

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Estrategias de producción más limpia en la Empresa Agroindustrial  
Pomalca SAA para disminuir el impacto ambiental**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Ana Luz Del Milagro Cabellos Requejo**

**ASESOR**

**DIANA PECHE CIEZA**

**<https://orcid.org/0000-0002-1787-9758>**

**Chiclayo, 2023**

**Estrategias de producción más limpia en la Empresa  
Agroindustrial Pomalca SAA para disminuir el impacto  
ambiental**

PRESENTADA POR

**Ana Luz Del Milagro Cabellos Requejo**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa  
PRESIDENTE

Maria Luisa Espinoza Garcia  
SECRETARIO

Diana Peche Cieza  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios y a mis abuelos: Santos Requejo y Victor Requejo, por el amor que siempre me brindan cada día para seguir adelante en esta vida.

A mi madre Lia Requejo Aguilar, a mi padre Walter Cabellos Goicoechea y a mis hermanos Jeyson y Jhon Cabellos Requejo, por el sacrificio que realizan para brindarme la oportunidad de tener un mejor futuro.

## **Agradecimientos**

A Dios por siempre estar presente en mi día a día motivándome a seguir adelante y a mi familia por confiar en mí durante toda mi carrera universitaria.

A la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo por inculcarme conocimientos durante estos cinco años.

A la ingeniera Diana Peche Cieza y Anabel Zegarra por sus consejos a lo largo del desarrollo de la investigación.

---

INFORME DE ORIGINALIDAD

---

**22%**

INDICE DE SIMILITUD

**22%**

FUENTES DE INTERNET

**7%**

PUBLICACIONES

**4%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>es.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.conadesuca.gob.mx</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>link.springer.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>www.dspace.uce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.ute.edu.ec</b> Fuente de Internet	

## Índice

Resumen .....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
Revisión de literatura .....	9
Materiales y métodos .....	11
Resultados y discusión .....	12
Conclusiones .....	21
Recomendaciones.....	22
Referencias .....	22
Anexos.....	26

## Resumen

La presente investigación tiene por objetivo proponer estrategias de producción más limpia para disminuir el impacto ambiental en la empresa agroindustrial Pomalca SAA. La empresa en mención posee equipos y maquinarias con una antigüedad superior a 50 años, excluyendo 2 máquinas centrífugas que fueron repotenciadas; éstas cuentan con motores de combustión interna, por lo cual utilizan diésel que, a su vez, genera gases contaminantes y cambios en la composición atmosférica. Por ello, se analizó el impacto ambiental del proceso productivo del azúcar de caña a través de una matriz de valorización de impactos ambientales, resultando 6 impactos negativos moderados y 8 impactos negativos compatibles. Posteriormente, se establecieron estrategias de producción más limpia a fin de reducir el impacto ambiental en función de las etapas que generan mayor contaminación, identificándose 4 estrategias, entre las cuales fueron: la capacitación de operarios en temas de manejo de residuos; la instalación de trampas de grasa en la etapa de lavado y limpieza; paredes acústicas en el área de producción; y, por último, la recirculación del agua para reutilizarla en el proceso de evaporización. Finalmente, se realizó un análisis económico – ambiental de la propuesta, resultando un TMAR del 10%, una TIR del 13,5% y un VAN de S/ 6 347.62; concluyéndose la viabilidad económica y financiera de las estrategias propuestas.

**Palabras clave:** Estrategias de producción más limpia; azúcar de caña; contaminación; análisis de impacto ambiental.

## Abstract

This research aims to propose cleaner production strategies to reduce the environmental impact on the agro-industrial company Pomalca SAA. The aforementioned company owns equipment and machinery with an antiquity of more than 50 years, excluding 2 centrifugal machines that were refurbished; these have internal combustion engines, therefore they use diesel that, in turn, it generates polluting gases and changes in atmospheric composition. Therefore, the environmental impact of the cane sugar production process was analyzed through an environmental impact valorization matrix, resulting in 6 moderate negative impacts and 8 compatible negative impacts. Subsequently, cleaner production strategies were established in order to reduce the environmental impact according to the stages that generate greater pollution, identifying 4 strategies, among which were: the training of operators in waste management issues; installation of grease traps at the washing and cleaning stage; acoustic walls in the production area; and, finally, recirculation of water to reuse it in the evaporation process. Finally, an economic - environmental analysis of the proposal was made, resulting in a TMAR of 10%, a TIR of 13.5% and a VAN of S/.6 347,62, concluding the economic and financial viability of the proposed strategies.

**Keywords:** Cleaner production strategies; cane sugar; pollution; environmental impact analysis.

## Introducción

Para diversos países en progreso, la industrialización es el medio clave para lograr una transformación sustancial y un crecimiento económico; sin embargo, conlleva consecuencias negativas como el agotamiento de recursos, deterioro ecológico y contaminación ambiental. Para contrarrestar dichos conflictos, muchas industrias utilizan la producción más limpia (PML) ya que es considerada como el mejor método para lograr un desarrollo sostenible [1]. Es por ello, que La Delegación Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo la define como una estrategia ambiental para mejorar la eco eficiencia [2]; la cual consiste en la aplicación continua de estrategias ambientales preventivas para reducir el impacto negativo ocasionado por los procesos, productos y servicios que afectan a las personas y el medio ambiente [3].

El sector industrial peruano, en el año 2021, registró un incremento del 17,7% con respecto al año anterior, esto debido al dinamismo de todas las industrias [4]. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, aproximadamente 492 mil peruanos dependen directa o indirectamente de la producción de caña de azúcar ya que este sector logró un incremento económico, ambiental y social del área ocupada [5]. No obstante, las actividades llevadas a cabo en la producción de este alimento generan impactos negativos al medio ambiente debido a la emisión de gases de combustión; vertimiento de efluentes; generación de residuos como la cachaza y el bagazo; entre otros, los cuales afectan la calidad del aire, agua y suelo.

En el distrito de Pomalca, la principal y más importante actividad económica es la producción de azúcar. La empresa agroindustrial Pomalca SAA elabora este alimento siguiendo un proceso tradicional y utilizando maquinaria antigua con un tiempo de funcionamiento superior a 50 años, a excepción de 2 máquinas centrífugas que fueron repotenciadas [6]; todas ellas operan con motores de combustión interna que utilizan como combustible el diésel, el cual genera de 80-90% de óxido de nitrógeno, 50% de compuestos orgánicos totales y 87% de monóxido de carbono [7], ocasionando impactos negativos en la composición atmosférica. Adicionalmente, en la auditoría realizada, se concluyó que existe solo el 5,21% de cultura ambiental pues cumple menos del 50% de las leyes medio ambientales y no cuenta con estrategias de PML que maximice la reutilización y el ahorro de recursos.

Ante esta problemática, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Mediante la aplicación de estrategias de producción más limpia en la empresa agroindustrial Pomalca SAA es posible disminuir el impacto ambiental? Con ello, se tuvo como objetivo general proponer estrategias de producción más limpia para disminuir el impacto ambiental en la empresa agroindustrial Pomalca SAA. Además, los objetivos específicos fueron: Analizar el impacto ambiental del proceso productivo de azúcar en la empresa agroindustrial Pomalca SAA;



establecer estrategias de producción más limpia para disminuir el impacto ambiental en la empresa agroindustrial Pomalca SAA y; por último, realizar un análisis económico ambiental de la propuesta.

### **Revisión de literatura**

Bell *et al.* [8] en su artículo de investigación titulado: *Operaciones de producción más limpia para la implementación en la industria de azúcar cubana*, identificaron, mediante un diagrama de flujo, los problemas asociados a prácticas no amigables en esta industria. Enumeraron las medidas y acciones desde el campo, pesaje, molienda y área de producción, incluyendo la evaporación, cristalización, almacenaje y enfriamiento. Finalmente, se concluyó que el consumo del agua es el más afectado proponiéndose la implementación de un control de conductividad online para garantizar la calidad requerida en los condensados y trampas de grasa para recolectar sólidos que pueden ser incinerados en la caldera junto con el bagazo.

Según Alkaya *et al.* [9] en su investigación titulada: *Reducción del agotamiento de agua y energía en la industria mediante un enfoque de producción sostenible*, identificaron procesos y prácticas que tienen mucho potencial de ahorro de agua y energía. Para ello, se llevó a cabo la aplicación de cambios tecnológicos en los procesos de enfriamiento de agua y aire del sistema de transferencia. Con ello, se concluyó que dicha investigación redujo un 46,7% el consumo de agua, ahorrando 151,43 m<sup>3</sup>/año, 117,85 kWh y 69,53 kg CO<sub>2</sub>/año.

Bravo *et al.* [10] en su artículo de investigación titulado: *Prevención, minimización y control de la contaminación ambiental en un ingenio azucarero de México*, propusieron la disminución de emisión de partículas y de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) mediante la instalación de un sistema de generación de vapor conformado por 4 calderas mixtas con sistema de control de partículas ciclónico vía húmeda y una caldera 100% bagacera de 65 000 kg/h de vapor con un sistema de control de partículas multiciclónico vía seco. A partir de dicha instalación, los autores lograron disminuir, en promedio, 325 kg de residuos sólidos al día.

Hiloidhari *et al.* [11] en su investigación titulada: *Life cycle assessment of sugar and electricity product under different sugarcane cultivation and cogeneration scenarios in India*, analizaron la variación del desempeño energético y ambiental de la cogeneración de bagazo bajo diferentes prácticas de cultivo de caña de azúcar y tecnologías con el objetivo de aprovechar los residuos y practicar una producción más limpia. Para ello, utilizaron un estudio LCA de granja a fábrica en Maharashtra utilizando los subproductos de la caña de azúcar como: lodo de prensa y ceniza de bagazo. Los autores concluyeron que dicho alimento es una materia prima esencial para la producción de bioenergía y otros bio productos.

