienda una revisión más detallada de las estrategias de control existentes, por tanto, se sugiere tener en cuenta las siguientes acciones:

Monitoreo Continuo:

- Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real para registrar y analizar continuamente los niveles de material particulado en el área de producción del biofertilizante.
- Establecer límites cortos de tiempo para revisar la exposición al material particulado y verificar si permanecen dentro de los niveles óptimos y permisibles. Esto garantizará una gestión proactiva de la exposición y minimizará los riesgos potenciales.

Capacitación y Concientización:

- Desarrollar programas de capacitación que aborden no solo los riesgos asociados con la exposición al material particulado, sino también mejores prácticas para minimizar la generación de partículas. Contrastar con otras investigaciones donde se hagan actividades similares para mejorar la comprensión de los trabajadores.
- Organizar reuniones periódicas de actualización y debates interactivos para promover una cultura de seguridad sólida. Durante estas sesiones, se abordarán aspectos ergonómicos y psicosociales para garantizar una comprensión integral de la seguridad y salud en el trabajo.

Mejoras en Procesos:

- Realizar una evaluación exhaustiva del proceso de molienda para identificar tareas de posible mejora. Optimizar los espacios de trabajo para reducir la concentración del material particulado.
- Colaborar con ingenieros de procesos y expertos en higiene industrial para desarrollar estrategias específicas que busquen minimizar el riesgo por enfermedades respiratorias para nuestro operario. Explorar tecnologías emergentes para mantener la calidad del aire interior a niveles óptimos.

Evaluación de la Seguridad y Salud en el Trabajo:

- Establecer un programa de evaluación de seguridad y salud en el trabajo que vaya más allá de las pruebas estándar. Incorporar estudios epidemiológicos y análisis detallados de los efectos a largo plazo de la exposición a material particulado, considerando factores individuales y genéticos.
- Facilitar consultas periódicas con profesionales del sector salud que estén familiarizados con la naturaleza específica del trabajo del operario de la planta de producción. Establecer un sistema de seguimiento personalizado que incluya pruebas especializadas y revisiones médicas más allá de los requisitos mínimos.

Revisión Periódica de Protocolos:

Para llevar a cabo revisiones periódicas de los protocolos de seguridad y salud en el trabajo, proponemos establecer un comité especializado. Este comité contará con representantes de

***Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión
para la transformación del territorio.***

Carrera 6ª. No. 77-305 Montería - NIT. 891080031-3
www.unicordoba.edu.co



diversas áreas, incluyendo profesionales de la salud e ingenieros de seguridad industrial, para garantizar una visión completa de las necesidades. Además, nos comprometemos a mantenernos al día con las últimas regulaciones y avances tecnológicos en salud ocupacional. Esto asegurará que nuestros protocolos estén alineados no solo con los requisitos normativos actuales, sino también con las mejores prácticas y estándares emergentes.

Estas recomendaciones están destinadas a ofrecer un marco más detallado y profundo para la gestión efectiva de la exposición al material particulado en el entorno laboral de nuestra planta de producción. Creemos firmemente que la implementación de estas sugerencias contribuirá significativamente a la creación de un entorno de trabajo más seguro y saludable para todos nuestros empleados.

Además, para futuras investigaciones, se sugiere la realización de estudios más amplios sobre la calidad del aire y la seguridad y salud en el trabajo en este entorno.

10. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que en el presente estudio, se realizó una sola medición de exposición a material particulado fracción respirable en el año 2023, y que lo recomendado es tomar las muestras al menos 3 veces de manera anual, se concluye que el número de mediciones tomadas al año no proporciona una representación estadística significativa, por tanto, se infiere que, tomando las tres muestras indicadas se permitiría realizar un análisis estadístico básico y comprender las características de la exposición.

Adicionalmente, es importante resaltar que, aunque el material particulado fracción respirable tiene una mínima presencia en el área evaluada, es evidente a simple vista que existe polvo total, el cual también puede tener efectos adversos en la salud de las personas. Es por esto por lo que, se recomienda realizar mediciones específicas de polvo total para una evaluación más precisa. Los síntomas reportados por el operador, como irritación de las vías respiratorias, de los ojos, de la piel y de malestar general, coinciden con los síntomas asociados a los efectos adversos

de la exposición a polvo total. Es importante destacar que el resultado de la medición confirma la presencia de polvo total en lugar de polvo respirable.

