

**Programa de producción más limpia -PML- en las áreas de patio de caña y fábrica
de una industria azucarera ubicada en el departamento del Cauca, como contribución
al ODS 12: producción y consumo responsable**

Ingrid Jurany González Escue



Unidad Central del Valle del Cauca

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Ambiental

Tuluá, Colombia

2023

**Programa de producción más limpia -PML- en las áreas de patio de caña y fábrica
de una industria azucarera ubicada en el departamento del Cauca, como contribución
al ODS 12: producción y consumo responsable**

Ingrid Jurany González Escue

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero Ambiental

Directora

Sandra Santacoloma Londoño

Magíster en Ingeniería Ambiental

Codirectora

María Eugenia Buitrago González

Magíster en Educación



Unidad Central del Valle del Cauca

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Ambiental

Tuluá, Colombia

2023

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tuluá (Valle del Cauca). Fecha. (, ,)

DEDICATORIA

Dedicado al regalo más grande que Dios me pudo entregar y a las personas más importantes en mi vida, mi madre Ligia Vianney Escue Trochez y mi padre Edwar González Moreno, quienes con su infinito amor y ejemplo han trabajado incansablemente para ayudarme a lograr esta meta en mi vida y convertirme en la profesional que siempre soñé, a mi familia y pareja, por ser mi soporte y mi más grande apoyo y a mis hermanos Edwar Alexander González Escue y Angie Lizeth Villegas Escue que me han brindado constantemente su apoyo y me ven como su más grande ejemplo.

Ingrid Jurany González Escue

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por todo lo que soy y he logrado ser, a mis padres por brindarme todo su apoyo y darme la oportunidad de avanzar en mi vida confiando siempre en mí y mis capacidades.

En segundo lugar, agradezco a mi directora y codirectora de proyecto, las docente Sandra Patricia Santacoloma Londoño y la docente María Eugenia Buitrago González, sin ustedes, sus virtudes, paciencia y constancia, este proyecto no lo hubiese logrado; sus consejos siempre fueron útiles cuando mi cabeza no hallaba las ideas para escribir lo que hoy en día logre, gracias por sus palabras de aliento, por estar ahí cuando me sentía perdida y confundida, gracias por impulsarme a convertir mi sueño en realidad.

En tercer lugar, a todos los directivos y docentes de la UCEVA por inculcar en mí, sus conocimientos de manera profesional e invaluable.

Finalmente agradezco a cada una de las personas que hicieron parte de mi proceso universitario, a todos aquellos que un día me brindaron la mano cuando lo necesité, y contribuyeron de una u otra forma para que hoy pudiera alcanzar este logro en mi vida.

Ingrid Jurany González Escue

Contenido

Glosario	13
Resumen	15
Abstract	16
Introducción	18
Planteamiento del problema	20
Pregunta problema	42
Justificación	43
Objetivos	47
General	47
Específicos	47
Marco referencial	48
Marco Teórico.....	48
Contaminación ambiental.....	48
Producción más limpia.....	50
Metodología para el desarrollo de producción más limpia	51
Beneficios de la producción más limpia	52
Estrategias y fases para la implementación de producción más limpia	53
Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).....	54
Objetivo de desarrollo número 12 (ODS 12)	55
Gestión ambiental.....	55
Uso eficiente del agua	56
Generación y uso de residuos orgánicos de la agroindustria azucarera	57
Producción de azúcar.....	58
Estrategia Ambiental	60
Estado del Arte.....	61
Marco Conceptual	75
Marco Legal	78
Metodología	81
Fase 1: Consolidación del Comité de PML en la industria azucarera con responsables, roles y actividades a desarrollar.	81
Fase 2: Elaboración del diagnóstico ambiental para identificar las situaciones críticas de las áreas objeto de estudio.	83
Fase 3: Formular proyectos que incluyan las alternativas de producción más limpia seleccionadas mediante una matriz de toma de decisiones.	87
• Identificación de alternativas de producción más limpia que puedan ser implementadas en el ingenio objeto de estudio.	87

- Proyectos para implementar las alternativas seleccionadas según los criterios aplicados. 90
 - Fase 4: Estrategias de seguimiento y evaluación tras la implementación del programa de producción más limpia.....92
 - Resultados y Discusión95**
 - Fase 1: Consolidación del Comité de PML en la industria azucarera con responsables, roles y actividades a desarrollar.95
 - Fase 2: Elaboración del diagnóstico ambiental para identificar las situaciones críticas de las áreas objeto de estudio.99
 - Fase 3: Formulación de proyectos según las alternativas de producción más limpia seleccionadas107
 - Fase 4: Estrategias de seguimiento y evaluación tras la implementación del programa de producción más limpia.....131
 - Discusiones136
 - Conclusiones.....139**
 - Recomendaciones.....141**
 - Referencias Bibliografía.....1**
 - Apéndice7**

Lista de tablas

Tabla 1 Consumo de agua en diferentes industrias a nivel mundial	27
Tabla 2 Uso del agua en países desarrollados	28
Tabla 3 Usos del agua en Colombia.....	29
Tabla 4 Demanda hídrica Nacional.....	29
Tabla 5 Consumo de agua en países subdesarrollados.....	30
Tabla 6 Consumo general en materia de equilibrio.....	31
Tabla 7 Consumo de agua en fábrica, año 2022	35
Tabla 8 Consumo de agua (m ³), T/C molida y m ³ de agua/TC molida para los años 2021 y 2022	36
Tabla 9 Residuos orgánicos en patio de caña, año 2022	39
Tabla 10 Estudio de caso 1 – Acciones de producción más limpia en para implementar en la industria azucarera cubana.	62
Tabla 11 Estudio de caso 2 – Estudio de generación de residuos de manejo especial para la elaboración del plan de manejo de residuos del ingenio azucarero Adolfo López Mateos, OAXACA.	64
Tabla 12 Estudio de caso 3 – Metodología de producción más limpia en la industria azucarera..	67
Tabla 13 Estudio de caso 4 – Estrategias para PML en el sector de cacao y caña panelera en el Valle del Cauca bajo el marco del plan nacional de negocios verdes en Colombia.....	69
Tabla 14 Estudio de caso 5 – Estrategias pedagógicas y ambientales para minimizar la contaminación del río Palo en la comunidad de Puerto Tejada Cauca	71
Tabla 15: Normatividad Colombiana vigente	78
Tabla 16 Registro miembros del Comité de Producción Más Limpia	82

Tabla 17 Planeador de obstáculos y posibles soluciones en la implementación de un programa de producción más limpia.....	83
Tabla 18 Tabla de situación actual.....	87
Tabla 19 Puntuación de la alternativa de acuerdo con cada criterio	88
Tabla 20 Criterios de evaluación.....	88
Tabla 21 Resumen y nota global.....	89
Tabla 22 Matriz de toma de decisiones.....	90
Tabla 23 Esquema general de proyecto.....	90
Tabla 24 Documentación de actividades de seguimiento y evaluación	93
Tabla 25 Evaluación de las metas e indicadores del ODS 12	94
Tabla 26 Registro miembros del Comité de Producción Más Limpia	96
Tabla 27 Planeador de obstáculos y posibles soluciones en la implementación de un programa de producción más limpia.....	98
Tabla 28 Caracterización en patio de caña.....	104
Tabla 29 Tabla de situación actual.....	105
Tabla 30 Alternativas de PML a emplear, con base en el ingenio numero 1	107
Tabla 31 Alternativas de PML a emplear, con base en el ingenio numero 2.....	108
Tabla 32 Alternativas de PML a emplear, seleccionadas por el comité de PML	109
Tabla 33 Criterios de evaluación.....	110
Tabla 34 Puntuación de la alternativa de acuerdo con cada criterio	110
Tabla 35 Resumen y nota global de las alternativas tomadas del ingenio 1	111
Tabla 36 Resumen y nota global de las alternativas tomadas del ingenio 2	111

Tabla 37 Resumen y nota global de las alternativas tomadas y planteadas por el comité de PML	112
Tabla 38 Matriz de toma de decisiones para el ingenio numero 1	114
Tabla 39 Matriz de toma de decisiones para de las alternativas tomadas y planteadas por el comité de PML.....	114
Tabla 40 Alternativas seleccionadas	115
Tabla 41 Proyecto 1. Educación ambiental	116
Tabla 42 Proyecto 2. Planificación y organización de paradas	120
Tabla 43 Proyecto 3. Implementación de tecnologías de bajo consumo	122
Tabla 44 Proyecto 4. Reducción de pérdidas de agua en fábrica.....	125
Tabla 45 Proyecto 5. Aprovechamiento de residuos orgánicos en el patio de caña	128
Tabla 46 Análisis y evaluación tras la implementación del programa de PML.....	131
Tabla 47 Documentación de actividades de seguimiento y evaluación	133
Tabla 48 Contribución al ODS 12.....	134
Tabla 49 Evaluación de indicadores propuestos con respecto a las metas del ODS12.....	135

Lista de figuras

Figura 1 Desarrollo sostenible y acuerdos internacionales	21
Figura 2 Principales países productores de azúcar	26
Figura 3 Ubicación geográfica ingenio objeto de estudio.....	33
Figura 4 Ubicación subcuenca río palo y municipios que se abastecen de este río	41
Figura 5 Estrategias de producción más limpia	53

Figura 6 Esquematización de las etapas para la implementación de un programa de producción más limpia	54
Figura 7: Entradas y salidas – producción de azúcar	59
Figura 9 Composición porcentual de los principales residuos de manejo especial - Zafra.....	66
Figura 10 Composición porcentual de residuos de manejo especial - reparación	66
Figura 11 Composición porcentual de residuos sólidos urbanos	66
Figura 12 Pregunta 1 ¿Cuál cree usted que es la principal causa de contaminación del río Palo?	72
Figura 13 Pregunta 2 ¿Cómo considera que es el agua que suministra el acueducto municipal? .	73
Figura 14 Pregunta 3 ¿Cree que los entes gubernamentales encargados de velar por el medio ambiente, tienen responsabilidad en la contaminación del río Palo?.....	73
Figura 15 Pregunta 4 ¿Cómo considera que es el servicio de recolección de basuras en el municipio?.....	73
Figura 16 Pregunta 5 ¿Participaría en un proyecto que tenga por objetivo la descontaminación del río Palo?	74
Figura 17 Ejemplo de cómo se recolectó la información de consumo de agua en fábrica hojas de cálculo de Excel.	84
Figura 18 Ejemplo de cómo se recolectó la información de la cantidad de residuos orgánicos generados en el patio de caña en hojas de cálculo de Excel.	84
Figura 19	86
Figura 20 Esquema de seguimiento y evaluación	92
Figura 21 Consumo de agua en (m ³) generado en fábrica a través del tiempo, año 2003 - 2022	100
Figura 22 Grafica de consumo de agua en (m ³) generado en fábrica a través del tiempo, año 2003 - 2022	101

Figura 23 Cantidad de residuos orgánicos en (Kg) generados en patio de caña a través del tiempo, año 2017 – 2022.....**101**

Figura 24 Grafica de residuos orgánicos generados en patio de caña a través del tiempo, año 2017 – 2022.....**102**

Figura 25 Diagrama de flujo del proceso**103**

Glosario

AGROECONOMÍA: Analiza la actividad de distribución, producción y el consumo del sector rural, definiendo su interacción con el estado y la población local a nivel de desarrollo.

AGROINDUSTRIA: Actividad económica que se dedica a la industrialización, producción y comercialización de productos agrícolas, forestales, ganaderos y otros recursos naturales de origen biológico.

CONTAMINACIÓN: Presencia de sustancias o elementos externos a los naturales acumulados en el medio ambiente que pueden afectar de forma negativa el entorno y por ende las condiciones de vida del ser que está presente en el hábitat y poniendo en riesgo el equilibrio del ecosistema.

CONTAMINACIÓN PAISAJÍSTICA: Es el tipo de contaminación que hace parte de aquello que perturba o afecta la visualización de algún paisaje, afectado de esta forma su estética.

CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICA: Tipo de contaminación que deriva directamente de las actividades del ser humano.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Representa y satisface el desarrollo presente sin comprometer la capacidad de las próximas generaciones para satisfacer las suyas.

DEGRADACIÓN AMBIENTAL: Define el deterioro del medio ambiente a través del agotamiento de los recursos naturales como lo son el agua, aire y suelo, la destrucción de ecosistemas, hábitat, extinción de vida silvestre y contaminación del medio ambiente.

ECOFICIENCIA: Manera en que se mide lo que se ha producido y el impacto ambiental añadido que ha traído consigo producirlo; puede usarse como perspectiva práctica de sostenibilidad.

ECONOMÍA CIRCULAR: Modelo de consumo y producción que implica arrendar, compartir, reutilizar, renovar, reparar, reciclar materiales y productos durante el mayor tiempo posible.