Según Diaz *et al.* [12] en su artículo titulado: *Acciones para el control de los residuales líquidos en la empresa azucarera 5 de septiembre*, realizaron una caracterización a la descarga de aguas residuales a aguas terrestres y determinaron el impacto de éstas en las organizaciones receptoras. Posteriormente, diseñaron un procedimiento de control para dichos residuos líquidos con el objetivo de no generar materiales sólidos de dimensión; dicho control se basó en la limpieza de la red de tuberías de polipropileno y exigió que los cálculos y el diseño del caudal cumplan lo establecido, es decir 45 L/s y un volumen diario de 3 636 m<sup>3</sup>.

Gonçalves *et al.* [13] en su artículo titulado: *“Opportunities and challenges for the use of cleaner production to reduce water consumption in Brazilian sugar-energy plants”*, tuvieron como objetivo identificar las oportunidades y desafíos de la implementación de la PML en empresas azucareras brasileñas para reducir el volumen de agua. Esta implementación incluyó el monitoreo de la calidad del aire, el control de la contaminación del agua, el ahorro de energía y la minimización de desechos y efluentes; por ello, realizaron la implantación de un hidrómetro para el control continuo del caudal y tratamientos para los gases de combustión originados por las calderas. Los autores concluyeron que los fundamentos de la PML contribuyen a la solución de los problemas ambientales en el proceso productivo de azúcar y etanol.

Sirirat *et al.* [14] en su artículo de investigación titulado: *Comparative adsorptions of lead in synthetic wastewater by zeolite A synthesized from recycled industrial waste from sugar factories and power plants*, utilizaron desechos industriales para la adsorción de metales pesados como el plomo y la disminución de residuos industriales aplicando el método modificado de síntesis de zeolita A. Este procedimiento tiene como materia prima a las cenizas volantes de bagazo y carbón, las cuales eliminan el 100% de plomo con condiciones óptimas de 0,02 g; 2 h; pH de 5; y 10-70 mg/L otorgando una alta calidad del agua procesada.

Karica *et al.* [15] en su artículo de investigación titulado: *Agricultural wastes as biosorbents for the removal of inorganic contaminants in wastewater treatment*, tuvo por objetivo eliminar una amplia gama de contaminantes encontrados en las aguas residuales. Por ello, propusieron utilizar biosorbentes derivados de residuos agrícolas para crear un ciclo donde los materiales de desecho se reutilicen. Dicho procedimiento resultó ser rentable, ya que al disminuir 1 000 toneladas de residuos orgánicos y alimentarios se genera un 60 % más de producto bruto interno y un 40 % más de puestos de trabajo mediante programas de desechos domésticos de alimentos.

Nahyoon *et al.* [16] en su investigación: *Efficient photocatalytic treatment of sugar mill wastewater with 2% Ag 3 PO4 /Fe / GTiP nanocomposite*, tuvieron como finalidad disminuir la contaminación de agua de los ingenios azucareros de Pakistán mediante un catalizador de heterounión compuesto por óxido de grafeno, fosfato de titanio y óxido de hierro.

Luego de su aplicación, se concluyó que la degradación de estas aguas bajo la luz visible de una lámpara halógena de 50 W logra la disminución del pH de 9,5 a 9,2; así como la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a 19,5 bajo luz visible y 5,8 sin luz visible.

Zhang *et al.* [17] en su artículo: *Green sugar production by membrane technology: how far is it from industrialization*, tienen como finalidad evaluar la aplicación de la filtración por membrana en la producción de azúcar para eliminar las impurezas del jugo y obtener una mejor calidad. Dichos autores afirman que esta técnica reemplaza el proceso de clarificación y decoloración evitando el uso de productos químicos; además, ofrece una menor turbidez, acorta el tiempo de procesamiento, tiene una alta eficiencia energética, mejora el rendimiento y la recuperación, y reduce los costos de operación.

### **Materiales y métodos**

La presente investigación fue de tipo descriptiva, cuantitativa no experimental, y se llevó a cabo en la empresa agroindustrial Pomalca SAA, específicamente en el área de producción. Se realizó mediante el uso de técnicas como observación, análisis de documentos, encuestas y análisis de laboratorio.

Analizar el impacto ambiental del proceso productivo de azúcar en la empresa agroindustrial Pomalca SAA. En primer lugar, se estudió el proceso productivo del azúcar y se elaboró un diagrama de bloques del mismo con el objetivo de evaluar detalladamente cada una de las actividades. Luego, se determinó los aspectos ambientales del proceso y se hallaron los componentes ambientales; lo cual facilitó la identificación de impactos que aquejan el medio físico, biológico y social [18]. Para ello, se elaboró una matriz de significancia tomando en cuenta los siguientes componentes: aire (calidad del aire, ruido), agua (calidad del agua, caudal), suelo (calidad del suelo), vegetación (flora, vegetación), fauna terrestre (mamíferos, aves, insectos), y social (salud, economía, grupos u organizaciones de interés, territorio y recursos naturales); cada uno fue calificado ya sea de forma positiva o negativa; si el impacto fue calificado con un puntaje entre 0 y 25 se determinó como “moderado” y si fue calificado con un puntaje entre 25 y 50 se determinó “compatible”. La metodología fue la detallada [28].

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis documental con el propósito de obtener indicadores ambientales; estos documentos fueron otorgados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), quien realizó un análisis de efluentes en la empresa evaluada, basándose en dos métodos: ASTM D7066-04 y SMEWW-APHA-AWWA-WEF [19]. Asimismo, se tomó en cuenta los documentos otorgados por el laboratorio NSF, quien ejecutó el análisis de caracterización de aguas utilizando el método ENVIROLAB [20], y llevó a cabo un control de emisiones de gases en el área de producción. Estos indicadores fueron

comparados, en primer lugar con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del sector industrial de la cerveza con el objetivo de determinar si las emisiones o efluentes generados por la empresa van de acuerdo a la calidad que debe tener el ambiente y, además, verificar si los niveles de concentración de estos residuos generan riesgos para la salud y entorno. Cabe resaltar que, aquellos indicadores que no pudieron ser comparados con los LMP debido a la falta de información, éstos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), con el objetivo de llegar a una conclusión sobre la situación ambiental que aqueja la empresa.

También, se realizó la recopilación de información mediante la observación directa y la aplicación de una encuesta. Esta encuesta tuvo como finalidad averiguar la causa de los problemas ambientales ocasionados por la fabricación de azúcar y tuvo como población a los trabajadores del área de producción; esta encuesta se encuentra en el anexo 1 y fue realizada siguiendo un muestreo por conveniencia pues permitió tomar en cuenta solo a las personas que acepten ser encuestadas a pesar del nivel de contagio ocasionado por la COVID-19.

*Establecer estrategias de producción más limpia para disminuir el impacto ambiental en la empresa agroindustrial Pomalca SAA.* Luego de identificar los impactos ambientales ocasionados por la producción de azúcar, se tomaron en cuenta solo aquellos impactos calificados como moderados pues presentan un mayor puntaje con respecto a los restantes. De acuerdo a dicho resultado, se determinaron las estrategias tomando en cuenta la revisión de antecedentes científicos y el proceso en el cual es ocasionado dicho impacto.

*Realizar un análisis económico ambiental de la propuesta.* Para ello, se cuantificó los costos y gastos del proyecto tomando en cuenta las máquinas, equipos y personal contratado para las capacitaciones. Después, se estableció la dimensión de la inversión y se halló el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el beneficio-costo y el tiempo de recuperación de la inversión del proyecto. Para el análisis ambiental después de la propuesta, se realizó una simulación que dio como resultado cómo mejoraría la situación ambiental de la empresa, concluyendo en los tipos de impactos que ésta presentaría

## **Resultados y discusión**

### *Analizar el impacto ambiental del proceso productivo de azúcar en la empresa agroindustrial Pomalca SAA*

La empresa Agroindustria Pomalca SAA se dedica a producir azúcar y se encuentra ubicada en el km 7 de la carretera Chiclayo – Chongoyape, distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque [21]. El proceso que sigue esta empresa empieza con la recepción de caña, la cual es transportada mediante grúas de hilos hacia la zona de descarga; luego, la caña pasa por una cinta transportadora donde se lleva a cabo el lavado a una temperatura de

35°C a fin de eliminar impurezas, este proceso cuenta con 3 bombas de agua; sin embargo, solo utilizan dos de ellas. Posteriormente, la caña lavada es picada y desfibrada en dispositivos giratorios; después, pasa por la molienda donde se extrae el jugo, este proceso utiliza compresión del colchón del bagazo y mazas encontradas en cada molino a una temperatura de 60 – 80°C. Seguido a ello, es purificada pasando por 3 factores: cal, calor y sedimentación, con el objetivo de operar continuamente y extraer el jugo de la cachaza. A continuación, es evaporada y el jugo obtenido posee alrededor del 85% de agua y 15% de sólidos, mientras que la melaza contiene de 58 – 62% de sólidos. Esta melaza es cristalizada en un sistema de tres cocimientos para obtener mayor concentración de sacarosa; el producto se centrifuga en módulos con 3 mallas de orificios perforados y es lavado con vapor de agua hasta formar los cristales de azúcar, el tiempo varía desde 2 a 4 minutos. Finalmente, se seca y envasa, ésta debe contener de 0,02% - 0,04% de humedad; para ello, se circula aire caliente y se envasa en sacos de 25 kg y 59 kg. Dichos sacos son almacenados a temperatura ambiente [22] [23]. El diagrama de este proceso y las máquinas utilizadas se encuentra en el anexo 2; el rendimiento de la producción de los dos últimos años se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Producción 2020 – 2021**

Concepto	2021	2020	Variación (%)
Extracción (%)	91,85	91,43	0,5
Retención (%)	86,13	84,21	2,3
Recobrado (%)	79,11	76,99	2,8
Producción en bolsas de 50 kg (unidad)	1 472 338	1 323 160	11,3
Rendimiento (kg/t)	104,16	99,13	5,1

**Fuente: Elaboración propia en base a [24].**

Como se observa, la producción de un año a otro ha variado de forma positiva, obteniendo mayor variación en la producción de bolsas de 50 kg, la cual aumento en 11,3%; seguido del rendimiento de la producción en kg/t procesada, que aumentó en 5,1%.