Finalmente, este estudio enfatiza en la importancia de llevar a cabo evaluaciones de riesgos y proporcionar capacitación a los trabajadores, ya que estos son pasos esenciales en la gestión de la higiene y seguridad industrial. Estas acciones contribuyen significativamente a proteger la salud y bienestar de los trabajadores, así como a garantizar un entorno laboral seguro y saludable.

11. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de protección ambiental de Estados Unidos. (2018). Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medio ambiente. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>

Agencia de protección ambiental de Estados Unidos. (2022). Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

Agencia de protección ambiental de Estados Unidos. (2023). Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente#:~:text=M%C3%BAltiples%20estudios%20cient%C3%ADficos%20vincularon%20la%20exposici%C3%B3n%20a%20la,tos%20o%20dificultad%20para%20respirar.%20...%20M%C3%A1>

Agronet. (2023). Tendencias agroinformáticas que transformarán la industria alimentaria en 2023. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/endenencias-agroinform%C3%A1ticas-que-transformar%C3%A1n-la-industria-alimentaria-en-2023.aspx>

As Ocupacional (s.f). Peligro de tipo químico. <https://asocupacional.com/peligro-de-tipo-quimico/>
Contexto ganadero. (2019). Como se utilizan los subproductos bovinos. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/como-se-utilizan-los-subproductos-bovinos>

Decreto 1072 de 2015 (2015, 26 de mayo). Presidencia de la República.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>

Decreto 1496 de 2018 (2018, 6 de agosto). Presidencia de la República.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87910>

Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional GTC 45. (2012, 20 de junio). ICONTEC.
http://132.255.23.82/sipnvo/normatividad/GTC_45_DE_2012.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (2001). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.
<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+agentes+qu%C3%ADmicos+relacionados+con+los+lugares+de+trabajo/7ff71954-0742-4cf4-bc30-7a9ffea37429>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (2023). Jerarquía de controles.
<https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>

ISO 14001. (2015). Norma Internacional.
https://sigi.sic.gov.co/SIGI/files/mod_documentos/anexos/801/NORMA%20ISO%2014001.2015.pdf

ISO 9001. (2008, 14 de noviembre). ICONTEC.
<https://www.cecep.edu.co/documentos/calidad/ISO-9001-2008.pdf>

Ley 9 de 1979 (1979, 24 de enero). Congreso de la República.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1177>

Marroquín, R. (2012). Metodología de la investigación. Universidad Nacional De Educación Enrique Guzmán Y Valle, 4, 1–26. http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia_de_la_investigacion.pdf

Ministerio de salud. (2021). Minsalud comprometido con la calidad del aire.
<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-comprometido-con-la-calidad-del-aire.aspx>

- Organización Mundial de la Salud (2020). Las 10 principales causas de defunción. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Pita Fernández, S., y Pértegas Díaz, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. Cad aten primaria, 9(1), 76-78. http://www.ecominga.uqam.ca/ECOMINGA_2011/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_2/4/2.Pita_Fernandez_y_Pertegas_Diaz.pdf
- Portal Portuario. (2022). Colombia: Sector agropecuario y agroindustrial exporta USD 6.116 millones durante primer semestre de 2022. <https://portalportuario.cl/colombia-sector-agropecuario-y-agroindustrial-exporta-usd-6-116-millones-durante-primer-semester-de-2022/>
- Resolución 0312 de 2019. (2019, 13 de febrero). Ministerio de Trabajo. <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>
- Resolución 2254 de 2017. (2017, 1 de noviembre). Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resoluci%C3%B3n+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire..pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f>
- Resolución 2400 de 1979. (1979, 22 de mayo). Ministerio de Trabajo y Seguridad social. <https://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf>
- Rojas, N.Y. (2012). Aire y problemas ambientales de Bogotá. https://bogota.gov.co/sites/default/files/inline-files/aire_y_problemas_ambientales_de_bogota.pdf
- Safety Culture. (2023). Qué son los riesgos laborales. <https://safetyculture.com/es/temas/riesgos-laborales/>

12. ANEXOS

Anexo A: Análisis de laboratorio del estudio de la muestra de fracción respirable

Informe de resultados
N° 15015
Lab ID R229186
Versión: 275421

Fecha del informe: 17/11/2023

**Conhintec
Labs**

Información del cliente

Proyecto: MONTERIA
Empresa: GEST S.A.S
Solicitante: GEST S.A.S
E-mail: info@gestalluciones.com
Dirección: CENTRO AV. VENEZUELA ED. FERNANDO DÍAZ OFC. 305 CARTAGENA DE INDIAS
Teléfono: 3046487899