GESTIÓN AMBIENTAL: Sistema que incorpora procesos para monitorear, informar, resumir y ejecutar políticas ambientales. Su objetivo es diseñar e implementar acciones que contribuyan al mejoramiento ambiental.

PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL: Realiza la distribución en la producción considerando los equipos, maquinarias y mano de obra de acuerdo con la fabricación y sus procesos.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA: Representa una estrategia ambiental integrada de carácter preventivo, aplicada a los procesos, productos y servicios; tiene como finalidad minimizar el uso de recursos naturales, desechos y emisiones, buscando con ello disminuir los riesgos para las personas y el entorno e incrementar la eficiencia.

Resumen

El ingenio objeto de estudio es una empresa con más de 24 años en el mercado, dedicada al cultivo de la caña de azúcar, procesamiento y producción de azúcar, con distribución a nivel nacional e internacional.

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en el área de fábrica y patio de caña del ingenio objeto de estudio y tuvo como objetivo elaborar un programa de producción más limpia -PML- en las áreas de fábrica y patio de caña de una industria azucarera ubicada en el departamento del Cauca, como contribución al ODS 12: producción y consumo responsable. La etapa metodológica de este proyecto se dividió en 4 fases: 1) consolidación del comité de PML en la industria azucarera con responsables, roles y actividades a desarrollar, 2) Elaboración del diagnóstico ambiental para identificar las situaciones críticas de las áreas objeto de estudio, 3) formulación de proyectos que incluyeran las alternativas de producción más limpia seleccionadas mediante una matriz de toma de decisiones y 4) Elaboración de estrategias de seguimiento y evaluación tras la implementación del programa de producción más limpia.

Inicialmente se aseguró el compromiso de la gerencia empresarial y de los empleados del ingenio objeto de estudio, esto con el fin de garantizar el punto de partida de este proyecto, lo cual trajo consigo la consolidación del comité de PML y la identificación de responsabilidades, roles y actividades a emplear, a partir de ahí, por medio de recorridos por las zonas de estudio, entrevistas e información recolectada, se elaboró el diagnóstico ambiental, el cual, tuvo como finalidad identificar las situaciones críticas del área de estudio. Con la fase dos completa se dio paso a la formulación de proyectos que incluyeran estrategias de PML ya seleccionadas en esta fase, por medio de una matriz de toma de decisiones, con ayuda de comité de PML. Finalmente, se

plantearon estrategias de seguimiento y evaluación, con el fin de verificar el cumplimiento de las actividades para la implementación del programa de PML. Como conclusión, se pudieron proponer estrategias de mejoramiento ambiental de acuerdo con los problemas identificados, también, surge de este trabajo, más que conclusión de los resultados descritos, una recomendación de la importancia que el comité de PML y la persona que esté a cargo del seguimiento y control del proyecto, cuente con una preparación a nivel ambiental y experiencia en las áreas objeto de estudio, por si en algún momento se presenta una desviación o falencia en la implementación del programa de PML y se necesite, pueda tomar decisiones rápidas y acertadas.

Palabras claves: producción más limpia, industria, ingenio, programa, seguimiento, estrategias.

Abstract

The mill under study is a company with more than 24 years in the market, dedicated to the cultivation of sugar cane, processing and production of sugar, which is distributed nationally and internationally.

The development of this project was carried out in the area of factory and cane yard of the mill under study and aimed to develop a cleaner production program -PML- in the areas of factory and cane yard of a sugar industry located in the department of Cauca, as a contribution to ODS 12: Responsible production and consumption. The methodological stage of this project was divided into 4 phases: 1) consolidation of the PML committee in the sugar industry with responsible, roles and activities to be developed, 2) Elaboration of the environmental diagnosis to identify the critical situations of the areas under study, 3) formulate projects that include the cleaner production

alternatives selected through a decision-making matrix and 4) Monitoring and evaluation strategies after the implementation of the cleaner production program.

Initially, the commitment of the business management and the employees of the mill under study was assured, this in order to guarantee the starting point of this project, which brought with it the consolidation of the PML committee and the identification of responsibilities, roles and activities to be used, from there through tours of the study areas, interviews and information collected, the environmental diagnosis was elaborated which had the purpose of identifying the critical situations of the study area, with phase two complete gave way to the formulation of projects that included PML strategies already selected in phase 2, through a decision-making matrix, with the help of PML committee, Finally, monitoring and evaluation strategies were proposed, in order to verify compliance with the activities for the implementation of the PML program, it is important that the PML committee and the person in charge of monitoring and control of the project, have an environmental level preparation and experience in the areas under study, in case at any time there is a deviation or failure in the implementation of the PML program and quick and accurate decisions need to be made.

Keywords: production, industry, ingenuity, program, monitoring, strategies.

Introducción

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la producción más limpia es descrita como “la continua aplicación de estrategias integrales y preventivas a los productos y procesos con el fin de mejorar la ecoeficiencia y reducir el riesgo al medio ambiente y al ser humano. (Production, 2020)

El ingenio objeto de estudio es una empresa agroindustrial del sector azucarero, ubicada en el departamento del Cauca, la problemática presente en el lugar de estudio está afectando el medio en el cual este ingenio desarrolla sus actividades productivas. En este caso se establecen dos problemáticas las cuales son: el alto consumo hídrico en fábrica y la producción de residuos orgánicos en el patio de caña, para lo cual se busca prevenir, mitigar o corregir dichos problemas por medio de un programa de PML.

La metodología para el desarrollo de este proyecto se basa en cuatro fases, la primera fase corresponde a la consolidación de un comité de producción más limpia para la tomar de decisiones, la segunda fase corresponde a la elaborar un diagnóstico ambiental para la identificación del área de estudio, la tercera fase corresponde a la formulación de proyectos que incluyeron alternativas de PML y en la cuarta fase se proponen las estrategias de seguimiento y evaluación para la implementación del programa de PML.

Los impactos ambientales generados por las operaciones llevadas a cabo en el ingenio objeto de estudio, puede ser evitable, por tal razón surge la necesidad de proyección hacia el desarrollo basado en conceptos de sostenibilidad que permita alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto, sin afectar el desarrollo industrial del ingenio objeto de estudio con la implementación de alternativas de mejora para los procesos llevados a cabo en fábrica.

El sector agroindustrial tiene el compromiso de reflejar la sostenibilidad en sus procesos productivos, con el fin de garantizar, la implementación de programas de producción más limpia que involucren, las actividades llevadas a cabo en la industria y que permita determinar las oportunidades presentes para hacerse fuertes, frente a la solución de problemas ambientales. Por tal razón surgió la necesidad de efectuar un análisis que permitiera determinar el estado actual del lugar de estudio para así, generar las alternativas que dieran solución en la reducción de consumo hídrico y manejo adecuado de residuos orgánicos; este análisis fue efectuado en el área de fábrica y patio de caña, con el fin de crear un programa de producción más limpia que contribuya al mejoramiento en los puntos críticos del proceso de producción de azúcar y que conlleve a la adaptación, concientización y evolución industrial.

Planteamiento del problema

La degradación del medio ambiente, la falta de agua apta para consumo y la incorrecta disposición de los residuos, plantea retos fundamentales para llevar a cabo el llamado “desarrollo sostenible”. Los avances agroeconómicos no pueden llevarse a cabo o llegar a sostenerse si no hay agua disponible para la realización de sus actividades y un ambiente estable que sustente el desarrollo productivo, el trabajo, y que además asegure la vida.

El inadecuado uso de los recursos naturales, sumado al aumento de la población, han generado problemas graves a nivel mundial, y se ha convertido en una preocupación que hace importante la búsqueda de alternativas sostenibles que trabajen en pro de mejorar ciertos sistemas de producción, buscando utilizar de forma eficiente los recursos y aprovechar los residuos después de usarlos, para lograr que los sistemas de producción y de consumo promuevan la eficiencia en el uso de sus materiales.

Uno de los retos principales para las industrias hoy en día es abordar de forma efectiva el uso eficiente, explotación y contaminación de los recursos naturales, pues se sabe que, a mayor consumo, mayor será la contaminación de estos recursos, lo cual hace que se aleje la búsqueda del desarrollo sostenible.

La asamblea general de las Naciones Unidas define el desarrollo sostenible como “aquel que busca garantizar la sostenibilidad del ambiente y la protección a los recursos naturales”; de acuerdo con lo mencionado, se quiere que las industrias trabajen bajo la visión del desarrollo sostenible, con el fin salvaguardar el bienestar no solo de las sociedades actuales, sino, asegurar y proteger el patrimonio de las generaciones futuras. (MINAMBIENTE, 2016).

El agua es catalogada como un derecho según el folleto informativo N° 35 de la ONU, (Naciones Unidas, 2019). El líquido representa un elemento indispensable para el desarrollo

sostenible y para la factibilidad de los procesos ecológicos llevados a cabo en el sector industrial. Esta situación del desmedido consumo, tuvo su origen a partir de la revolución industrial debido al aumento de las dinámicas productivas, y el desarrollo científico y tecnológico, llagando al límite de sobrepasar la producción en el entorno. La preocupación mundial en pro de la protección de los recursos naturales, comienza en los años setenta, y se llevaron a cabo una serie de acciones por parte de los gobiernos de varios países, con el propósito de establecer acuerdos internacionales relacionados con el manejo responsable de los recursos naturales; estos acuerdos se presentan en la figura 1.

Figura 1

Desarrollo sostenible y acuerdos internacionales

- | |
|--|
| <p>1972: La Declaración de Estocolmo sobre el medio ambiente constituyó el primer avance al incluir “el medio ambiente” dentro de la agenda internacional.</p> <p>1982: En Nairobi (Kenia) se intentó convertir la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la Cumbre Oficial de la Tierra, pero fue afectada en forma negativa por múltiples divergencias y la situación dominante de la Guerra Fría.</p> <p>1985: Se firmó el Convenio de Viena, en el que se aprobó la “Protección de la Capa de Ozono”, desde la investigación, la cooperación entre países y el intercambio de información.</p> <p>1987: El Protocolo de Montreal acordó el control de clorofluorocarbono (CFC), sustancia química que destruye la capa de ozono. Con ello el consumo global de CFC descendió 570 millones de kilogramos entre 1988 y 1993.</p> |
|--|

Fuente: (Diaz Paola H. N., 2019)

Como resultado de esta preocupación, posteriormente se generaron acuerdos, como la cumbre de Río en 1992, el protocolo de Kioto en 1994, tratado sobre la reducción de los impactos antrópicos negativos al ambiente. Continuando en el contexto internacional, las agencias ambientales de los Estados Unidos reconocieron como un problema la contaminación asociada al

control y manejo de los residuos industriales y se comenzó a pensar en cómo este problema podría ser abordado aplicando políticas preventivas; en Estados Unidos, estas políticas resultaron atractivas y se fueron formalizando a través de la agencia de protección ambiental la cual fue aprobada en el año 1990 (ONU, Apoyar el desarrollo sostenible y la acción climática, 2019)

El programa de Naciones Unidas en Europa trabajó en la protección del ambiente a través de la División de Tecnología y Medioambiente de París, identificando problemas ambientales a nivel industrial y comenzando a acentuar la necesidad de prevenir la contaminación; más adelante en la Cumbre Mundial sobre desarrollo sustentable en el año 2002 nace la necesidad de transformar las prácticas de consumo y producción, por medio de la inversión en programas de Ecoeficiencia y Producción más Limpia por parte de las industrias.

En este orden de ideas nace la importancia de añadir conceptos de Producción Más Limpia (PML) en el sector industrial, trabajar en pro del consumo sustentable y desarrollar acciones para la creación de Centros de Producción Más Limpia para las industrias y que se pudiera ver reflejado en la comunidad como tal; de esta manera, se estableció el marco a nivel internacional que busca desarrollar planes y políticas de acción en PML.

Existen políticas ambientales establecidas para los países en vía de desarrollo, pero los mecanismos de regulación para el tratamiento de la contaminación son escasos e inexistentes en algunos casos; por tal razón, se planteó que la contaminación industrial debía ser abordada a través de la mejora continua en las diferentes etapas de los procesos productivos, con lo cual, se reduce la contaminación y a su vez aumenta la eficiencia del proceso; a esta mejora se le llamó producción limpia.

Con referencia al desarrollo de la producción más limpia (PML) en Colombia, sobresale la Carta Política la cual fue aprobada en el año 1991. Donde se distinguen nuevos instrumentos

judiciales en pro de la protección ambiental. Gracias a la nueva constitución se concretó el comité ambiental de la asociación nacional de empresarios en Colombia; posterior a esto, el gobierno creó el Ministerio de Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental, a partir de este momento es incluido por primera vez en Colombia en tema de PML como un programa central del capítulo ambiental.