#### *Identificación de impactos*

Según la matriz de valorización de impactos ambientales encontrado en el anexo 3, se identificó un total de 6 impactos negativos moderados causados por las siguientes actividades: molienda, purificación y evaporación, y además, se encontró 8 impactos negativos compatibles relacionados con los diferentes componentes considerados, siendo el agua el más afectado pues representó una importancia de -42. En la tabla 2 se encuentran los resultados de la evaluación según cada factor e impacto ambiental.

Los resultados de la matriz presentada anteriormente son originados debido a distintos procesos y operaciones que se llevan a cabo en la producción de caña; por ejemplo, al momento de realizar la molienda, la caña pasa por un proceso de filtros por dos grandes razones: para

poder realizar una molienda más efectiva y para obtener productos mucho más limpios; sin embargo, este proceso genera mayor consumo de agua y de energía, produce residuos orgánicos y efluentes como aceites y grasas, y por último, sólidos totales suspendidos. La molienda también puede ser realizada en un tándem de hasta 6 molinos de 4 mazas cada uno o en un difusor con molino secador; pero, le problema es que éstos generan emisiones de gases [22]. Este tipo de contaminación puede ocasionar patologías en la sociedad, principalmente las de índole respiratorio y ocular. Las partículas de bagazo también pueden generar un impacto negativo, ocasionando neumonitis por hipersensibilidad, mejor conocido como “bagazosis” y que pertenece al grupo de enfermedades bronco-respiratorias [22].

**Tabla 2. Resumen de la matriz de valorización de aspectos e impactos ambientales**

Medio	Factor ambiental	Impacto ambiental	Importancia	Clasificación
Físico	Calidad del aire	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado	-26	Moderado
		Alteración de la calidad del aire por generación de emisiones gaseosas	-34	Moderado
	Ruido	Incremento de los niveles de ruido	-22	Compatible
	Calidad del agua	Alteración de la calidad del agua por incremento de sedimentos	-42	Moderado
	Caudal	Cambio en el caudal de los cursos de agua	-42	Moderado
	Calidad del suelo	Calidad del suelo	-19	Compatible
Biológico	Flora y vegetación	Pérdida de cobertura vegetal	-21	Compatible
	Mamíferos, aves, insectos	Alteración de la flora por presencia de material particulado	-16	Compatible
	Salud	Riesgos físicos y enfermedades	-38	Moderado
Social	Economía	Oportunidad de generación de empleo local	-24	Compatible
	Grupos y organizaciones de interés	Cambios en hábitos y costumbres de la población local	-18	Compatible
		Cambios en la forma de organización social	-16	Compatible
	Territorio y recursos naturales	Temores de contaminación ambiental	-34	Moderado
		Expectativas de mayor inversión social	-16	Compatible

**Fuente: Elaboración propia.**

En el proceso de purificación, se utilizan clarificadores que constan de un eje central que gira muy lentamente; también, cuentan con bandejas y bombas de diafragma. Dicho eje opera con una velocidad de rotación de 8 r/h, esto genera un alto consumo de energía y produce emisiones de gases. Además, al extraer partículas contaminantes del jugo se generan residuos

inorgánicos y efluentes. La empresa no cuenta con un manejo adecuado de sus residuos; es por esto, que es necesario capacitar a los operarios para atender de manera inmediata los problemas que aquejan al medio ambiente y, a su vez, a la salud de los mismos [25].

Otro proceso causante de los impactos negativos presentes en el estudio es la evaporación la cual, tiene como principal objetivo eliminar el agua. Dicho componente es sinónimo de contaminación ya que no es tratado adecuadamente, solo es almacenada y vertida directamente en los ríos o arroyos cercanos a la industria, esto provoca problemas para las comunidades de la zona, quienes comunmente son afectadas por los efluentes y gases emitidos [25].

En la tabla 3 se presentan los residuos generados por cada actividad de la empresa agroindustrial Pomalca SAA.

**Tabla 3. Matriz de residuos generados en el área de producción**

Actividad	Residuo	Observación
Lavado	Efluentes	Salida total, considerando todas las actividades, de 1 120 L/d. Contiene coliformes y sólidos suspendidos
Molienda	Cenizas de bagazo	960 t/d aproximadamente
	Gases de combustión	50 kg de $CO_2$ /t de caña procesada
Purificación	Cachaza	105 t/d aproximadamente
	Gases de combustión	Ocasionado por la operatividad del clarificador
	Efluentes	Salida total, considerando todas las actividades, de 1 120 L/d. Contiene coliformes y sólidos suspendidos
	Grasas y aceites	16 864 mg/L de efluentes
Evaporización	Efluentes	Salida total, considerando todas las actividades, de 1 120 L/d. Contiene coliformes y sólidos suspendidos
	Gases de combustión	Ocasionado por la operatividad de la máquina evaporadora
Cristalización	Bolsas de cal	7,5 kg/d aproximadamente
Centrifugación	Melaza	15% por t de caña procesada
Secado y envasado	Bolsas de papel	0,5 kg/mes aproximadamente
Almacenamiento	Cartón y plástico	Cantidad variable según producción diaria

**Fuente:** Elaboración propia en base a [6].

#### *Análisis de efluentes*

Los efluentes generados en el proceso de producción fueron analizados por el OEFA cuyos resultados se muestran en la tabla 4.

Según lo mostrado en la tabla 4, todos los valores de los parámetros analizados superan el valor que sugiere la norma, lo cual da a entender que la empresa no asegura la calidad ambiental en sus operaciones diarias. La mayor variación es representada por los aceites y grasas las cuales, son generadas en el proceso de purificación.

**Tabla 4. Análisis de efluentes**

Parámetro	Unidad	Resultado	LMP
Aceites y grasas	mg/L	16 864	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5)	mg/L	12 413	1 000
Sólidos totales suspendidos	mg/L	12 440	500

Fuente: Registro 2020 de la empresa Agroindustrial Pomalca SAA.

#### *Análisis de agua*

El análisis del agua generada como residuos en el proceso de evaporación fue realizado por el laboratorio NSF y los resultados se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5. Análisis de agua**

Parámetro	Unidad	Resultado	LMP	ECA
Color	Pt/Co	43,2	-	15
Turbidez	UNT	553	-	100
Temperatura	°C	28,9	35	30
Conductividad	μS/C	1 054	-	1 500
pH	-	7,61	6 - 9	8,5

Fuente: Registro 2020 de la empresa Agroindustrial Pomalca SAA.

Según los resultados de los parámetros y los valores establecidos por los ECA, el color y la turbidez no cumplen con la calidad ambiental adecuada. Sin embargo, los otros parámetros, como la temperatura y el pH, comparados con los LMP si se cumplen la norma. Por lo cual, se concluye que el agua residual de dicho proceso debe ser clarificada para asegurar la calidad.

#### *Análisis de gases*

El análisis de gases fue realizado por el laboratorio LABECO teniendo en cuenta tres ubicaciones: despacho, almacén y garita de control. Estos gases son producidos, en su gran mayoría, por la combustión de las calderas, las cuales son llevadas a cabo por la operación de molienda. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6. Análisis de gases**

Parámetro	Unidad	Resultado	ECA
Monóxido de carbono	μ/m3	96 067	30 000
Dióxido de nitrógeno	μg/m3	30 785	200
Dióxido de azufre	μg/m3	26,50	20
Sulfuro de hidrogeno	μg/m3	20,09	150

Fuente: Registro 2020 de la empresa Agroindustrial Pomalca SAA.

Según la tabla anterior, los valores de los parámetros analizados superan el valor que sugiere la norma, excepto el valor de sulfuro de hidrógeno; asimismo, el monóxido de carbono es el gas que representa mayor contaminación.



### *Encuesta*

De acuerdo a los resultados de la encuesta realizada, el 100% de los trabajadores del área de producción de la empresa son del sexo masculino, de los cuales más del 50% viven en el distrito de Pomalca hace más de 20 años. El 100% de los trabajadores se preocupan por el impacto en la salud ocasionado por la quema de caña de azúcar; además, son conscientes de los riesgos del trabajo. Por otro lado, el 60% de los trabajadores presentan un problema de salud debido a sus actividades y el 70% de ellos consideran que su estado de salud es regular. Asimismo, el 70% de los trabajadores no están de acuerdo con la quema de caña de azúcar y el 30% restante justificaron que es el único método que conocen. Por otro lado, el 50% del agua utilizada en el proceso del lavado de caña es desechada en ríos; por lo que el 100% de los trabajadores reconocen que la empresa debe tener un control del recurso hídrico para mitigar los daños.