Información de Análisis

Fecha de recepción: 10/11/2023
N° Custodia: Q-7371
Cantidad de muestras: 2

ID muestra:	Fecha de muestreo:			
A35804	9/11/2023			
Medio de retención:	Filtro de PVC de 37 mm, 0.5 mm pz.			
Compuesto	Masa	LOQ	U	Fecha de Análisis
	µg			
Fracción de Polvo Respirable	<LOQ	10.0	N.A.	16/11/2023
ID muestra:	Fecha de muestreo:			
A35809	9/11/2023			
Medio de retención:	Filtro de PVC de 37 mm, 0.5 mm pz.			
Compuesto	Masa	LOQ	U	Fecha de Análisis
	µg			
Fracción de Polvo Respirable	<LOQ	10.0	N.A.	16/11/2023

Conclusiones:
LOQ: Límite mínimo de cuantificación.
U: Incertidumbre (Esta incertidumbre corresponde exclusivamente al muestreo determinado por el laboratorio).
La incertidumbre expandida fue estimada con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%.
En este informe la cifra decimal está representada por el punto.
N.A.: No aplica
N.R.: No reporta

Condiciones específicas del ensayo:
Las condiciones ambientales registradas para las 24 horas de estabilización en los analizadores de NIOSH 0600 reportados en este informe, tuvieron el siguiente comportamiento: Humedad máxima: 39.3 %, humedad mínima: 35.7 %, humedad promedio: 36.4 %, desviación estándar para humedad: 0.41 %. Temperatura máxima: 21.1 °C, temperatura mínima: 20.3 °C, temperatura promedio: 20.3 °C, Desviación estándar para temperatura: 0.31 °C, cumpliendo con los criterios establecidos en el método de referencia.

Conhintec S.A.S / NIT 900.181.893 - 9
Carrera 76A N° 48 - 35 - PBX +57 (0) 444 7622 / Medellín - Colombia
info@conhintec.com - www.conhintec.com
Página 1 de 2

Acreditados por la ANIA
Lab ID R229186

Informe de resultados
N° 15015
Lab ID R229186
Versión: 275421

Fecha del informe: 17/11/2023

**Conhintec
Labs**

Comentarios generales:
A menos de que esté especificado en observaciones, aplican las siguientes declaraciones:
1) El laboratorio no fue responsable de la etapa de muestreo.
2) Las muestras fueron recibidas en condiciones aceptables.
3) Los resultados aplican solo para los ítems de ensayo relacionados.
4) Los resultados de control de calidad se encontraron en rangos aceptables o no afectaron los resultados de las muestras.
5) Los resultados de las muestras no fueron corregidos por blanco.
6) Los valores de concentración son estimados con los datos proveídos por el cliente.

Observaciones:
No se reportan observaciones.

Este informe deberá considerarse PRELIMINAR si no se encuentra firmado por el personal responsable del proceso, el informe final podrá contener cambios.


Juan Camilo Caballero
Director Técnico del Laboratorio

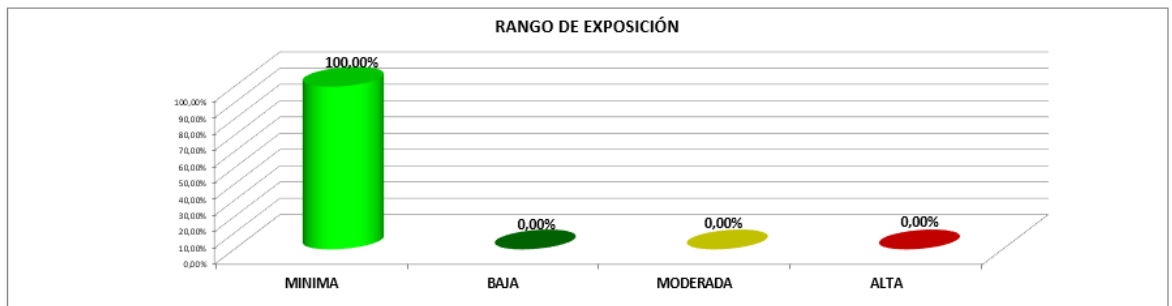
Conhintec S.A.S / NIT 900.181.893 - 9
Carrera 76A N° 48 - 35 - PBX +57 (0) 444 7622 / Medellín - Colombia
info@conhintec.com - www.conhintec.com
Página 2 de 2