Después de 20 años, la producción más limpia sigue siendo una táctica emergente para abordar desafíos en materia ambiental a nivel industrial, tanto del orden local, como regional y nacional. La implementación de esta política ha mostrado importantes resultados en el país, y ha servido para impulsar el trabajo hacia los grandes retos ambientales a los cuales se enfrenta el mundo hoy en día, para contribuir en la solución de los problemas ambientales existentes a nivel industrial y dirigir el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental; este enfoque a la vez que contribuye a la competitividad de las empresas y el bienestar de la población, garantiza modalidades de consumo y producción sostenible.

La producción y el consumo mundial desmedido afectan el ambiente, lo cual tiene un efecto destructivo sobre el planeta. Actualmente, se puede presenciar la cultura consumista a nivel mundial y la producción masiva, cosa que ha llevado al ser humano a una encrucijada, donde se puede evidenciar la escasez de los recursos disponibles, porque se ha llegado al consumo más allá de las necesidades (Buitrago, 2020), (Ranaprathap, 2022).

A nivel mundial se vive como si existieran 1,75 planetas a disposición y se calcula que para el año 2050 la población mundial alcanzará los 10.000 millones de habitantes; de acuerdo a esta cifra faltarían casi tres planetas para contar con los recursos necesarios para suplir las necesidades de la vida actual. Desde 1990 la cantidad total de materia prima que se extrae para consumo final

ha aumentado en un 113%; la demanda de materiales no se ha separado del crecimiento del PIB y tampoco del crecimiento de la población en todo el mundo. (UN GLOBAL COMPACT, 2020)

En esta misma línea y en términos actuales, se enmarca el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) número 12, propuesto por el grupo de trabajo de las Naciones Unidas, el cual expresa la necesidad, de desarrollar proyectos y programas pensados en una modalidad de consumo y producción sostenible, ya que el progreso social y económico desarrollado en el último siglo se ha ligado a una degradación ambiental que pone en peligro la supervivencia y el desarrollo futuro.

Con el (ODS) 12, se busca generar estrategias para cambiar el modelo actual de producción y consumo, con el fin de lograr las siguientes metas: (meta 12.1) aplicar el marco decenal de políticas y programas de producción y consumo sostenible, con participación de todos los países, bajo el liderazgo de países desarrollados, teniendo en cuenta su desarrollo y capacidades, (meta 12.2) abarcar la eficiencia, uso y gestión de los recursos naturales, (meta 12.3) apostarle a proyectos encaminados a evitar la pérdida de alimentos, (meta 12.4) fomentar el uso ecológico y racional para los productos químicos, (meta 12.5) disminuir considerablemente la generación de desechos mediante la prevención, reducción, reciclado y reutilización, (meta 12.6) alentar a las empresas a que adopten prácticas sostenibles, (meta 12.7) señala la importancia de las prácticas sostenibles de adquisición pública, (meta 12.8) destaca la importancia de informar y educar al consumidor con referencia a los estilos de vida y el desarrollo sostenible; midiendo estas acciones bajo unos indicadores que son los siguientes:

(indicador 12.1.1) número de países que cuentan con planes de acción de producción y consumo sostenible, establecido como prioridad en las políticas nacionales, (indicador 12.2.1) huella material precipita, huella material en términos absolutos y huella material por PIB, (indicador 12.3.1) índice de pérdida y desperdicio de alimentos, (indicador 12.4.1) número de partes

en los acuerdos ambientales internacionales, relacionados con los residuos peligrosos y otros productos químicos, cumpliendo con la obligación y el compromiso de divulgar información, como lo exige cada acuerdo pertinente, (indicador 12.5.1) tasa nacional de reciclado, (indicador 12.6.1) número de industrias que publican información relacionada con la sostenibilidad. (Faktoria, 2021)

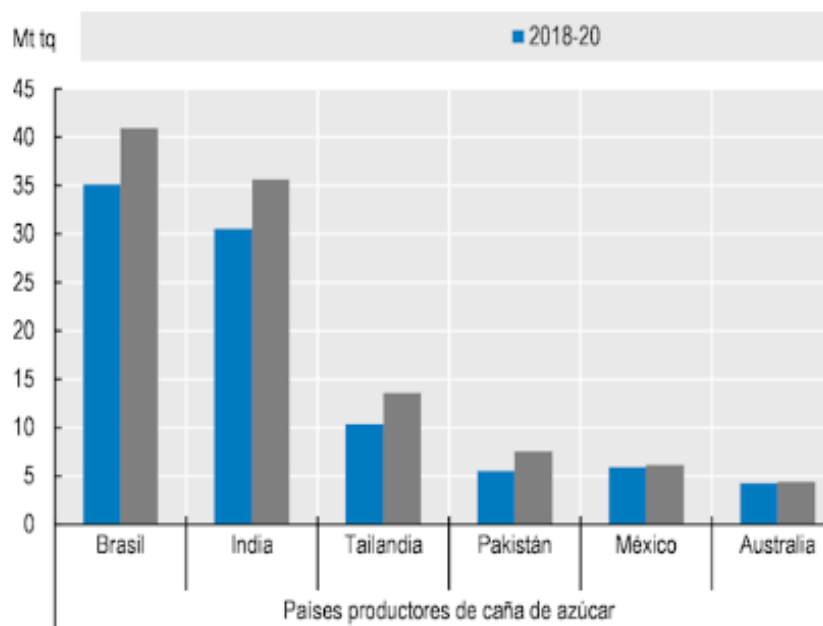
El sector industrial juega un papel importante para lograr las metas del (ODS) 12, es por esto que deben incorporar en sus modelos de producción y consumo criterios de economía circular, constituir una cultura dentro de su compañía ligada al desarrollo sostenible y potenciar el consumo responsable entre los grupos de interés.

Estructurando el tema de este proyecto vale recalcar que en la actualidad el mercado mundial del azúcar se encuentra dominado por Australia, Estados Unidos y Unión Europea los cuales aportan casi el 30% del total mundial de producción. De otro lado, países como Brasil, México, China e India también son representativos de la producción mundial. (OCDE-FAO, Perspectivas agrícolas 2022-2023, 2022)

En Brasil, India, Tailandia, México, Pakistán y Australia se concentra la mayor superficie cultivada de caña de azúcar, estas regiones representan más del 60% de la producción de azúcar mundial. (Yara, 2023). México en particular ocupa el quinto nivel en el mundo en lo que concierne a producción de azúcar por hectárea, en la siguiente figura se puede observar la producción de caña de azúcar en varios países.

Figura 2

Principales países productores de azúcar



Fuente: (OCDE-FAO, Perspectivas agrícolas 2021-2030, 2023)

Los datos de la figura anterior se expresan sobre la base de peso en bruto (tq). Esta información permite caracterizar los principales países productores de caña de azúcar a nivel mundial; cabe recalcar que Colombia no resulta ser el mayor productor de azúcar por tonelada de caña, pero si encabeza la lista de líderes mundiales en rendimiento de la caña de azúcar contando con un rendimiento de 118,1 Toneladas/hectárea, (Yara, 2023). Esto indica que no es el principal cultivador, pero obtiene el mayor provecho de su materia prima.

A nivel mundial a partir del 2020 se estima que la producción de azúcar aumento en 1,4% con referencia a la década anterior donde la producción fue de 0,3%. El mayor productor de azúcar es Brasil y ha sido un país persistente en los últimos 10 años pues genera alrededor de 719 millones de toneladas, lo que representa el 40% de la producción mundial; si esta cifra se suma con India y

Tailandia, se obtiene como resultado que los tres países son los responsables de producir dos tercios de la producción mundial de caña de azúcar, en un área de 15 millones de hectáreas. (OCDE-FAO, Perspectivas agrícolas 2021-2030, 2023)

En Colombia la industria azucarera, se ubica en el valle geográfico del río Cauca, desde el municipio de Santander de Quilichao, en el norte del departamento del Cauca, atravesando la zona plana del departamento del Valle del Cauca, hasta llegar a la Virginia, en el departamento de Risaralda. Su área de influencia cubre 47 municipios ubicados en el Cauca, Valle del Cauca, Risaralda, Caldas y Quindío. En esta región actualmente hay 241.205 hectáreas sembradas con caña de azúcar (Asocaña, 2022), estos cultivos son los encargados de abastecer 12 ingenios: La Cabaña, Carmelita, Incauca, Manuelita, Mayagüez, María Luisa, Pichichí, Occidente, Providencia, Riopaila Castilla, San Carlos y Risaralda.

De acuerdo con la información brindada por la asociación de cultivadores de caña de azúcar en Colombia, se pudo determinar que el país produjo 24,09 millones de toneladas de azúcar en el año 2022, (Asocaña, 2023), lo que indica que Colombia tiene una alta productividad de caña por hectárea cosechada.

Según (Fernández, 2020), la agroindustria azucarera actualmente consume mayor cantidad de agua en comparación con el consumo dado por otros sectores industriales dedicados a la producción de diferentes insumos necesarios para el ser humano; estos consumos hídricos se pueden ver reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 1

Consumo de agua en diferentes industrias a nivel mundial

Industrias	Consumo %
Azucarera	22,3

Papelera	16,1
Petrolera	3,7
Bebidas	6,4
Química	24,4
Textil	2,4
Siderurgia	5,5
Eléctrica	4,7
Alimentos	0,3

Fuente: (Elaboración propia con base en (Fernandez, 2020))

El consumo hídrico por parte del sector azucarero representa un problema serio para algunos países debido a lo limitado de su recurso hídrico; esta agroindustria puede alcanzar altos niveles de consumo de agua que incluyen alrededor de 141 m³/Tonelada de caña molida (T/C molida) como máximo desde el cultivo hasta el desarrollo de todo el proceso de fabricación.

El agua es un recurso fundamental para el ser humano y para la realización de sus actividades domésticas, comerciales e industriales entre otras; los niveles de uso del agua en países desarrollados y en Colombia, se establecen de acuerdo con las siguientes tablas.

Tabla 2

Uso del agua en países desarrollados

Conceptos de uso	Consumo porcentual
Agricultura	30%
Doméstico	11%
Industrial	59%
Total	100%

Fuente: (Sela, 2023)

Tabla 3

Usos del agua en Colombia

Conceptos de uso	Consumo porcentual
Agricultura	47%
Doméstico	8%
Industrial	45%
Total	100%

Fuente: (Elaboración propia con base en (Ciguenza, 2017))

La demanda de agua en Colombia, también puede ser caracterizada de acuerdo al consumo agrícola, doméstico, energético, pecuario entre otros. Según el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM), se tiene como últimos valores referidos el año 2012, que el consumo se encontró de la siguiente manera.

Tabla 4

Demanda hídrica Nacional

Sector	Consumo
Agrícola	46.6%
Energía	21.5%
Pecuario	8,5%
Domestico	8,2%
Otros	15,2%

Fuente: (Elaboración propia con base en (IDEAM, 2013))

Es importante recalcar que según el IDEAM el mayor uso del agua en Colombia se concentró en el área hidrográfica del río Magdalena y el río Cauca.

Anualmente el consumo de agua va en aumento entre 1 y 1,5% principalmente en los países desarrollados, lo que genera gran preocupación, ya que la cantidad de agua aprovechable para uso agrícola, industrial, doméstico y de otro tipo es limitado, debido a que solo el 0,003% de agua dulce está disponible para suplir las necesidades mencionadas anteriormente. (Salazar, 2021)

En países subdesarrollados las cifras son inferiores con relación al consumo de agua, de acuerdo con un estudio desarrollado por el Banco Mundial para la zona rural muestran la siguiente información.

Tabla 5

Consumo de agua en países subdesarrollados

Región	Consumo porcentual
África	11%
Sudeste asiático	35%
Pacífico occidental	5%
Mediterráneo	8%
Latinoamérica	41%
Intervalo normal	90%

Fuente: (Elaboración propia con base en (Herrero, 2022)

Según el informe de la situación general en materia de equilibrio publicado por la Comisión Nacional de Ecología de México en el año 2020, que presenta los porcentajes en materia de extracción, consumo de agua potable y descarga de agua residual, se puede evidenciar que la industria azucarera a nivel mundial tiene un mayor consumo de agua en comparación a los procesos productivos en general; por esta razón, las descargas también son mayores y se puede ver evidenciado en la siguiente tabla.

Tabla 6

Consumo general en materia de equilibrio

Industria	Extracción (%)	Consumo (%)	Descarga (%)
Azucarera	35,2	22,3	38,8
Papelera	8,20	16,1	6,0
Petrolera	7,20	3,7	8,2
Bebidas	3,30	6,4	2,4
Química	21,7	24,4	21,0
Textil	2,60	2,4	2,7
Eléctrica	1,50	4,7	0,7
Alimentos	0,20	0,3	0,2

Fuente: (Elaboración propia con base en (Fernández, 2020)

El agua utilizada anualmente por la industria mundial va en aumento y esto genera preocupación, ya que el sector tiende a competir con mayor fuerza a través de los años por un recurso hídrico limitado que necesita ser distribuido entre la población que se encuentra en constante crecimiento, la agricultura y el sector industrial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura, FAO (2020) el consumo de agua mundial para fines agroindustriales aumentará en un 19% de aquí al 2050. Sumado a esto los efectos del cambio climático son latentes y han encendido las alarmas llevando a los ingenios a mirar hacia el futuro, implementando nuevas alternativas para hacer un uso adecuado del recurso hídrico.