### *Establecer estrategias de producción más limpia para disminuir el impacto ambiental en la empresa agroindustrial Pomalca SAA*

De acuerdo a los impactos mostrados en la tabla 2, se propusieron distintas estrategias para los 6 impactos moderados ocasionados por la producción de la empresa evaluada. Éstas son mostradas en la tabla 6.

En este sentido, para disminuir la alteración de la calidad del agua se propuso utilizar una trampa de grasa, cuya ficha técnica se encuentra en el anexo 4. Esta trampa sirve para separar los residuos sólidos y las grasas que salen del proceso de lavado para luego ser desembocadas en la tubería principal que se dirige al campo de la empresa. Asimismo, tiene un volumen de 95 L y cuenta con dos compartimentos, ambos separados por una rejilla de acero inoxidable; el primer compartimento es el encargado de no dejar pasar los sólidos, mientras que el segundo separa la grasa del agua. Estas trampas deben ser limpiadas una vez a la semana para que, de esta manera, los residuos que quedan atrapados en este equipo sean retirados.

Asimismo, para disminuir la alteración de la calidad del agua debido a los sólidos de cachaza en el proceso de purificación, se propuso llevar a cabo un sistema de tratamiento primario donde se utiliza un tamizado grueso. Este equipo intercepta y retiene los sólidos gruesos presentes en el agua residual y está compuesto por barras o varillas paralelas; también consta de un rastrillo que es empleado para remover los residuos acumulados por la rejilla, teniendo como finalidad proteger la depuradora de los residuos de cachaza que pudieran crear obstáculos. La ficha técnica del equipo mencionado se encuentra en el anexo 4.

Se propuso un proceso de recirculación de agua a fin de disminuir los cambios en el caudal; dichos cambios son originados debido a la gran cantidad de sedimentos encontrados en el jugo de caña de azúcar y que existen por las impurezas que llegan del campo (hojas, arena y restos

del tallo de la caña). Este proceso separa los residuos sólidos del agua que sale del proceso de purificación; para ello, es necesario contar con un tanque de recirculación circular de 24 m de diámetro y 6 m de profundidad; así como también, redes de recirculación, dos válvulas tipo check, un medidor, dos bombas de recirculación, un sistema de control de nivel para el tanque y, por último, un canal de entrada en concreto para el tanque de retorno. Este sistema es encontrado en el anexo 4.

**Tabla 7. Estrategias de producción más limpia**

Impactos	Estrategias	Descripción
Alteración de la calidad de agua por sedimentos provenientes del primer lavado de la caña que posteriormente se dirige a la tubería principal para ser desembocada en el campo.	Instalar trampas de grasas en el canal principal del lavado	Su función es separar los residuos sólidos y las grasas del agua que sale del proceso del lavado para ser desembocada en el campo
	Limpiar trampas de grasas del canal principal del lavado una vez a la semana	Retirar los residuos que se encuentran suspendidos en la superficie del agua que quedan atrapados por la trampa de grasa
Alteración de la calidad del agua debido a grandes proporciones de agua de cachaza en la etapa de purificación	Sistema de tratamiento primario	Mediante el proceso de tamizado grueso se retienen los sólidos de cachaza presentes en el agua
Cambio en el caudal de agua por la concentración de impurezas contenidas en el jugo resultante de la purificación de caña.	Proceso de recirculación de agua	Sistema en el cual el agua es tratada para luego ser reutilizada en el proceso de evaporización
Alteración de la calidad del aire por generación de emisiones gaseosas debido a la combustión en las calderas por las cenizas de bagazo.	Sistema de separación de partículas multi ciclónico vía seco	Permite conseguir la máxima superficie filtrante en las salidas de las calderas a través de impulsos de aire comprimido mediante un programador de ciclos
Incremento de los niveles de ruido emitidos por las máquinas del área de fábrica	Paredes acústicas en el área de fábrica	Evitar el ruido entre áreas y reducirlo dentro del área de producción
Riesgos físicos y enfermedades por las partículas de bagazo a la hora de extraer el jugo de la caña de azúcar	Capacitar a los operarios para el adecuado manejo de los residuos	Técnicos y especialistas capacitados en el tema económico ambiental compartiendo métodos que van evolucionando

**Fuente: Elaboración propia.**

El sistema de separación de partículas multi ciclónico vía seco fue propuesto con el objetivo de disminuir las emisiones originadas por la combustión de las calderas. Este sistema se muestra en el anexo 4 y debe ser instalado en la salida de dichas máquinas para que el gas emitido ingrese al ciclón tangencialmente y sea centrifugado por la pared del mismo. Posteriormente, éstos descienden en forma de espiral y se escapan hacia arriba con una presión de ciclones de 50 a  $130 \frac{daN}{m_2}$  [26]. Cabe resaltar que, este sistema cuenta con una alta eficiencia pues fueron diseñados exclusivamente para remover hasta el 70% de material particulado y disminuir la contaminación del aire.

Por último, se consideró que es necesario realizar capacitaciones a los operarios del área de producción, cuyos temas se encuentran relacionados con el manejo adecuado y estratégico de

los residuos con el objetivo de adquirir y desarrollar habilidades y conocimientos para el correcto desenvolvimiento en las actividades asignadas. Las capacitaciones serán dictadas por un ingeniero sanitario, enfocándose en la importancia de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para disminuir los riesgos físicos y enfermedades de los trabajadores. La tabla 7 muestra los temas a tratar, los cuales se llevarán a cabo en el año 2023, en el periodo de enero a junio, trabajando dos temas por mes, culminando cada reunión los operarios serán evaluados para verificar los nuevos conocimientos adquiridos.

**Tabla 8. Temario de las capacitaciones**

<b>Temario</b>
Conceptos generales de SST
Protección del ambiente y salud
Responsabilidad compartida
SST en los procesos de producción
Medidas de contención primaria y secundaria
Evaluación de riesgos físicos
Importancia de los ECA
Prevención de sustancias infecciosas
Riesgos disergonómicos en las industrias
Manejos de desechos peligrosos
Incineración
Sostenibilidad de la gestión de residuos sólidos

**Fuente: Elaboración propia.**

#### Realizar un análisis económico ambiental de la propuesta

Con respecto a la inversión, se consideró las capacitaciones y el valor de las siguientes máquinas: trampa de grasa, tuvo de alcantarillado, válvula, desbaste, bomba de recirculación, separador de partículas multi ciclónico vía seca y, por último, un medidor. Se consideró una inversión de capital bancario privado (Banco Santander) de S/. 86 320 de los cuales serán devueltos en un plazo de 3 años con un interés del 7,84%, el proyecto es rentable porque evita que la empresa reciba una multa por no cumplir con los requerimientos ambientales por el estado, la cual es de S/. 115 000. En cuanto a los gastos administrativos y de ventas se tuvo un valor de S/. 72 320 y los precios de cada máquina se encuentran en el anexo 5. Cabe mencionar que, el porcentaje que se consideró de impuestos fue de 29,5% [27].

De acuerdo al flujo de caja encontrado en el anexo 5, la inversión es cubierta al tercer año, en el primero el saldo final fue positivo de S/. 8 460. Posterior a ello, en el tercer año se tuvo un monto de S/. 201 715. Por otro lado, se estableció que la TMAR es del 10%, la cual es menor a la TIR hallada pues esta tuvo un valor de 13,5%, en cuanto al VAN este fue de S/. 6 347,62.

Finalmente, se analizó el costo-beneficio del proyecto concluyendo que por cada sol invertido la empresa obtendrá una ganancia de S/. 1,33.

De acuerdo a las propuestas planteadas, se logró disminuir el impacto de moderado a compatible de 4 factores, entre los cuales se encontraron: la calidad del aire, calidad del agua, caudal y salud de los trabajadores. En este sentido, la matriz de valorización luego de las propuestas se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9. Resumen de la matriz de valorización de aspectos e impactos ambientales luego de la propuesta**

Medio	Factor ambiental	Impacto ambiental	Clasificación
Físico	Calidad del aire	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado	Moderado
		Alteración de la calidad del aire por generación de emisiones gaseosas	Compatible
	Ruido	Incremento de los niveles de ruido	Compatible
	Calidad del agua	Alteración de la calidad del agua por incremento de sedimentos	Compatible
	Caudal	Cambio en el caudal de los cursos de agua	Compatible
	Calidad del suelo	Calidad del suelo	Compatible
Biológico	Flora y vegetación	Pérdida de cobertura vegetal	Compatible
	Mamíferos, aves, insectos	Alteración de la flora por presencia de material particulado	Compatible
	Salud	Riesgos físicos y enfermedades	Compatible
Social	Economía	Oportunidad de generación de empleo local	Compatible
	Grupos y organizaciones de interés	Cambios en hábitos y costumbres de la población local	Compatible
		Cambios en la forma de organización social	Compatible
	Territorio y recursos naturales	Temores de contaminación ambiental	Moderado
		Expectativas de mayor inversión social	Compatible

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, debido a la implementación de trampas de grasas de agua, se espera una disminución al valor presente de 6 745 mg/L. Por lo tanto, los resultados de los análisis de efluentes se muestran en la tabla 10.