Acreditados por la ANIA
Lab ID R229186

Anexo B: Plantilla de resultados fracción respirable

EVALUACION DE PARTICULAS NO REGULARES (PNOR) - POLVO TOTAL																
MUES TRA	FECHA DE EVALUACIÓN	NOMBRE	CARGO	IDENTIFICAC IÓN	PESO MUESTRA #g	TIEMPO MUESTREADO MINUTOS	TASA FLUJO Lt/min	VOLUMEN AIRE m3	CONCENTRA CION mg/m3	VALOR LIMITE PERMISIBLE mg/m3	Horas Semana	TLv B&S Semana	TLv B&S Diario	TLv B&S Diario	RANGO DE EXPOSICIÓ N	CLASIFICAC IÓN DEL RANGO DE EXPOSICIÓN
1	22/IV/2023	VICENTE JOSE JIMENEZ PICO	OPERADOR DE MOLINO	78.018.515	10,0	120,0 Min	2,49 Lt/min	0,021m3	0,002 mg/m3	3 mg/m3	47,0 H	0,002 mg/m3	8,0 H	0,002 mg/m3	0,03%	MÍNIMA
2									#¡DIV!0!				7,813		#¡DIV!0!	#¡DIV!0!
3		MUESTRA BLANCO	N/A	N/A	< LOQ	N/A	N/A	0,0	0				7,813		0,00%	NULA

NULA	0	0,00%
MINIMA	1	100,00%
BAJA	0	0,00%
MODERADA	0	0,00%
ALTA	0	0,00%
TOTAL	1	100%



Anexo C: Certificación de calibración



**CERTIFICADO
DE CALIBRAÇÃO**

Nº 32.266-2022

DADOS DO CLIENTE:

Nome: Gestão Estratégica De Asesorías y Consultorías GEST S.A.S NIT.
Endereço: Avenida Venezuela, N°305 - Cartagena/Colombia.

DADOS DO INSTRUMENTO CALIBRADO:

Descrição: Bomba de amostragem **Nº Série:** 22010501502A
Fabricante: Inlite **Tag:** ---
Modelo: Ventus **Nº OS:** ---
Data de Calibração: 04/08/2023 **Procedimento de Calibração:** Pt-09-rev.00
Data de Emissão: 04/08/2023

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura: 25C° ± 3°C **Umidade Relativa Ar:** entre 35% e 70%

RASTREABILIDADE:

Identif.	Nº. Cert.	Validade
Calibrador de fluxo	248-2020	30/01/2024
Medidor de Umidade e Temperatura	1N306X20	17/08/2023

RESULTADO DA CALIBRAÇÃO:

Bomba de amostragem (l/min)				
VR	VI	EI	± U	K
1,0	1,0	0,0	0,1	2,0
2,0	2,0	0,0	0,1	2,0
3,0	3,0	0,0	0,1	2,0

Ensaio da estabilidade da vazão em função do tempo

Valor de referência (l/min): 1,506 ***Tolerância:** 5%

Tempo (h:min)	Vazão média (l/min)	EI	± U
00:10	1,519	0,86%	1%
00:30	1,513	0,46%	1%
01:00	1,502	-0,27%	1%

* Tolerancia informada na Resolução nº9 (Anvisa) e Norma de Higiene Ocupacional NHO-07

NOTAS:

- VR:** Valor Convencional, valor correspondente ao padrão utilizado.
VI: Valores de Indicação, resultado obtido da média aritmética na unidade da grandeza correspondente ao instrumento sob calibração.
EI: Erro de Indicação, (VI - VR).
U: A Incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, que para uma distribuição t-Student correspondente a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95,45%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

- Os resultados deste certificado refere-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- Este certificado não tem valor para fins de metrologia legal e se limita exclusivamente ao instrumento calibrado.
- Os resultados são válidos somente para o estado do instrumento no momento da calibração.

Assinado de forma digital por DAIANE
TRINDADE COSTA.00087748037
DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Secretaria da
Receita Federal do Brasil - RFB, ou=RFB e CPF
A1, ou=SEM BRANCO, ou=Autenticado por AR
CNB CF, cn=DAIANE TRINDADE
COSTA.00087748037

Signatario Autorizado

Página 1/1

Fone: (51) 3078-1318 / (51) 3078-3001
E-commerce: www.instrubras.com.br
E-mail: calibracao@instrubras.com.br

Razão Social: Edj Suprimentos Corporativos Ltda-Me
Cnpj: 21.300.899/0001-85
Rua 24 de Agosto 2801, Sala 101/102 - Bairro Olímpica
Esteio/RS - CEP 93280-135

**Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión
para la transformación del territorio.**
Carrera 6ª. No. 77-305 Montería - NIT. 891080031-3
www.unicordoba.edu.co



Certificado SC 5278-1