De acuerdo al informe de sostenibilidad del sector azucarero, brindado por Asocaña se tiene, que este sector agroindustrial en Colombia, se encuentra interesado y consciente de la importancia del agua como recurso vital para la sostenibilidad de esta generación y de las futuras, es por ello que la industria trabaja arduamente, en la implementación de estrategias y nuevas tecnologías, que permitan usar eficientemente y racionalmente el agua, tanto en procesos agrícolas como industriales, tanto así que la industria azucarera en el Valle Geográfico del Río Cauca, ha

implementado interesantes procesos de recirculación de agua que permite recirculaciones del orden del 70 y 90% reduciendo de forma importante los caudales vertidos.

El centro de investigación de la caña de azúcar y la agroindustria, han implementado técnicas de programación y sistemas eficientes de riego que permiten reducir el consumo hídrico. Este sector también le ha apostado a la conservación y recuperación de las cuencas hidrográficas, trabajando en la implementación de estrategias de conservación y restauración de las cuencas y el mejoramiento pensado en las comunidades que habitan en estos lugares. (Caña, 2020)

Todo es un proceso, por ende, día a día se trabaja para lograr impactar positivamente el medio ambiente y lograr reducir lo más que se pueda el consumo hídrico, si bien se sabe que el sector está trabajando en ello, no está de más generar nuevos proyectos que impacten de manera positiva el sector industrial y que aporten estrategias para deducir el consumo hídrico en la fábrica.

A nivel regional en el departamento del Cauca en el año 2022 se exportaron 518 mil toneladas de este producto por un valor de 457 millones de dólares lo que ha llevado a que el departamento del Cauca se especialice en el cultivo y ostente el liderazgo a nivel mundial, aportando significativamente al progreso del país. (Asocaña, 2023)

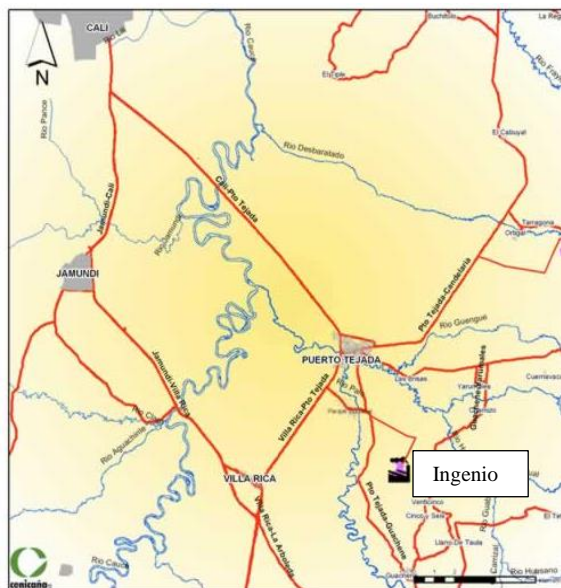
El ingenio objeto de estudio fue fundado en 1944 y hoy día es una de las empresas más representativas de la agroindustria colombiana, con una producción de alrededor de 200.000 toneladas de azúcar por año. Posee una planta de producción con flexibilidad para producir todas las especificaciones de azúcar requeridas por los mercados nacionales e internacionales, además de adelantar proyectos de gran envergadura para diversificar su producción y darles valor agregado a sus productos. El mercado de sus productos se encuentra principalmente en las industrias de bebidas y alimentos, licores, almacenes de cadena, comerciantes y distribuidores, ubicados en la Región Andina, Centro América y el Caribe.

El azúcar es comercializado a través de los canales de distribución de Ciamsa S.A. en sus diferentes distritos, gracias a la infraestructura del área de Mercadeo y Ventas de esta organización. Uno de los subproductos es la miel final que comercializan mayoristas para la elaboración de concentrados para alimentación de animales y la fermentación para producción de etanol.

Para la elaboración del azúcar, la fábrica cuenta con un proceso productivo que se inicia con la preparación, adecuación, siembra y cultivo de la caña, continúa con su cosecha y finaliza con su transformación en azúcar blanco, blanco especial y sus derivados; este ingenio se encuentra ubicado en el departamento del Cauca exactamente en el parque industrial del municipio de Guachené Cauca como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3

Ubicación geográfica ingenio objeto de estudio



Fuente: (cenicaña, 2020)

El ingenio objeto de estudio requiere de la utilización de altas cantidades de agua, ya que esta, es utilizada como componente principal en la producción de azúcar o entra a ser parte de los procesos, los cuales son el enfriamiento de maquinaria que genera calor, y en la limpieza de determinadas máquinas y equipos que hacen parte de los procesos productivos. Desde que la caña entra al proceso requiere de la utilización de agua para la realización del lavado de la materia prima. En el ingenio objeto de estudio, este lavado se realiza en las mesas de caña de azúcar con agua recirculada; a partir de ahí comienza el consumo del recurso hídrico y se extiende durante todo el proceso de fabricación, a pesar de que el ingenio objeto de estudio mantiene en su planta, un circuito cerrado de recirculación para minimizar el consumo hídrico, se pierde agua por diferentes factores a lo largo de todo el proceso de fábrica, uno de los más notorios son las fugas de agua, por esta y muchas razones más, se hace necesario el pensar en la reducción del consumo hídrico en fábrica, de tal manera que disminuya la cantidad de agua utilizada en la fuente que suministra el líquido.

En la actualidad el ingenio objeto de estudio ha tenido un consumo hídrico promedio de 171.720m³ al mes; en la tabla 7 se puede observar el consumo de agua mes a mes, permitiendo comparar los consumos de agua del año 2021 y 2022, también se puede detallar en la tabla 8 el consumo en m³ de agua/TC molida y las TC molida por mes, permitiendo determinar que para el año 2021 se presentó una mayor cantidad en producción con un consumo menor de agua por TC molida y para el año 2022 la producción fue menor y el consumo en m³ de agua/TC molida 2022 aumentó, vale recalcar que el alcance de este proyecto será únicamente en el consumo hídrico en la fábrica del ingenio objeto de estudio, por ende, los datos presentados a continuación son del consumo de agua en fábrica.

Tabla 7

Consumo de agua en fábrica, año 2022

Meses	Consumo (m³) 2021	Consumo (m³) 2022
Enero	188.514	196.503
Febrero	181.571	178.638
Marzo	183.427	220.946
Abril	155.900	185.257
Mayo	133.105	202.295
Junio	167.737	172.295
Julio	161.937	180.780
Agosto	191.308	166.019
Septiembre	172.354	160.060
Octubre	183.138	184.251
Noviembre	174.862	185.092
Diciembre	200.568	178.185
Promedio año	174.535	184.193

Fuente: Elaboración propia con base en Ingenio objeto de estudio

Desde el año 2009 en Asocaña se creó un programa llamado “Fondo agua por la vida y la sostenibilidad” el cual tiene como finalidad, el trabajo y la articulación de los ingenios para trabajar en pro de la disminución del consumo hídrico y generar inversiones en la conservación de cuencas y nacimientos de agua. Además, dentro de sus planes de acción se encuentra el programa llamado Mesa del Agua que fue creado en el año 2010, en búsqueda del uso eficiente y sostenible del recurso hídrico. A partir de este programa en el año 2021 se planteó una meta de consumo hídrico en fábrica, a la cual los ingenios azucareros se acogieron; esta meta establece una reducción de consumo hídrico en fábrica, donde se busca llegar a un indicador de consumo de agua de 1,1 m³ de agua / Tonelada de caña molida (TC molida).

El ingenio donde se pretende realizar este proyecto cuenta con una serie de datos en lo referente a consumo de agua en fábrica, toneladas de caña molida y consumo de agua por Tonelada de caña molida, estos valores se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 8

Consumo de agua (m³), T/C molida y m³ de agua/TC molida para los años 2021 y 2022

Meses	Consumo (m ³) año 2021	Consumo (m ³) año 2022	TC Molida al mes 2021	TC Molida al mes 2022	m ³ de agua/TC molida 2021	m ³ de agua/TC molida 2022
Enero	188.514	196.503	142.121	147.356	1,3	1,3
Febrero	181.571	178.638	158.840	150.796	1,1	1,2
Marzo	183.427	220.946	128.927	141.988	1,4	1,6
Abril	155.900	185.257	85.286	114.813	1,8	1,6
Mayo	133.105	202.295	158.580	104.290	1,5	1,9
Junio	167.737	172.295	165.715	124.812	1,0	1,4
Julio	161.937	180.780	190.007	168.274	0,9	1,1
Agosto	191.308	166.019	181.929	173.322	1,1	1,0
Septiembre	172.354	160.060	188.488	169.727	0,9	0,9
Octubre	183.138	184.251	177.137	163.195	1,0	1,1
Noviembre	174.862	185.092	138.431	135.401	1,3	1,4
Diciembre	200.568	178.185	167.060	175.060	1,2	1,2
Promedio año	174.535	184.193	156.877	147.420	1,2	1,3

Fuente: Elaboración con base en información del Ingenio objeto de estudio

Con respecto a la eficiencia se puede concluir que para el promedio del año 2022 se disminuyó la cantidad de caña molida y el agua consumida aumentó, lo que para efectos de la eficiencia en el uso del agua disminuyó.

Con la información obtenida se puede determinar que para el año 2022 el consumo de agua por TC molida es de 1,3 m³ en promedio, lo que aleja al ingenio en el cumplimiento del indicador planteado en el plan de la Mesa del agua en casi un 20%, y lo impulsa a pensar en la creación de

un programa de PML que potencie mejores resultados para el sistema de gestión ambiental ISO 14001; debido a que el ingenio objeto de estudio cuenta con este sistema de gestión, presentar e implementar este programa de producción más limpia se convierte en una oportunidad para alcanzar las metas establecidas no solo en consumo hídrico, también en los problemas de residuos orgánicos.

Con respecto a la segunda parte del estudio, según la Organización de Naciones Unidas en las diferentes etapas de los procesos productivos agrícolas, generan unos residuos orgánicos, que se originan desde el procedimiento del cultivo hasta el procesamiento, si bien estos residuos son naturales, su mala gestión puede acarrear problemas ambientales y sociales como: emisiones, contaminación de agua con lixiviados, desarrollo de malos olores o cría de ratas e insectos. La producción de este tipo de residuos es muy variable, en términos de localización y tipo, lo que hace muy difícil obtener datos específicos sobre su generación en el mundo. Sin embargo, para ilustrar el volumen de producción, cabe señalar que los alimentos más producidos en el mundo son la caña de azúcar y el arroz, con 1.800 y 509 millones de toneladas producidas respectivamente en 2020. Se estima que la caña de azúcar genera entre 30 y 60 toneladas de residuos orgánicos por cada 1.000 Kg de azúcar producidos, y el arroz genera casi una tonelada adicional de residuos orgánicos por cada tonelada de grano. A nivel local, se estima que solo en Colombia las actividades de los principales cultivos agrícolas como plátano, caña de azúcar, banano, arroz, café, maíz o palma de aceite, generan más de 71 millones de toneladas de residuos orgánicos al año, de los cuales solo el 17% se destina a un uso secundario. (Manuel, 2022)

Toda esta cantidad de residuos que se genera a nivel global, y los efectos negativos que esta trae consigo, hace necesario cambiar el modelo de producción, y se adopte un modelo basado en la producción y consumo responsable que busque que los residuos orgánicos generados sirvan

como materia prima para la creación de nuevos productos o en su defecto que aporten en el proceso llevados a cabo de las industrias.

En el ingenio objeto de estudio, el problema de los residuos orgánicos se presenta en el patio de caña, exactamente al inicio del proceso de fabricación de azúcar; para comenzar, en el proceso de transformación de la caña de azúcar, esta es colocada en la entrada del proceso, a este lugar se le denomina “mesas de caña”; en esta zona se realiza un volteo de los vagones de caña, lo cual permite que el material quede en las mesas para iniciar el proceso productivo y en este punto es donde surge la generación de los residuos orgánicos. Para el ingenio es un aspecto ambiental importante, el cual debe de ser abordado y mejorado, esto debido a las implicaciones negativas que se genera, las cuales son:

- ❖ Generación de olores por la degradación del material cuando comienza su proceso de descomposición.
- ❖ Contaminación paisajística que además puede convertirse en refugio y atrayente de plagas asociadas a los residuos.
- ❖ Saturación del lugar donde se dispone la caña antes de iniciar su recorrido.
- ❖ Afectación económica para el ingenio, por tratarse de materia prima que deja de ser procesada (pérdida de sacarosa en proceso productivo).