**Tabla 10. Análisis de efluentes**

Parámetro	Unidad	Resultado	LMP
Aceites y grasas	mg/L	6 745	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5)	mg/L	4 965	1 000
Sólidos totales suspendidos	mg/L	4 976	500

Fuente: Elaboración propia

Por último, se espera una disminución del valor de monóxido de carbono a 38 426  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mostrado en la tabla 11. Todo ello, representa una disminución total de 40%, mejorando la calidad ambiental proporcionada por la empresa evaluada.

**Tabla 11. Análisis de gases**

Parámetro	Unidad	Resultado	ECA
Monóxido de carbono	$\mu/\text{m}^3$	38 426	30 000
Dióxido de nitrógeno	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	12 314	200
Dióxido de azufre	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10,6	20
Sulfuro de hidrogeno	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	8	150

**Fuente: Elaboración propia**

### Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, la empresa agroindustrial Pomalca SAA presenta un impacto negativo en cuanto la calidad del agua; por ello, se propone hacer uso de trampas de grasa, que deben ser limpiadas una vez a la semana. Esto presenta una similitud con la investigación de Diaz *et al.* [12] y Bell *et al.* [8] quienes afirman que este equipo ayuda a separar los sólidos del agua y controla los residuos líquidos generados en la producción de azúcar. Sin embargo, difiere con la investigación realizada por Nahyoon *et al.* [16] pues los autores prefieren disminuir los efluentes de las aguas residuales utilizando la luz visible de una lámpara halógena de 50 W; mientras que Karica *et al.* [15] proponen hacer uso de biosorbentes para contrarrestar dicho impacto. Por otro lado, para mitigar las consecuencias negativas ocasionadas por las emisiones de gases, se propone instalar un sistema de separación de partículas multi ciclónico, al igual que los resultados expuestos por Bravo *et al.* [10] pues afirman dicho sistema ayuda a disminuir el impacto y cuenta con una alta eficiencia.

El análisis económico ambiental de la propuesta resultó ser positivo con una VAN de S/. 6 347.62 y una TIR de 13,5%, esto se refleja debido al incremento de la producción presente en la empresa evaluada ya que genera los ingresos necesarios para implementar la propuesta y solventar la inversión. Este resultado es similar con la investigación de Karica *et al.* [15], puesto que al implementar estrategias de PML enfocado a disminuir la contaminación de sus aguas residuales, presentó resultados económicos positivos, además de incrementar un 40% de puestos de trabajos generando beneficios sociales para los pobladores.

### **Conclusiones**

Se propusieron estrategias de producción más limpia enfocadas en disminuir los impactos ambientales moderados que genera la empresa agroindustrial Pomalca SAA al realizar la producción de caña de azúcar.

La empresa agroindustrial Pomalca SAA presenta impactos ambientales negativos ocasionados por la generación de residuos sólidos y efluentes, la emisión de gases de combustión y la producción de riesgos físicos y enfermedades en los trabajadores.

Se logró establecer estrategias de producción más limpia basadas en los resultados de la matriz de significancia y los factores ambientales afectados de acuerdo al medio físico, biológico y social de la empresa agroindustrial Pomalca SAA.

El análisis económico resultó ser viable debido a los valores positivos del VAN, el cual fue igual a S/. 6 347.62; además, se presentó una TIR igual al 13,5%, mayor a la TMAR calculada de 13%.

### **Recomendaciones**

Analizar nuevas estrategias de producción más limpias con la finalidad de disminuir la contaminación física, biológica y ambiental.

Se recomienda un análisis más profundo en cuanto a la contaminación ambiental de las azucareras de la región Lambayeque, ya que servirá para investigaciones futuras en el sector agroindustrial.

### **Referencias**

- [1] S. Chang, J. Wu, C. Zhou, H. Quiao y Z. Zhang, «The spatio-temporal approach to regional analysis on cleaner production in China,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 52, pp. 1491-1503, 2015.
- [2] L. S. Wei Cong, «Heterogeneity of industrial development and evolution of cleaner production: Bibliometric analysis based on JCLP,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 212, pp. 822-836, 2018.
- [3] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Acuerdos Ambientales y Producción más Limpia*, 2006.
- [4] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Panorama de la Economía Peruana,» INEI, Lima, 2022.
- [5] L. E. Paz Enrique, E. A. Hernández Alfonso y G. M. J. Peralta, «Productividad científica de la temática caña de a azúcar en la Web of Science,» *ICIDCA*, vol. 50, n° 1, pp. 44-49, 2016.
- [6] P. A. Molinero Durand, «Auditoría ambiental en la Industria Azucarera. Caso empresa Agroindustrial Pomalca SAA,» Lambayeque, 2015.

- [7] H. O. Benavides Ballesteros y G. E. León Aristizabal, «Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático,» Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2007.
- [8] S. Ramos Bell y Y. Lorenzo Acosta, «Acciones de Producción Más Limpia para implementar en la industria azucarera cubana,» *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, vol. 25, n° 1, pp. 60-66, 2017.
- [9] E. Alkaya y G. N. Demirer, «Reducing water and energy consumption in chemical industry by sustainable production approach: a pilot study for polyethylene terephthalate production,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 99, pp. 119-128, 2015.
- [10] C. A. Dominguez Manjarrez, R. Sosa Echeverría y H. Bravo Álvarez, «Prevención, minimización y control de la contaminación ambiental en un ingenio azucarero de México,» *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. XV, n° 4, pp. 549-560, 2014.
- [11] M. Hiloidhari, R. Banerjee y A. Rao, «Life cycle assessment of sugar and electricity production under different sugarcane cultivation and cogeneration scenarios in India,» *Journal al Cleaner Production*, vol. 290, pp. 1-54, 2020.
- [12] Y. Diaz Ruiz y B. Aguilar Sarduy, «Acciones para el control de residuales líquidos en la empresa azucarera 5 de septiembre,» *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 2020.
- [13] M. Gonçalves Filho, T. Vieira Nunhes, L. C. F. Motta Barbosa, F. Celso de Campos y . O. José de Oliveira, «Opportunities and challenges for the use of cleaner production to reduce water consumption in Brazilian sugar-energy plants,» *Cleaner Production*, vol. 186, pp. 353-363, 2018.
- [14] S. Jangkorn, S. Youngme y P. Praipipat, «Comparative lead adsorptions in synthetic wastewater by synthesized zeolite A of recycled industrial wastes from sugar factory and power plant,» *Heliyon*, vol. 8, n° 4, pp. 1-17, 2022.
- [15] N. Karic, A. Maia, A. Teodorovic, N. Atanasova, G. Langergraber, G. Crini, A. Ribeiro y M. Dolic, «Bio-waste valorisation: Agricultural wastes as biosorbents for removal of (in)organic pollutants in wastewater treatment,» *Chemical Engineering Journal Advances*, vol. 9, n° 15, pp. 1-17, 2022.
- [16] N. Nahyoon, L. Liu, W. Saleem, S. Nahyoon y K. Rabe, «Efficient photocatalytic treatment of sugar mill wastewater with 2% Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>/Fe/GTiP nanocomposite,» *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 13, n° 2, pp. 3624-3632, 2020.

- [17] H. Zhang, J. Luo, L. Liu, X. Chen y Y. Wan, «Green sugar production by membrane technology: how far is it from industrialization,» *Green Chemical Engineering*, vol. 2, n° 1, pp. 27-43, 2021.
- [18] R. A. Polanco Menéndez, «Metodología matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo: Matriz de Leopold y Método Mel-Enel,» Ciudad de Guatemala, 2004.
- [19] A. International, *D7066 - 04(2017)*, 2017.
- [20] EnviroLAB, «Laboratorio de Microscopía,» [En línea]. Available: [https://envirolabinc.com/laboratorio-de%20microscopia/#:~:text=Este%20m%C3%A9todo%20utiliza%20la%20microscop%C3%ADa,\(por%20ejemplo%2C%20basidiosporas\)](https://envirolabinc.com/laboratorio-de%20microscopia/#:~:text=Este%20m%C3%A9todo%20utiliza%20la%20microscop%C3%ADa,(por%20ejemplo%2C%20basidiosporas).). [Último acceso: 22 Septiembre 2022].
- [21] Municipalidad Distrital Pomalca, «munimdp.gob.pe,» [En línea]. Available: <https://www.munimdp.gob.pe/datos-generales/geografia/>. [Último acceso: 20 Mayo 2021].
- [22] Dirección General de Políticas Agrarias - MINAGRI, «Producción de Caña de azúcar en el Perú, perspectivas,» MINAGRI, Lima, 2017.
- [23] S. M. Córdova Coronel, «Modelo de mejora continua para el proceso de molienda en el Ingenio Azucarero Monterrey “MALCA”,» Universidad del Azuay Ciencia y Tecnología, Cuenca, 2017.
- [24] Empresa Agroindustrial Pomalca, «DICTAMEN DE LOS AUDITORES INDEPENDIENTES,» Chiclayo, 2020.
- [25] J. Moreyra, «OBSERVATORIO DE COMMODITIES: Azúcar,» MINAGRI, Lima, 2019.
- [26] A. A. Márquez Quizhpi, «Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la fundación salesiana "PACES",» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2018.
- [27] SUNAT, «Rentas empresariales o negocios,» 2021. [En línea]. Available: <https://renta.sunat.gob.pe/empresas/rentas-empresariales-o-negocios>. [Último acceso: 14 Octubre 2022].
- [28] Ministerio del Ambiente (MINAM); Viceministerio de Gestión Ambiental; Dirección General de Políticas e Instrumentos de Gestión Ambiental, «Guía para la Identificación y Caracterización de Impactos Ambiental en el Marco del SEIA,» Lima, 2022.
- [29] O. G. Magnatte Zuñiga, «Implementación del sistema de reducción de ruido mediante automatización mecánica del molino polveador N°1 en el área de preparación mecánica de



muestras en Planta Belén, Chala – Arequipa. 2018,» Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, 2019.

- [30] A. I. Soto Cabrera, A. P. Panimboza Ojeda, A. Ramones Pinargote, A. Pérez Martínez, L. Sarduy Pereira y K. Diéguez Santana, «Huella de carbono en el cultivo de la caña de azúcar. Evaluación agrícola de un caso de estudio de la amazonía ecuatoriana,» *Ingenio Magno*, vol. 11, n° 1, pp. 22-32, 2022.

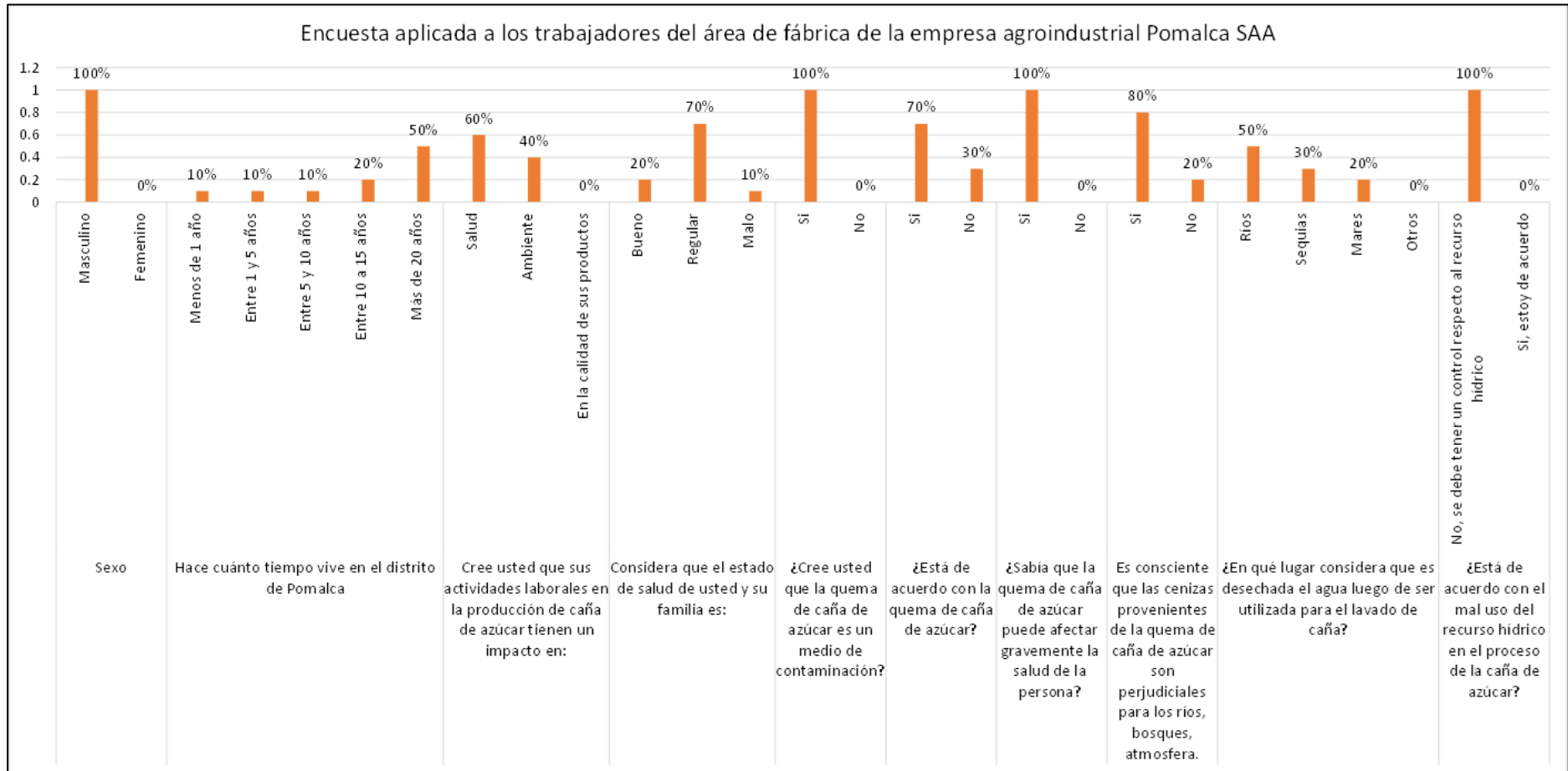
## Anexos

### Anexo 1: Encuesta aplicada a los trabajadores y resultados obtenidos

<p>1. <b>Sexo:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Masculino ( )</li> <li>2. Femenino ( )</li> </ol> <p>2. <b>¿Hace cuánto tiempo vive en el distrito de Pomalca</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menos de 1 año</li> <li>2. Entre 1 y 5 años</li> <li>3. Entre 5 y 10 años</li> <li>4. Entre 10 a 15 años</li> <li>5. Más de 20 años</li> </ol> <p>3. <b>Cree usted que sus actividades laborales en la producción de caña de azúcar tienen un impacto en:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Salud</li> <li>2. Ambiente</li> <li>3. En la calidad de sus productos</li> </ol> <p>4. <b>Considera que el estado de salud de usted y su familia es:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bueno</li> <li>2. Regular</li> <li>3. Malo</li> </ol> <p>5. <b>¿Cree usted que la quema de caña de azúcar es un medio de contaminación?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> </ol> <p>6. <b>¿Está de acuerdo con la quema de caña de azúcar?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sí</li> <li>2. No</li> </ol> <p>7. <b>¿Sabía que la quema de caña de azúcar puede afectar gravemente la salud de la persona?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> </ol> <p>8. <b>Es consciente que las cenizas provenientes de la quema de caña de azúcar son perjudiciales para los ríos, bosques, atmosfera.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> </ol> <p>9. <b>¿En qué lugar considera que es desechada el agua luego de ser utilizada para el lavado de caña?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ríos</li> <li>2. Sequías</li> <li>3. Mares</li> <li>4. Otros: .....</li> </ol> <p>10. <b>¿Está de acuerdo con el mal uso del recurso hídrico en el proceso de la caña de azúcar?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No, se debe tener un control respecto al recurso hídrico</li> <li>2. Si, estoy de acuerdo</li> </ol>
---

**Figura 1A. Encuesta**

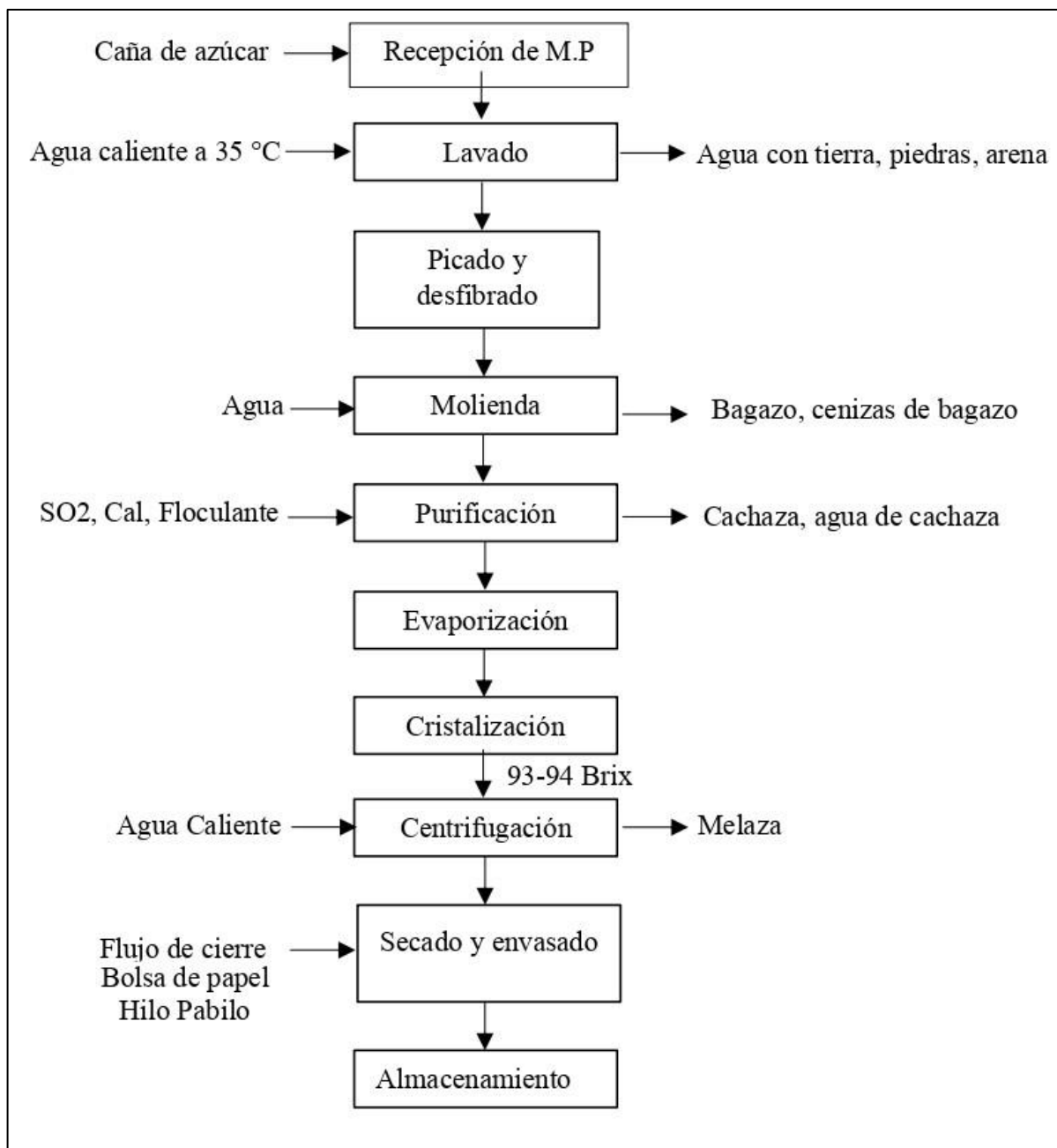
Fuente: Elaboración propia



**Figura 2A. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada**


Fuente: Elaboración propia

### Anexo 2: Diagrama de bloques del proceso del azúcar y máquinas utilizadas



**Figura 3A: Diagrama de bloques del proceso del azúcar**

Fuente: Elaboración propia.