Lo que ocurre actualmente y que genera el problema, es que los residuos de caña se direccionan al sitio de disposición el cual se encuentra ubicado a 15m del lugar donde se originan los residuos orgánicos, actividad que también genera un sobre costo respecto a lo económico, ya que 2 veces por día es necesario que el “cargador”, el cual es el transporte que se utiliza dentro del patio de caña, recoja los residuos y los apile en el lugar de disposición; este cargador funciona con gasolina, por consiguiente su utilidad implica un consumo en combustible y transporte, estos

residuos orgánicos son materia prima que deja de ser procesada y se cataloga como una “pérdida de sacarosa en proceso productivo” que por estándares y criterios de calidad esta caña caída al suelo no puede ser procesada para la fabricación de azúcar, pero se puede pensar en alternativas que permitan que estos residuos orgánicos puedan ser utilizados y entrar a ser parte del proceso en la misma fábrica.

Adicionalmente se ve reflejada una suspensión operacional por lapsos de tiempo, ya que la caña cuando se cae al suelo dificulta en algunas ocasiones la movilidad interna de los trenes cañeros, y a veces es tanta la cantidad que se debe detener la operación mientras el cargador realiza la función de apilar los residuos orgánicos. La generación de esta problemática es diaria y anualmente la cantidad es excesiva; a continuación, se presenta el valor total en kg de residuos orgánicos en patio de caña generados en el año 2022.

Tabla 9

Residuos orgánicos en patio de caña, año 2022

Año	Residuos orgánicos en patio de caña (kg)
2022	2.175.470

Fuente: Elaboración propia con base en el Ingenio objeto de estudio

Esta problemática no es particularmente del ingenio donde se plantea la realización del proyecto sino, de todos los ingenios en general, ya que se estima que en Colombia se generan 9.000.000 de Ton de residuos orgánicos de caña que no entra al proceso por temas de inocuidad y es desaprovechada, convirtiéndose en un residuo orgánico no aprovechable en la mayoría de los casos. Se considera que el 25% de estos residuos que se generan al año, son aprovechables, pero desafortunadamente no se hace un aprovechamiento. (Asocaña, 2023)

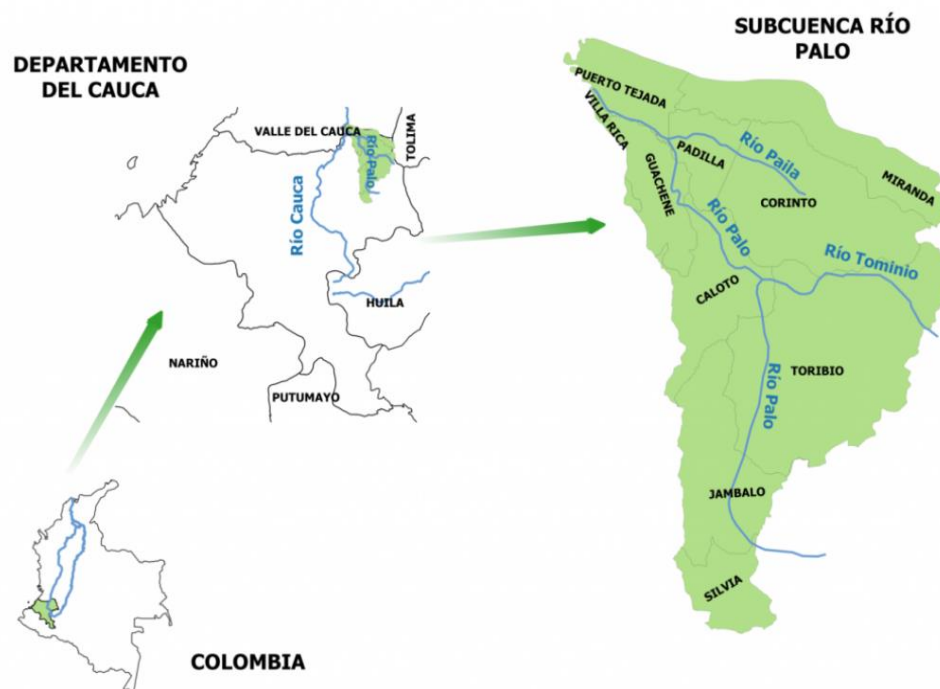
El ingenio objeto de estudio y la agroindustria azucarera en general, presenta gran interés en la mejora de sus procesos y actividades para lograr una prevención y reducción de los impactos

ambientales negativos como parte integral de los procesos que se llevan a cabo diariamente en la producción, buscando la posibilidad de reducir el consumo hídrico en fábrica y una mayor eficiencia de la misma, para ello es necesario la creación de alternativas que permitan tomar un flujo mínimo de agua que no afecte la realización de las actividades en fábrica y a su vez proteja las condiciones ambientales y el equilibrio del río Palo, el cual nace en la cordillera central, en el departamento del Cauca, al oriente del municipio de Toribio y representa la fuente de donde se capta el agua necesaria para suplir las necesidades del ingenio objeto de estudio y para suplir las necesidades de las comunidades que se encuentran ubicadas en el área de influencia; habitantes de los municipios de Guachené, Puerto Tejada y Padilla. El Río Palo de las comunidades mencionadas anteriormente, es una fuente de agua superficial de tipo lótico.

La subcuenca Hidrográfica del Río Palo hace parte de la gran Cuenca Cauca, la cual es perteneciente del área hidrográfica Magdalena – Cauca y beneficia a los municipios que se presentan en la siguiente figura.

Figura 4

Ubicación subcuenca río palo y municipios que se abastecen de este río



Fuente: <https://www.corpopalo.com/la-subcuenca/>

Este río es una fuente de agua importante para el norte del departamento del Cauca, el río no solamente es usado para abastecer la agroindustria azucarera, sino que permite el albergue de alta diversidad biológica, donde se puede encontrar especies de flora y fauna endémicas del país como lo es, el árbol Nacional de palma de cera, de igual forma representa un corredor biológico de especies como el puma, oso de ante ojos, entre otros. Así mismo cuenta con innumerables nacimientos de agua, quebradas y ríos; además de la importancia de sus aguas en el desarrollo industrial, generación de energía, abastecimiento doméstico rural y urbano, pesca y recreación. Sin embargo, el uso más intensivo del río lo genera el sector agrícola e industrial.

Pregunta problema

¿Cómo generar acciones que contribuyan al ODS 12: producción y consumo responsable en las zonas del proceso productivo donde hay mayor consumo de agua en una agroindustria del sector azucarero?

Justificación

La política de producción más limpia es una directriz que se basa en el desarrollo sostenible y que promueve la elaboración de medidas o estrategias para controlar o detener efectos que estén degradando el ambiente, asegurando que el “desarrollo” no comprometa el medio para las generaciones futuras.

Esta política fue presentada y desarrollada inicialmente en Colombia por el Ministerio de Medio Ambiente, basada en el programa global de Acción en 1995 por la United Nations Environmental Program (ENEP), con el fin de proteger medios acuáticos contaminados por fuentes terrestres, y a su vez iniciar un programa de reforma legal aplicable al sector empresarial considerado el mayor generador de contaminación. (Garrette, 2019)

Es fundamental entender la importancia de la aplicación de estrategias de PML en el ingenio objeto de estudio, ya que estas acciones van a traer beneficios tangibles, que se verán reflejados a manera de competitividad y aporte económico para esta agroindustria. Este proyecto se hace importante, ya que, de acuerdo con la información obtenida, en el año 2022 el consumo de recurso hídrico en fábrica y la cantidad de residuos orgánicos generados en patio de caña, fue elevado en comparación al año 2021. Esta situación genera preocupación para el departamento de mejoramiento ambiental de la empresa, ya que no se ha logrado cumplir con el objetivo planteado en el programa “Mesa de Agua”.

En la última década se ha intensificado la lucha por el cambio climático, se establece que los ecosistemas y los servicios ambientales están amenazados por las actividades antrópicas irreversibles hasta la fecha, lo que lleva a fomentar un interés por la búsqueda de alternativas que permitan contrarrestar los efectos negativos al medio ambiente, planteando como opción, el aprovechamiento de los residuos y la creación de programas responsables enfocados al consumo

de agua, evitando el desperdicio y que se vea reflejado en la calidad de vida para las comunidades presentes en el área de influencia.

La importancia de este proyecto radica en identificar los principales escenarios que llevan al ingenio a aumentar el consumo hídrico y buscar soluciones que puedan ser empleadas en los procesos; también buscar una alternativa de manejo eficiente para los residuos generados en el patio de caña y con estos dos componentes, elaborar un programa de producción más limpia que permita disminuir el consumo de agua en fábrica y disminuir los residuos orgánicos generados en el patio de caña, buscando de esta manera contribuir en aspectos sociales, ya que hoy en día la sociedad actual presenta una preocupación genuina por ciertos temas que en el pasado se desconocían o simplemente se ignoraban con relación a la necesidad de trabajar en pro de la conservación ambiental, sobre todo en lo que concierne con el agua y manejo de residuos.

Con la realización de este proyecto se pretende aportar a una serie de estrategias que buscan beneficiar la sociedad presente en el área de influencia, estas estrategias están pensadas en disminuir el consumo hídrico que genera el ingenio objeto de estudio, buscando de esta manera poder brindar una mejor calidad de vida y una garantía del recurso, salvaguardando el agua como fuente principal de vida, para las próximas generaciones y contribuyendo a que las demás industrias que dependen del suministro de agua por parte de la misma cuenca, no se vean afectadas en un futuro y consigo sus empleados.

El uso de agua es esencial en el proceso productivo del ingenio objeto de estudio; el consumo responsable del recurso hídrico presenta un beneficio ambiental y económico, ya que, a menor consumo, el pago disminuirá, logrando un beneficio en cuanto a la reducción de costos. Por lo presentado en las tablas (7 y 8) de consumo hídrico se puede determinar que el ingenio tiene una demanda alta de agua para llevar a cabo sus actividades. Con la disminución del consumo de agua

además del beneficio económico se tendrá un impacto positivo en la imagen del ingenio, lo que podría implicar un aumento de la competitividad en el mercado pues podrá ser más atractivo a los ojos del consumidor.

Con referencia a los residuos orgánicos se tiene que estos en la industria azucarera representan un peligro ambiental a consecuencia de su fácil combustión y tiempo para lograr su degradación, razón por la cual se hace importante la búsqueda de alternativas en pro de solucionar este problema en la agroindustria azucarera; los altos volúmenes de caña que no puede ser utilizada en el proceso representan un reto importante de manejo y almacenamiento, ya que generalmente en los ingenios no se cuenta con infraestructura para su almacenamiento y uso, convirtiéndose esta situación en un problema constante. (Peña, 2017)

Para el ingenio objeto de estudio este proyecto es beneficioso, ya que pretende abarcar en la eficiencia y uso idóneo del recurso hídrico utilizado en la fábrica y gestionar el manejo adecuado de los residuos orgánicos generados en el patio de caña, obteniendo resultados en el primer año de ejecución del programa de PML, este proyecto le aportara a las contribución de las metas; (12.2, 12.5, 12.6) del (ODS) 12, buscando la disminución de un impacto ambiental interno a través del aprovechamiento, que además permitirá mejorar las condiciones operacionales en patios de caña y abrir una oportunidad económica antes no contemplada, esto debido a que actualmente los residuos orgánicos de caña no reciben un tratamiento o manejo valorizable.

La idea de llevar a cabo este proyecto resulta atractiva, ya que las estrategias aportarán a la disminución de los impactos ambientales generados por falta de buenas gestiones, tratamientos adecuados o falta de alternativas de manejo y mejora. De esta forma se busca hacer frente a los efectos adversos de la fabricación del azúcar, contribuir a la mejora de los procesos de producción y dar paso a la innovación por medio de la producción más limpia y el desarrollo sostenible,

estableciendo y profundizando estrategias que mengüen el impacto ambiental negativo tan evidente que se origina en la fabricación del azúcar.

Con base en estas consideraciones, se puede notar que la PML liga la excelencia económica con la ambiental en las empresas, resultando un tema atractivo para implementar a nivel industrial, y de forma específica como en este caso a la industria azucarera. De ahí parte el interés de apostarle a la implementación de programas de PML en el sector azucarero, determinando las mejores alternativas para lograr disminuir el impacto ambiental en la agroindustria y aumentar la eficiencia, pensando en la sustentabilidad de sus productos, procesos y servicios, con el fin de lograr la implementación de estrategias preventivas e integradas, que tienen como fin incrementar la eficiencia de producción en la agroindustria azucarera, motivando al sector a innovar lograr mayor competitividad en el mercado.

Objetivos

General

Elaborar un programa de producción más limpia -PML- en las áreas de fábrica y patio de caña de una industria azucarera ubicada en el departamento del Cauca, como contribución al ODS 12: producción y consumo responsable.