Máquina Lavadora industrial			
Especificaciones técnicas	Detalle		
			
Capacidad	500 kg/h		
Marca	Ultron		
Voltaje	200 V - 380 V		
Dimensiones	L = 2500	A = 1200	H = 1300


**Figura 4A. Maquina lavadora industrial**

**Fuente: Empresa agroindustrial Pomalca SAA**

Máquina trituradora de caña de azúcar				
Especificaciones técnicas	Detalle			
				
Marca	Reliable			
Número de modelo	HRJ - 4000			
Dimensiones	L = 1200	A = 1000	H = 1000	mm
Energía	7500	W		
Capacidad	4000	kg/h		


**Figura 5A. Máquina trituradora de caña de azúcar**

**Fuente: Empresa agroindustrial Pomalca SAA**

Máquina Molino de dos mazas de presión		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Capacidad	250 - 300	Tn/h
Evaporación de agua	20000-70000	kg/h
Dimensiones	Alto: 2,5	pulg
Marca	MillMax	
Índice de preparación	90%	extracción de jugo de caña
Potencia	750	Kw


**Figura 6A. Molinos de dos mazas de presión**

**Fuente: Empresa agroindustrial Pomalca SAA**

Clarificador	
Especificaciones Técnicas	Detalle
	
Velocidad de rotación	8 Rev. /hora.
Marca	MillMax
Capacidad	20,000 galones
Dimensiones	Díametro: 14 pies
	Grosor: 0,0254 m
	Alto: 18 pies


**Figura 7A. Máquina clarificadora**

**Fuente: Empresa agroindustrial Pomalca SAA**

Máquina evaporador de caña de azúcar		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Capacidad	250 - 300	Tn/h
Evaporación de agua	20000-70000	kg/h
Dimensiones	Alto: 2,5	m
	Ancho: 1	
	Largo: 1,2	
Volumen	6	Tn/h
Voltaje	60	Hz
Intensidad	30	A
Potencia	2	Kw
Temperatura	170	C°
Presión	0,8	Mpa
Marca	Ultron	


**Figura 8A. Evaporadora de caña de azúcar**

**Fuente: Empresa agroindustrial Pomalca SAA**

Tachos de cocimientos		
Especificaciones técnica:	Detalle	
		
Bateria	4	Tachos
Diametro	79	plg
Largo	19	pies
Altura	4	pies
Capacidad	235	pies^3
Vapor	10	lbs
Vació	26	plg
Vapor vegetal	10	psi

**Figura 9A. Tachos para cristalización**

**Fuente: Empresa agroindustrial Pomalca SAA**

Cristalizador de masa cocida		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Dimensiones	Ancho: 5	pies
	Altura: 5	pies
	Largo: 16	pies
Revolución	2	vuelatas/min
Recipientes	Horizontales	Tipo U
Paletas	Giratorias	

**Figura 10A. Cristalizador de masa cocida**

**Fuente: Empresa agroindustrial Pomalca SAA**

### Anexo 3: Matriz de valorización de impactos ambientales

Tabla 1A. Matriz de significancia

FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CRITERIOS										IMPORTANCIA	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO
		I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	RB		
Calidad del aire	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado	2	1	2	1	1	2	4	4	2	2	-26	Moderado
	Alteración de la calidad del aire por generación de emisiones gaseosas	4	2	2	1	1	2	4	4	2	2	-34	Moderado
Ruido	Incremento de los niveles de ruido	2	1	1	1	1	2	1	4	2	2	-22	Compatible
Calidad del agua	Alteración de la calidad del agua por incremento de sedimentos	4	2	4	4	2	4	4	4	2	2	-42	Moderado
Caudal	Cambio en el caudal de los cursos de agua	4	2	4	4	2	4	4	4	2	2	-42	Moderado
Calidad del suelo	Calidad del suelo	2	1	1	2	2	2	1	1		2	-19	Compatible
<b>MEDIO BIOLÓGICO</b>													
Flora y vegetación	Pérdida de cobertura vegetal	1	1	1	1	8	1	1	1	1	2	-21	Compatible
Mamíferos, aves, insectos	Alteración de la flora por presencia de material particulado	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	-16	Compatible
<b>MEDIO SOCIAL</b>													
Salud	Riesgos físicos y enfermedades	4	2	2	4	2	2	4	4	2	2	-38	Moderado
Economía	Oportunidad de generación de empleo local	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-24	Compatible
Grupos y organizaciones de interés	Cambios en hábitos y costumbres de la población local	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-18	Compatible
	Cambios en la forma de organización social	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	Compatible
Territorio y recursos naturales	Temores de contaminación ambiental	4	2	1	2	1	2	4	4	2	2	-34	Moderado
	Expectativas de mayor inversión social	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	Compatible

Fuente: Elaboración propia en base a [28].



**Tabla 2A. Leyenda de la matriz de significancia**

Moderado		Compatible: $0 = I < 25$
Compatble		Moderado: $25 = I < 50$

Fuente: Elaboración propia

FÁBRICA		ASPECTOS AMBIENTALES
ETAPAS	ACTIVIDADES	
Etapas del proceso del azúcar en la empresa Agroindustrial Pomalca	Recepción de caña	Generación de material particulado
		Generación de ruido
		Generación de gases por combustión
		Generación de residuos de MP
	Lavado de caña	Generación de ruido
		Consumo de agua agua residual
	Picado y desfibrado	Generación de residuos sólidos
	Molienda	Generación de residuos sólidos
	Purificación	Generación de material particulado
		Desabastecimiento de agua Generación de residuos sólidos
	Evaporación	Desabastecimiento de agua Generación de residuos sólidos
		Generación de olores Generación de gases
Generación de gases		
Cristalización	Desabastecimiento de agua Generación de residuos sólidos	
	Generación de gases	
Centrifugación	Generación de gases	
Secado y envasado	Generación de gases	
A lmacenamiento	Generación de residuos reciclables	

**Figura 11A. Identificación de aspectos ambientales**

Fuente: Elaboración propia en base a [28].

**Tabla 3A. Aspectos ambientales del medio social vinculados al proceso del azúcar**

FÁBRICA		ASPECTOS AMBIENTALES
ETAPAS	ACTIVIDADES	
Operación	Contratación de mano de obra	Generación de empleo
	Ventas de productos	Exportaciones nacionales
Cierre	Desvinculación de mano de obra	Disminución del empleo local

Fuente: Elaboración propia en base a [28].

**Tabla 4A. Matriz de identificación de impactos ambientales sobre los medios físico, biológico y social**

ACTIVIDAD	ASPECTOS AMBIENTALES	MEDIO FÍSICO				MEDIO BIOLÓGICO			MEDIO SOCIAL			
		AIRE		AGUA		SUELO	VEGETACIÓN	FAUNA TERRESTRE	SOCIAL			
		Calidad del aire	Ruido	Calidad del agua	Caudal	Calidad del suelo	Flora y vegetación	Mamíferos, aves, insectos	Salud	Economía	Organizaciones de interés	Territorio y recursos naturales
Recepción de caña	Generación de material particulado	CA-01					FLO-02		AN-01			
	Generación de ruido		RU-01						AN-01		RU-01	
	Generación de gases por combustión	CA-02						FLO-01	AN-01		CA-02	
	Generación de residuos de MP					SU-02						
Lavado de caña	Generación de ruido		FIS-01						AN-01		RU-01	
	Consumo de agua				VI-02						VI-02	
	Agua residual			VI-01								
Picado y desfibrado	Generación de residuos sólidos				FLO-01		FLO-01			FLO-02	FLO-01	
Molienda	Generación de residuos				FLO-01							
	Generación de residuos sólidos				FLO-01		FLO-01				FLO-01	
Purificación	Generación de material particulado	CA-01				FLO-02	FLO-02		AN-01			
	Desabastecimiento de agua				VI-02						VI-02	
	Generación de residuos sólidos					SU-02					FLO-02	FLO-01

**Tabla 4A. Matriz de identificación de impactos ambientales sobre los medios físico, biológico y social (continuación)**