Específicos

- ❖ Consolidar el Comité de Producción Más Limpia en la industria azucarera con responsables, roles y actividades a desarrollar.
- ❖ Elaborar el diagnóstico ambiental para identificar las situaciones críticas de las áreas objeto de estudio en el proceso de producción.
- ❖ Formular proyectos que incluyan las alternativas de PML seleccionadas mediante una matriz de toma de decisiones.
- ❖ Proponer estrategias de seguimiento y evaluación tras la implementación del programa de producción más limpia.

Marco referencial

Marco Teórico

En todos los procesos productivos es importante la implementación de estrategias de producción más limpia que ayuden a disminuir los impactos ambientales negativos, aunque actualmente este tema no es un fuerte en el país, es importante profundizar en la motivación de perspectivas limpias para cualquier sector productivo o de servicio; pensando en una transformación empresarial encaminada a una transformación en la gestión ambiental, la producción más limpia debe ser una alternativa preventiva que sirva como motivación a la hora de considerar si vale o no la pena un cambio ambiental dentro de compañía y los beneficios que este trae consigo en todos los aspectos.

Contaminación ambiental

En la actualidad una de las preocupaciones más grandes actualmente es el cuidado y preservación del medio ambiente, que tiene como fin reparar los daños que se han causado y evitar que el entorno se siga deteriorando, ya que esto afecta de forma directa e indirecta la salud y el bienestar humano, sin dejar de lado los organismos vivos que hacen parte del entorno natural. El término “contaminación ambiental” es un proceso cíclico el cual involucra todo el ambiente (agua, aire, suelo), y los seres vivos receptores de la contaminación. (Ruiz, 2017)

La cantidad de contaminantes que se aportan día a día van comprometiendo la calidad ambiental del planeta, gran cantidad de estos contaminantes son de origen antropogénico. Estos contaminantes son el resultado del desarrollo de procesos industriales, agrícolas, agropecuarios, clínicos, entre otros.

La contaminación ambiental comenzó en la Revolución Industrial debido a que el ser humano se vio en la necesidad de consumir más, dando como resultado la producción en masa, situación que después de la segunda guerra mundial empeoró; a pesar de que siempre ha existido, solo ahora se habla sobre este tema y con el pasar de los años, se ha ido considerando un grave problema, en vista de que no se tenían pruebas que demostrara los efectos negativos que genera la contaminación ambiental tanto en la salud humana como también en el ambiente y tampoco se le daba tanta importancia.

La contaminación antropogénica es consecuencia del ser humano debido al desarrollo e innovación de tipo clínico, agropecuario, industrial, agrícola, entre otros, sin contar con los impactos ambientales que estos generan por consecuencia de su mala planeación. Por lo tanto, hoy en día se busca preservar y cuidar el ambiente tratando de enmendar los daños causados por el hombre y evitando así el deterioro del ambiente porque las consecuencias afectan el bienestar y la salud del hombre ya sea directa e indirectamente.

La contaminación ambiental se encuentra en un crecimiento constante por consecuencia del desarrollo industrial y el crecimiento poblacional, en especial, a lo largo del último siglo. Estos dos factores contribuyen en el establecimiento de un desequilibrio en los ecosistemas y el medio ambiente, ante la presencia de contaminantes químicos, biológicos y físicos.

La acción combinada de estos elementos a lo largo del tiempo provoca la contaminación del agua, aire y suelo; en el caso del agua en particular el efecto principal es la alteración en su composición natural, afectando las condiciones óptimas para su consumo.

En síntesis, la contaminación ambiental es el efecto del consumo y hábitos de vida que hacen difícil su erradicación y por tal motivo se debe de convertir en un tema de compromiso social.

(Gual, 2018)

Producción más limpia

Este concepto nace de los planteamientos con referencia a la prevención de la contaminación por parte de las industrias y de los procesos que se llevan a cabo dentro de estas; la necesidad surge a partir de cuestionar el consumo desbordado, la disposición de los residuos generados y disposición final del recurso hídrico utilizado en los procesos. De acuerdo a lo mencionado anteriormente surge la necesidad de generar productos que vayan acorde y respeten el medio ambiente y a su vez, concuerden con las nuevas alternativas de producción que han comenzado a surgir en el mundo y que son pensadas en la protección ambiental. (ONUUDI, Manual de producción más limpia, 2018)

La producción más limpia es una respuesta a las necesidades presentadas a nivel ambiental, en especial, de los sectores productivos para lo cual se busca primeramente prevenir la contaminación y la generación de residuos, exactamente en su lugar de origen, para así obtener resultados significativos, ya que se propone trabajar directamente en la fuente, buscando alternativas en lugar de tratar los residuos después de ser generados, de esta forma se busca crear posibilidades reales de sostenibilidad y competitividad para los servicios o los sectores productivos.

Para implementar la producción más limpia se deben concentrar las actividades en técnicas de fácil aplicación en cualquier área que sea parte del proceso, ya sea en producción o en servicios. Estas actividades se encuentran soportadas en herramientas de diagnóstico, evaluación y control proporcionando información cualitativa y cuantitativa, que sirve para definir el estado ambiental del área o proceso a intervenir, con base en ello se toman decisiones que apoyen la implementación para los cambios referidos, finalmente se analiza y se verifican los resultados obtenidos. Todo esto con el ánimo de obtener una óptima implementación de la producción más limpia, que garantice la

potencialidad y los beneficios en áreas críticas del proceso y aporte un valor agregado en las áreas de producción o servicios. (Arango, 2019)

En Colombia los temas ambientales han evolucionado en los últimos años, la noción de producción más limpia en particular, ha crecido considerablemente a partir, de una serie de políticas originadas en la Constitución Política Colombiana de 1991, en la cual, se incluyeron mecanismos y derechos judiciales con relación a la protección de medio ambiente, posteriormente, en el mundo, se inició una amplia preocupación por todo lo relacionado con el ambiente, en cuanto a la producción y el pos consumo; esto influyó y coincidió con todas las políticas creadas en Colombia con referencia a la producción más limpia. (Manuel H. , s.f.)

Metodología para el desarrollo de producción más limpia

La metodología para crear e implementar un programa de producción más limpia se debe adaptar conforme a las necesidades encontradas en el sector o empresa evaluada. Generalmente existe una metodología la cual puede ser adaptada de acuerdo a las necesidades que se hayan encontrado en el diagnóstico ambiental realizado. (ONUDI, 2018)

Esta metodología está dividida en cinco etapas que son las siguientes:

- Etapa inicial: se realiza un diagnóstico para determinar el estado del área donde se pretende trabajar y permite caracterizar las necesidades encontradas a nivel ambiental.
- Etapa del análisis de herramientas: esta fase debe ser desarrollada con base en el diagnóstico generado anteriormente, se hace búsqueda y análisis que lleve a encontrar las herramientas precisas y necesarias a utilizar.

- Etapa de evaluación: se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo de todos los procesos que incurren de forma directa con los aspectos ambientales del área donde se está trabajando. La estimación de las herramientas implementadas arroja como resultado los impactos que tienen mayor influencia y ayuda con la determinación de las estrategias preventivas que podrán ser aplicadas.
- Etapas finales implementación y monitoreo: pensar y crear un plan de seguimiento y monitoreo a partir de las estrategias de mejoramiento que resultaron de la etapa de evaluación tanto cualitativa como cuantitativa.

Beneficios de la producción más limpia

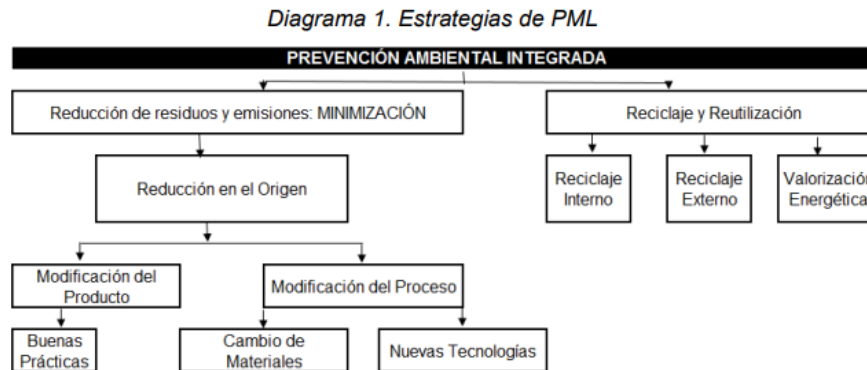
La producción más limpia aporta beneficios preventivos para afrontar la contaminación, centrándose en los procesos relacionados con productos o servicios, siguiendo niveles de eficiencia que permitan la eliminación o reducción de los residuos antes de ser generados, (Honduras, 2009) estos beneficios son los siguientes:

- Continuo mejoramiento de la eficiencia.
- Uso eficiente de materia prima y optimización de recursos en el proceso.
- Calidad en servicios y productos por el control adecuado en su operación.
- Diferenciación y fortalecimiento en el sector de servicios, con relación a la competitividad.
- Reducción en la generación de residuos, reducción de costos relacionados a la disposición final de los mismos.

Estrategias y fases para la implementación de producción más limpia

Figura 5

Estrategias de producción más limpia



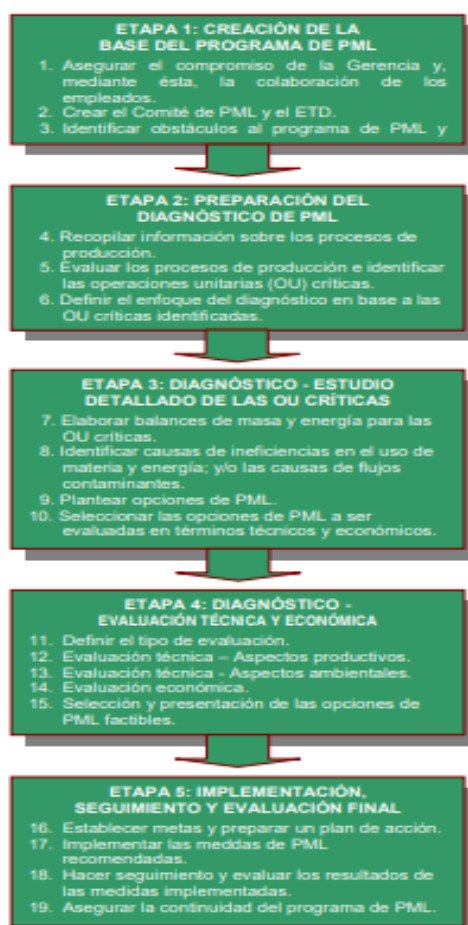
Fuente: (Muñoz, 2019)

La figura anterior representa un recuento general de las posibles estrategias que se pueden emplear en un proceso de producción o servicios con relación a la PML, en resumen, la PML no solo piensa en el “qué hacer con los residuos” sino que se fundamenta en el “qué hacer para no generarlos”.

En cualquier proceso productivo la implementación de un programa de producción más limpia, requiere un riguroso seguimiento, de una serie de fases que permite entender el programa con una secuencia lógica.

Figura 6

Esquematación de las etapas para la implementación de un programa de producción más limpia



Fuente: (Centro nacional de producción más limpia, 2009)

Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Representan el plan maestro para obtener un futuro sostenible, incorporan los desafíos globales interrelacionándose entre sí a la realidad vivida día a día, con el clima, la desigualdad, la pobreza, la degradación ambiental, la paz, la prosperidad y la justicia. Estos objetivos de desarrollo hacen parte de una nueva agenda conocida, como agenda 2030, que establece 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) dispuestos por la organización de Naciones Unidas.

Estos objetivos cuentan con metas específicas, propias de cada uno, las cuales deben alcanzarse en los próximos 10 años. (Nations, 2021)

Objetivo de desarrollo número 12 (ODS 12)

Fue propuesto por el grupo de trabajo de abierto de la asamblea general de las Naciones Unidas y busca garantizar modalidades de producción y consumo sostenible, convirtiéndose en un objetivo indispensable para el logro del desarrollo sostenible.

El ODS 12 busca cubrir la eficiencia en el uso y gestión de los recursos naturales, para ello se plantea una serie de metas que son las siguientes: (meta 12.1) destaca la necesidad de políticas de consumo y producción sostenible, mediante la aplicación del maco decenal de programas sobre modalidades de consumo y producción sostenible, (meta 12.2) gestiona el control de los recursos naturales, (meta 12.3) piensa en la transformación de los sistemas alimentarios hacia el consumo y la producción sostenible, (meta 12.4) busca la liberación de contaminantes, especialmente de sustancias químicas, (meta 12.5) reducir el impacto ambiental, gestionando la reducción de residuos, (meta 12.6) en este punto, se llama a todos los actores, incluido el sector privado, a contribuir en el desarrollo sostenible, (meta 12.7) señala la importancia del sector público en la contratación pública sostenible, (meta 12.8) destaca la importancia de informar y educar al consumidor con respecto al desarrollo y estilo de vida sostenible. (ONU, Objetivo 12 - Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible , 2021)

Gestión ambiental

La gestión ambiental implica entonces “el manejo participativo de los elementos y problemas ambientales de un sitio determinado, por parte de los diversos actores, mediante el uso selectivo y

combinado de herramientas jurídicas, de planeación, técnicas, económicas, financieras y administrativas, para lograr el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad de vida de la población dentro de un marco de sostenibilidad”. La gestión ambiental es “el ejercicio de conservar, mejorar y, en general, proteger el medio ambiente en todas sus dimensiones. Propone aplicar a todos los niveles de la sociedad lo que se ha denominado como Gestión Ambiental Sostenible, entendida como el desarrollo impostergable de un propósito común, orientado a proteger y conservar el medio ambiente de manera que se garantice el mantenimiento y mejoramiento continuo, presente y futuro, en cantidad y calidad, del patrimonio natural y del nivel de vida de las personas”. (Colciencias, 2019)

Uso eficiente del agua

El sector azucarero tiene como responsabilidad ser una agroindustria que realice su proceso bajo el concepto de sostenibilidad. Actualmente existe mayor demanda del agua y por ende es un recurso cada vez más escaso; en el caso de las fuentes de agua disponibles para riego, se presenta un déficit hídrico, puesto que las fuentes superficiales padecen una reducción de 20 % a 70%; en el caso de las fuentes subterráneas la disminución es de 15% a 30%; a lo anteriormente mencionado se le suma que el consumo mundial del recurso hídrico para la realización de actividades agrícolas aumentara un 19% con promedio de tiempo al 2050 (FAO), por esta razón los ingenios deben optar por implementar mejores prácticas por medio de las cuales se logre uso adecuado del agua como pueden ser tecnologías de riego más eficientes que las que se utilizan convencionalmente como el caudal reducido, la combinación de caudal reducido – goteo y el fertirriego. (Cenicaña, 2016)

Generación y uso de residuos orgánicos de la agroindustria azucarera

El aumento en volumen de desechos sólidos, domésticos, agrícolas e industriales, conlleva a una serie de problemas relacionados con la salubridad y el medio ambiente, lo cual es objeto de preocupación para los trabajos que tienen que ver con la ecología y que relacionan gran parte del esfuerzo de los proyectos encaminados con el desarrollo sostenible y producción limpia.

Los residuos orgánicos de la agroindustria azucarera, su aprovechamiento y manejo, representan un tema fundamental que debe ser ajustado a las tendencias y avances de sustentabilidad con referencia a la producción y consumo responsable, por parte de la sociedad y todas las actividades económicas. La adaptación de los sistemas y diversidad de sus productos para incrementar o mantener la productividad, establecen un área oportuna para innovar e investigar sobre la generación de alternativas que vayan en pro de aprovechar o disminuir la producción de residuos orgánicos en el proceso de fabricación del azúcar.

La agroindustria azucarera es de gran relevancia en áreas tropicales y subtropicales, esta industria genera gran cantidad de residuos que suelen ser utilizados como enmienda agrícola, debido a la falta de alternativas en pro de su aprovechamiento. Estos residuos suelen ser aprovechados para disminuir los problemas de compactación del suelo debido a su degradación, y también son utilizados como biofertilizantes después de pasar con un proceso de compostaje, es importante tener presente que algunos de estos residuos orgánicos no se descomponen rápidamente. (Velasco, 2017)

Estos residuos pueden ser fuente de alimentación animal y generación de energía; otro uso que puede tener estos residuos es la utilización como materia prima para la obtención de mieles, papel, pulpa, tableros, carbón y fertilizantes. Las hojas y la vaina cuando están secas tienen composición parecida a la del bagazo, sin contener azúcar, estas poseen menor contenido de

humedad lo que la hace un producto atractivo desde el punto de vista energético. Existen estudios que hablan que la caña de azúcar utilizada como biomasa para producción de electricidad es más rentable a comparación de la producción de azúcar, (Peñaranda, 2017)

Producción de azúcar

Tiene como objetivo extraer la sacarosa de la caña y transformarla en cristales de azúcar seco. La planta de producción se encuentra conformada principalmente por diferentes equipos, como lo son; calderas, molinos, calentadores, turbinas, clarificadores, evaporadores, filtros, tachos, centrífugas, secadora, cristalizadores, transportadores, elementos técnicos y humanos suficientes para que se lleve a cabo la producción de azúcar.

Los productos elaborados en la industria azucarera corresponden a la línea de azúcar refino, azúcar orgánica, azúcar blanco, miel final, miel segunda, miel virgen. Las operaciones comprenden desde la descarga de la caña sobre la mesa de alimentación hasta la producción de azúcares y mieles en diferentes presentaciones. Figuras 7

Figura 7 Entradas y salidas – producción de azúcar

ENTRADAS	SUBPROCESO	SALIDAS
Caña de azúcar Vehículos de transporte, maquinaria Energía eléctrica	Recepción de caña	Generación de emisiones de polvo por descargue Generación de residuos sólidos: caña, tierra y lodo Generación de gases de combustión por transporte y funcionamiento de equipos Generación de vertimientos: lavado del patio
Combustibles Lubricantes	Operación de equipos	Consumo de energía
Caña, agua Energía eléctrica	Limpieza de caña: Lavado Subproceso no generalizado en todos los Ingenios	Consumo de agua Generación de vertimientos líquidos Generación de residuos de caña Generación de residuos sólidos: tierra, lodo Generación de polvo
Energía eléctrica	Limpieza en seco Subproceso no generalizado	Generación de material particulado Generación de residuos de caña
Energía térmica o eléctrica Grasa, lubricantes Agua, bactericidas	Preparación y molienda	Uso de vapor Generación de emisiones atmosféricas: vapor de agua, bagacillo, calor, ruido Generación de vertimientos: aguas dulces Uso de aguas dulces para maceración Uso de agua industrial Generación de vertimientos líquidos: aguas grasas Generación vertimientos: aguas de enfriamiento Generación de bagazo
Jugo	Pesaje	Desborde de jugos
Agua, aire, energía eléctrica, vapor Azufre	Sulfitación	Emisión de SO ₂ Uso de vapor Generación de vertimientos líquidos Generación de residuos sólidos: empaques
Cal, ácido fosfórico Energía eléctrica, aguas dulces	Alcalización	Uso de agua industrial Generación de vertimientos: aguas dulces por desbordes o fugas Generación de vertimientos: fugas de bombas en la estación de preparación de cal Generación de material particulado: polvillo de cal en estación de preparación Generación de residuos sólidos: empaques, cal residual, sedimentos
Vapor, condensados	Calentamiento	Generación de condensados Generación de residuos sólidos: por mantenimientos preventivos y correctivos
Floculante Energía eléctrica, condensados	Clarificación	Uso de agua industrial Generación de vertimientos: desbordes; espumas Generación de vertimientos líquidos en mantenimientos Generación de residuos sólidos: empaques de insumos

Agua, condensados Energía eléctrica	Filtración	Generación de emisiones atmosféricas: vapor, gases incondensables Generación de emisiones de material particulado: bagacillo Generación de cachaza Generación de vertimientos por desborde de lodos Uso de agua de enfriamiento Uso de agua industrial
Agua de inyección, vapor, energía térmica Anti-incrustantes	Evaporación	Generación de emisiones: gases incondensables Generación de condensados Generación de vertimientos por excedentes de condensados Generación de residuos sólidos: incrustaciones Generación de vapor Uso de vapor
Vapor, energía, agua para vacío	Cristalización	Generación de condensados Derrame de masas Uso de agua para vacío Generación de vertimientos líquidos: enjuagues
Agua caliente, condensados Aire comprimido, Energía eléctrica	Centrifugación	Generación de vertimientos: desbordes de materiales, fugas de bombas Uso de condensados
Energía eléctrica, vapor, aire caliente	Secado	Generación de material particulado: polvillo de azúcar Generación de vertimientos líquidos: aguas dulces Generación de residuos sólidos: azúcar húmedo Uso de vapor
Energía eléctrica, aire comprimido Empaques	Empaque	Generación de residuos sólidos: derrame de azúcar Generación de residuos sólidos: empaques, hilaza Uso de condensados: lavado de equipos

Fuente: (Perdomo Jenifer, 2020)

Estrategia Ambiental

Es un plan que se realiza por medio de la formulación, análisis e implementación de medidas de protección ambiental que tiene como propósito atenuar los efectos que se presentan sobre el medio ambiente debido a los productos u operaciones de una empresa; los efectos ambientales que se pueden presentar pueden ser relacionados con la emisión o acumulación de residuos como también el consumo de los recursos naturales, cada empresa plantea y adopta estrategias las cuales pueden ser defensivas y proactivas. (Lavañino, 2022)

La ejecución de un proyecto puede generar impactos ambientales en el medio ambiente, por consecuencia la estrategia ambiental busca identificar los potenciales impactos que se han de generar por la interacción del ser humano en el medio construido, como también sus principales aspectos ambientales dando como resultado la elaboración de un documento ambiental y actividades a realizar por medio de un cronograma.

Para analizar una estrategia ambiental en una empresa es necesario implementar tres perspectivas, que son las siguientes:

- Existencia de modelos de rendimiento social.
- Existencia de modelos de gestión ambiental.
- Existencia de modelos de proceso estratégico.

Estos modelos consideran que la respuesta empresarial a los temas ambientales debe ser un tipo de respuesta social, estratégico y de gestión, de manera que la compañía debe estar motivada por diferentes metodologías con relación al medio ambiente, más que por otras motivaciones como el valor económico, legislativo o ético. Es así como la estrategia ambiental en una empresa comenzará a tomar conciencia por parte de sus directivos a partir de la necesidad, de proporcionar respuestas a problemas ambientales, forjando un compromiso por parte de la empresa. (Carmona Eva, 2019)

Las estrategias ambientales hacen parte de la gestión global dentro de una organización consciente de la forma en la cual está utilizando los recursos naturales, organizacionales y financieros, disponibles para lograr las metas u objetivos globales de la compañía. Este enfoque invita a las organizaciones a considerar los aspectos ambientales en todos los procesos llevados a cabo en la compañía para el desarrollo de un producto o servicio. Incluso va más allá, ya que es una exigencia tener en cuenta la producción de los residuos por el consumo de los productos o su fabricación, invitando a la empresa a establecer soluciones que apliquen las tres R (reducir, reciclar y reutilizar) o en su defecto buscar alternativas de minimización de materia prima, todo esto con el ánimo de contribuir de manera positiva con el medio ambiente. (Huerta, 2019)

Estado del Arte

A continuación, se presentan algunos casos de estudio e investigaciones relacionadas a la producción más limpia y consumo responsable en la agroindustria azucarera

Tabla 10

Estudio de caso 1 – Acciones de producción más limpia en para implementar en la industria azucarera cubana.

Título del estudio: Acciones de producción más limpia en para implementar en la industria azucarera cubana.		
Autor: Ramos Surelys, Acosta Lorenzo	Año: 2017	País: Cuba
Objetivos		
<ul style="list-style-type: none">❖ Enumerar las principales medidas o acciones de Producción más Limpia, que se puedan implementar en la agroindustria azucarera cubana, teniendo como referencia la prevención de impactos ambientales y la ejecución de buenas prácticas industriales, en diferentes áreas productivas.❖ Contribuir por medio de propuestas con la elaboración de los planes ambientales del sector.		
Descripción		
<p>Teniendo en cuenta las áreas del proceso en la industria azucarera y contando con un diagrama de flujo tecnológico, se pretende identificar las medidas de PML para el sector, no sin antes ser evaluadas desde el punto de vista técnico – económico y ambiental, necesarias para obtener un desarrollo sostenible. El éxito de este programa se llevó de la implementación de programas de mejoramiento continuo, permitiendo la identificación de nuevas técnicas, procedimientos productos y procesos para la minimización de residuos y emisiones, evitando de esta forma que la empresa objeto de estudio recaiga en las practicas antiguas que afectan negativamente el medio ambiente. Las medidas y acciones identificadas en este trabajo están de acuerdo con la planificación nacional de Azcuba.</p>		
Resultados		
<p>A continuación, se establecen las acciones de producción más Limpia pensadas para implementar en la agroindustria azucarera, estas cuentan con el concepto ambiental primario “evitar antes de tratar” en orden en que se presentan corresponde al flujo tecnológico.</p>		
Campo/Caña		
<ul style="list-style-type: none">❖ Implementar tecnología de fertilización organica, así como el empleo de Fitomas, fitoestimulantes y otros.❖ Utilizar mínimamente tecnología de laboreo.❖ Aplicar mediante cobertura de paja y aplicación de bioestimulantes el control de maleza, en pro de disminuir el tiempo del control.❖ Aplicar compost a la caña a partir de los residuos biodegradables que se generan en la empresa, “residuos orgánicos de caña”.❖ Utilizar los residuos orgánicos para producción energética.		