ACTIVIDAD	ASPECTOS AMBIENTALES	MEDIO FÍSICO			MEDIO BIOLÓGICO			MEDIO SOCIAL				
		AIRE	AGUA	SUELO	VEGETACIÓN	FAUNA TERRESTRE	SOCIAL					
		Calidad del aire	Ruido	Calidad del agua	Caudal	Calidad del suelo	Flora y vegetación	Mamíferos, aves, insectos	Salud	Economía	Organizaciones de interés	Territorio y recursos naturales
Evaporación	Desabastecimiento de agua				VI-02					VI-02		
	Generación de residuos sólidos					SU-02	FLO-01	FLO-01			FLO-02	
	Generación de olores	CA-01									CA-02	
	Generación de gases	CA-02							AN-01		CA-02	
Cristalización	Generación de gases	CA-02									CA-02	
	Desabastecimiento de agua				VI-02					VI-02		
	Generación de residuos sólidos					FLO-01		FLO-01			FLO-02	FLO-01
Centrifugación	Generación de gases	CA-02							AN-01		CA-02	
Secado y envasado	Generación de gases	CA-02							AN-01		CA-02	
Almacenamiento	Generación de residuos reciclables					SU-02						

**Fuente:** Elaboración propia en base a [28].

**Tabla 5A. Matriz de identificación de impactos ambientales en el proceso del azúcar del medio social**

ACTIVIDAD	ASPECTOS GENERALES	MEDIO SOCIAL			
		Salud	Economía	Grupos y organizaciones de interés	Territorio y recursos naturales
Construcción	Generación de empleo	SOC-1	SOC-3 SOC-4	SOC-5	SOC-2
	Transferencias al estado (impuesto a la renta, etc.)		SOC-4		
	Llegada de personal foráneo a la zona	SOC-1	SOC-4	SOC-5	SOC-2
	Percepciones positivas y negativas de la población distrital	SOC-1	SOC-3		SOC-2


Fuente: Elaboración propia en base a [28].

**Tabla 6A. Leyenda utilizada en las matrices de identificación de impactos**

LEYENDA	
CA-01	Alteración de la calidad del aire por generación de material particulado
CA-02	Alteración de la calidad del aire por generación de emisiones gaseosas
RU-01	Incremento de los niveles de vibraciones
FIS-01	Alteración del relieve de ruido
VI-01	Alteración de la calidad del agua por incremento de sedimentos
VI-02	Desabastecimiento de agua temporal (agotamiento)
SU-02	Calidad del suelo
FLO-01	Pérdida de cobertura vegetal
FLO-02	Afectación de la flora por material particulado
AN-01	Riesgos físicos y enfermedades
SOC-1	Riesgos físicos y enfermedades
SOC-2	Temores de contaminación ambiental
SOC-3	Cambios en las actividades económicas
SOC-4	Expectativas de mayor inversión social
SOC-5	Oportunidad de generación de empleo local
SOC-6	Cambios en la forma de organización


Fuente: Elaboración propia en base a [28].

#### Anexo 4: Fichas técnicas de las máquinas y equipos para las estrategias propuestas

Máquina trampa de grasa		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Capacidad	35	GPM x min
Precio	4,000.00	soles
Modelo	GT-035	
Garantía de los componentes	10	años
Marca	Coflex	
Capacidad líquido	39.4 / 149.1	gal/L
Dimensiones	L = 78,7	A = 59,7 mm
Capacidad de grasa	31,75	kg
Temperatura de operación	220-104	F°-C°
Diámetro de conexión	4 - 110	mm
Peso	20.4	kg
Volumen	95	L


**Figura 12A. Tachos para cristalización**

Fuente: Elaboración propia

Máquina de desbaste	
Especificaciones técnicas	Detalle
	
Sistema de rejas	Limpieza mecánica
Modelo	RM- 1000
Costo	S/19,000
Material	Acero inoxidable Aisi 304
Dimensiones	Longitud: 1200 mm Ancho: 300 mm
Espesor de las barras	10 mm
Capacidad	200 T
Espaciadas	24 cm
Inclinación	45° Horizontal
Velocidad	0.45 m/s
Velocidad de barras	0,6 m/s
Ancho del canal	1.8 m

**Figura 13A. Máquina de desbaste**

Fuente: Elaboración propia

Tubos de alcantarillado PVC-U		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Tipo de resina	Tubos Fabricados en poli (cloruro de vinilo) no plasticado (PVC-U)	
Tipo de unión	Unión Flexible / Unión Rieber	
Color	Ocre	
Coeiciente de Fricción Manning	0,009	n
Tubo	6	metros
Diámetro nominal exterior	160	mm
Espesor	4	mm
Diámetro Interior	152	mm
Precio	80.00	soles

**Figura 14A. Tubo de alcantarillado**

Fuente: Elaboración propia

Válvula check		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Tipo de resina	Tipo de válvula	
Tipo de conexión	Bridado	
Material del cuerpo	Hierro fundido	
Material del disco	Hierro fundido	
Presión máxima	250	PSI
Temperatura máxima	100	°C
Modelo	VRTX33 30	
Diámetro	12	Pulgadas
Dimensiones	L = 698	A = 365 mm
Peso	200	kg
Precio	3000	soles

**Figura 15A. Válvulas tipo check**

Fuente: Elaboración propia

Medidor de agua		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Marca	DH	
Modelo	LXSG	
Tipo de velocidad	Chorro multiple	
Temperatura máxima	30	°C
Presión nominal	16	BAR
Tipo de lectura	Recta	°C
Precio	120	soles
Díametro nominal	25	mm
Dimensiones	L = 260	A = 99 H= 104 mm
Volumen máximo	999,999	V
Volumen mínimo	0,00005	V
Peso	2,5	kg
Caudal Permanente	6300	L/h
Caudal Mínimo	50	L/h


**Figura 16A. Medidor de agua**

Fuente: Elaboración propia

Bomba de agua		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Marca	AURORA PUMPS	
Modelo	30MPC	
Capacidad	45	GPM
Diámetro de succión	3	Pulg
Diámetro de descarga	3	Pulg
Frecuencia	60	Hz
Precio	15000	soles
Voltaje	460	voltios
Motor eléctrico	1150	RPM

**Figura 17A. Bomba de agua**

Fuente: Elaboración propia

Separador de partículas multiciclónico vía seco		
Especificaciones técnicas	Detalle	
		
Marca	JY	
Precio	15,000	soles
Diámetro del ciclón	660	mm
Altura de salida	330	mm
Diámetro de salida	330	mm
Altura parte cilíndrica	990	mm
Diámetro de salida de partículas	247,5	mm
Número de cabezas de velocidad	6,4	NH
Número de vórtices	N	5,5

**Figura 18A. Separador de partículas multiciclónico vía seco**

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 5: Evaluación económica

**Tabla 7A. Gastos administrativos**

Descripción	und	cantidad total	Gasto unitario (S/.)	Gasto total (S/.)
Capacitaciones	1	1	S/. 2 000	S/. 2 000
Trampa de grasa	1	1	S/. 4 000	S/. 4 000
Tuvo de alcantarillado	1	1	S/. 80	S/. 80
Válvula	2	2	S/. 60	S/. 120
Separador de partículas multiciclónico vía seco	1	1	S/. 15 000	S/. 15 000
Medidor	1	1	S/. 120	S/. 120
Bomba de recirculación	2	2	S/. 16 000	S/. 32 000
Desbaste	1	1	S/. 19 000	S/. 19 000
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 72 320</b>

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 8A. Costo – beneficio**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Inversión</b>				
Préstamo bancario	S/. 86 320			
<b>Ingresos</b>				
Multa evitable (25UIT)				S/. 115 000
<b>Total de ingresos</b>				
<b>Egresos</b>				
Costos operativos	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Depreciación	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Gastos administrativos y de Ventas	S/. 72 320	S/. 2 000	S/. 2 000	S/. 2 000
Amortización de préstamo		S/. 24 107	S/. 24 107	S/. 24 107
Utilidad antes de impuestos	S/. 14 000	-S/. 2 000	-S/. 2 000	S/. 113 000
Impuestos (29,5%)	S/. 4 130	-S/. 590	-S/. 590	S/. 33 335
Utilidad después de impuestos	S/. 9 870	S/8 460	S/ 7 050	S/. 86 715

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9A. Flujo de caja**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Utilidad después de impuestos		S/. 8 460	S/. 7 050	S/. 86 715
depreciación		S/. 0	S/. 0	S/. 0
Inversión	S/. 86 320	S/. 8 460	S/. 7 050	S/. 86 715
FNE	-S/. 72 320	S/. 8 460	S/. 7 050	S/. 86 715
VAN	S/6,347.62			
TIR	13.5%		TMAR	10%
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Ingresos		S/. 0	S/. 0	S/. 0
Egresos	S/. 72 320	S/. 8 460	S/. 7 050	S/. 201 715

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 6: Carta de aceptación de la empresa agroindustrial Pomalca SAA****EMPRESA AGROINDUSTRIAL POMALCA S.A.A.  
GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS**

*Pomalca, 19 mayo del 2021*

**CARTA N° 111- 2021-FABM-GRRHH**

Señor :

Dr. Ing. Maximiliano Arroyo Ulloa  
Decano de la Facultad de Ingeniería - USAT  
Presente.-

**Ref.: Carta N° 060-2021-USAT-EIIN**

De nuestra especial consideración,

Nos es grato dirigirnos a usted por medio de la presente, y a la vez comunicarle que nuestra empresa está dando por aceptada que la Srta. CABELLO REQUEJO ANA LUZ DEL MILAGRO, estudiante de la Escuela de Ingeniería Industrial pueda acceder a información necesaria para la continuidad de su trabajo de investigación para su proyecto de tesis.

Sin otro particular, quedamos de usted.

Atentamente,

EMPRESA AGROINDUSTRIAL  
POMALCA S.A.A.  
Fabricio Benavides Muñoz  
GERENTE RECURSOS HUMANOS