- ❖ Logrará un rendimiento agrícola mayor de 60 Toneladas de caña/ Hectárea.
- ❖ Reutilizar las aguas residuales biodegradables de la producción del azúcar en fábrica en el fertirriego de la caña, buscando la disminución de consumo de agua cruda.

Área de Molino

- ❖ El bagacillo generado en los molinos, será recogido en seco y transportado con los demás residuos orgánicos al área de compostaje.
- ❖ Impedir salidas de agua en el tándem, para ello es necesario contar con un correcto diseño de las cajas laterales al igual que la reparación cuando se generen roturas.
- ❖ Regular el vapor y el agua de limpieza utilizada en esta zona, con mangueras regulables, esta última con frecuencia de tres veces por día y cuarenta minutos de duración a temperaturas entre 70°C y 80°C.
- ❖ No utilizar agua cruda en la imbibición.
- ❖ Utilizar como agua de imbibición solo 28 o 30% de la caña molida diariamente.
- ❖ Utilizar el condensado contaminado como agua para la imbibición.
- ❖ Establecer circuitos cerrados de enfriamiento en el tándem.
- ❖ Establecer medidas que permitan evitar el derrame de jugo de caña al suelo por las bombas de maceración.

Fábrica

- ❖ Evitar que el bagacillo y cachaza sean vertidos al piso, con el fin de impedir la limpieza en húmedo, en caso de que ocurran estos derrames, se recomienda limpiar en seco como primera medida y quemar en la caldera.
- ❖ No utilizar agua cruda para preparar floculantes u otros productos químicos.
- ❖ Trabajar en circuito cerrado, con el fin de disminuir el consumo de agua en los condensadores de los filtros y las bombas de vacío, estar al pendiente de que este circuito funcione de forma eficiente.
- ❖ Proyectar la introducción escalonada de condensadores eficaces para lograr una reducción de consumo hídrico.
- ❖ Colocar condensadores que ayuden a reducir en un 30% el consumo específico de agua.
- ❖ Reducir lo más que se pueda las pérdidas de vapor, automatizando la presión de vapor de escape a menos de 25 psig.
- ❖ Evitar la filtración de agua del enfriamiento al exterior.
- ❖ Utilizar los condensados contaminados en la dilución de mieles.
- ❖ Establecer métodos eficientes de limpieza para minimizar el uso de vapor.

- ❖ Mantener un circuito cerrado para el agua de enfriamiento y calentamiento de las masas cocidas.
- ❖ En lo posible realizar la limpieza de las áreas en seco.
- ❖ Lograr que la fábrica tenga un técnico en tratamiento del agua.
- ❖ Capacitar como mínimo una vez por año al personal involucrado, por medio de talleres y eventos.
- ❖ Cerrar grifos de agua que se encuentren abiertos innecesariamente,
- ❖ Reparar salideros de válvulas o conductores de agua que se encuentren en mal estado.
- ❖ Instalar medidores o contadores que ayuden a contabilizar el consumo de agua.
- ❖ Cuantificar los consumos de agua de la fábrica y llevar un control diario.
- ❖ Utilizar mangueras de presión en operaciones de limpieza.
- ❖ Construir canaletas y tanques cisternas que permitan recuperar el agua lluvia para ser reutilizada en el proceso.
- ❖ Mantener el consumo de agua de la fábrica en menos de 0,20 m³/tonelada de caña molida.

Conclusiones

- ❖ Se establecen una serie de acciones de Producción más Limpia que se deben tener en cuenta en los ingenios azucarero, permitiendo reducir las emisiones, residuos, consumo de materia prima y energía; buscando de esta forma disminuir los riesgos, impactos negativos y costos de producción, logrando a su vez un aumento en la eficiencia y eficacia de servicio y producción.
- ❖ Es necesario implementar las medidas y acciones descritas en este trabajo si se quiere lograr una industria azucarera amigable con el medioambiente y a su vez sostenible, en condiciones de producción cubana.

Fuente: (Ramos, 2017)

Tabla 11

Estudio de caso 2 – Estudio de generación de residuos de manejo especial para la elaboración del plan de manejo de residuos del ingenio azucarero Adolfo López Mateos, OAXACA.

Título del estudio: Estudio de generación de residuos de manejo especial para la elaboración del plan de manejo de residuos del ingenio azucarero Adolfo López Mateos, OAXACA.

Autor: Suárez Velásquez Gabriela Abigail	Año: 2019	País: México
--	---------------------	------------------------

Objetivos

Este proyecto expresa la necesidad de realizar los estudio y diagnósticos con relación a la generación de residuos de manejo especial para elaborar un Plan de Manejo de Residuos en el Ingenio Adolfo López Mateos; con referencia en la legislación nacional.

- ❖ Realizar una identificación de los residuos comúnmente generados en la industria azucarera por medio del análisis de los procesos productivos y la creación de un estudio de generación de residuos en el Ingenio objeto de estudio.
- ❖ Reconocer los métodos utilizados actualmente para la gestión de los residuos, por medio de un diagnóstico de manejo que pueda ser aplicado en el ingenio objeto de estudio.

Descripción

Desde hace años el gobierno mexicano ha intentado promover una gestión más efectiva con referencia a los residuos, mediante la promulgación de programas y planes tendientes a prevenir la generación de estos y fomentar una alternativa de aprovechamiento que considere la reutilización y aprovechamiento.

Este trabajo busca crear o plantear una guía la cual contenga métodos que sirvan para llevar acabo los planes de manejo de residuos sólidos para el ingenio objeto de estudio. El ingenio seleccionado para este estudio fue el Ingenio Adolfo López Mateos OAXACA, durante un período de tiempo se realizaron diferentes actividades, para lograr la determinación de un estudio diagnóstico, que permitiera identificar la forma en que se está llevando a cabo la generación de los residuos para así, lograr la creación de un plan de manejo para dichos residuos. Con base a los resultados fue posible garantizar el método a utilizar y formular la guía para la elaboración de planes de manejo.

Resultados

Para la elaboración del plan de manejo se generaron los siguientes documentos:

1. Análisis de generación de residuos cuenta con dos partes.
 - ✚ Reparación
 - ✚ Zafra
2. Valoración de manejo de residuos

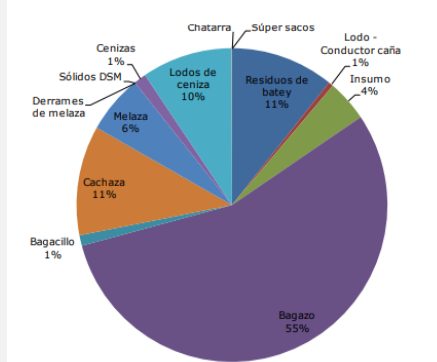
De forma conjunta se examinaron los datos obtenidos, puesto que la cantidad de residuos generados y su manejo determinaron las pautas para establecer las acciones tendientes a valorar y minimizar los residuos según su calificación. Finalmente, el resultado está relacionado al plan de manejo de residuos.

Residuos de manejo especial

La constitución en porcentaje de estos residuos originados durante la etapa de Zafra, asciende los 8.582,83 Ton/día.

También se calculó la composición por subproductos los cuales se presentan en la siguiente grafica.

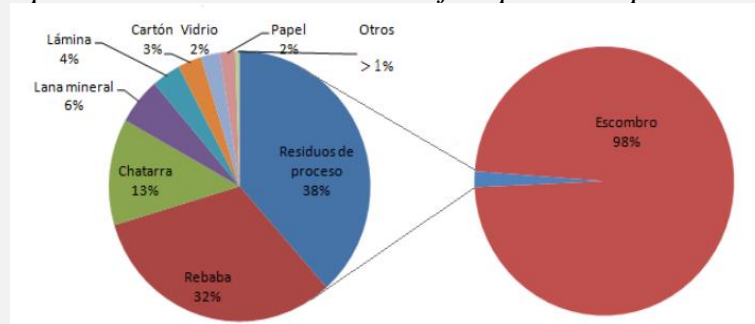
Figura 8
Composición porcentual de los principales residuos de manejo especial - Zafra



Fuente: (Suárez, 2019)

En base a la tasa de generación calculada, fue posible determinar la composición porcentual de los residuos de manejo especial, generados durante el proceso de reparación, los cuales ascienden a 12,16 Ton/día. El concepto “otros” en la gráfica se refiere a llantas y residuos electrónicos, los cuales no tienen una tasa de generación determinada.

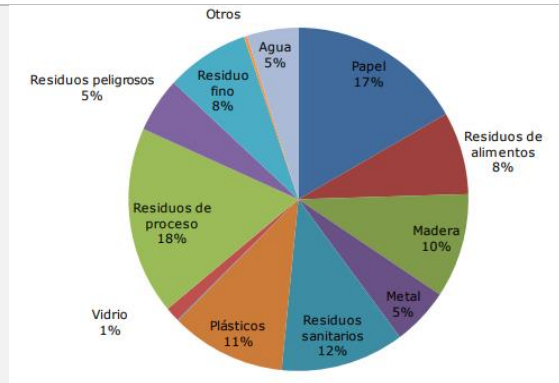
Figura 9
Composición porcentual de residuos de manejo especial - reparación



Fuente: (Suárez, 2019)

De esta forma se continuó realizando muestreos para las diferentes áreas escogidas para analizar en el proyecto, fue necesario calcular los residuos sólidos urbanos para los cuales se obtuvo la siguiente información

Figura 10
Composición porcentual de residuos sólidos urbanos



Fuente: (Suárez, 2019)

Conclusiones

- ❖ Se logró determinar que los residuos que cuentan con un volumen mayor son los generados durante el proceso de zafra. Estos residuos establecieron la prioridad a la hora de la elaboración del Plan de Manejo, debido a su pronta biodegradación y su volumen, también fue considerado que pueden ser valorizables.
- ❖ Con ayuda del diagnóstico se logró establecer que dentro del ingenio objeto de estudio existen dos corrientes distintas en lo que tiene que ver a los residuos no peligrosos. Estos se clasifican por su composición; los primeros se refieren a los residuos de proceso y sólidos urbanos y los segundos son los residuos de manejo especial, de acuerdo a la legislación. Las dos corrientes deben ser tratadas de forma separada, esto debe ser claro a la hora de elaborar el plan de manejo de residuos especiales.
- ❖ La recopilación de información de manera actualizada y exacta sobre la gestión y generación de residuos en ingenios azucareros es primordial a la hora de elaborar el plan de manejo, ya que en este momento la planeación se realiza acorde a la realidad del sector.

Fuente: (Suárez, 2019)

Tabla 12

Estudio de caso 3 – Metodología de producción más limpia en la industria azucarera

Título del estudio: Metodología de producción más limpia en la industria azucarera		
Autor: Laureiro Salabarría Julio, Vera Cabezas Mayra	Año: 2019	País: Cuba
Objetivo		

Diseñar un nuevo enfoque en la gestión ambiental, el cual permita introducir y aplicar la producción más limpia de forma integral y sistémica dentro del sector azucarero, enfatizando en prevenir la contaminación, minimizar y aprovechar económicamente los residuos, como principal opción para reducir cargas contaminantes expuestas al medio ambiente en las condiciones de el país de cuba.

Descripción

En el presente proyecto se presenta una metodología de producción más limpia, creada para ser implementada en el sector azucarero, teniendo como fin proporcionar acciones que contribuyan en la continua aplicación de estrategias ambientales integradas a los procesos, productos y servicios, para que a su vez sean preventivas y ayuden a disminuir las cargas contaminantes al ecosistema, en función de garantizar la vida y protección de la diversidad biológica y que ayude con el logro de la sostenibilidad del desarrollo.

Resultados

Como medidas internas que puedan ser empleadas en áreas de producción de la industria azucarera, y que permitan minimizar la generación de residuales y reducción en las cargas contaminantes emitida al ambiente, se incluyen las siguientes:

- ❖ Eliminación de derrames de bagazo, bagacillo y cachaza, en caso de que se produzca un derrame se recomienda recogerlos por vía seca.
- ❖ Recuperar el mayor porcentaje posible de liquidaciones de los clarificadores.
- ❖ Recuperar las aguas dulces de los lavados llevados a cabo periódicamente de los tachos, tanques de mieles, meladura y centrífuga, para ser reincorporados al proceso.
- ❖ Evitar limpieza simultanea y desinfección de tanques y equipos tecnológicos, como lo son tanques de guarapo crudo, mezclador de cachaza, bagacillo, entre otros.
- ❖ Evitar los derrames de jugos y mieles que se producen como consecuencia de salideros o rebosos.
- ❖ Utilizar las dosis adecuadas de ácido y segregación de esta corriente.
- ❖ Establecer sistemas de enfriamiento en tándem, máquinas de moler, turbogeneradores, cristalizadores, bombas de vacío, compresores y turbinas, es importante cerrar los circuitos siempre que sea factible.
- ❖ Recuperar el mayor volumen posible de aguas que se encuentre relativamente limpias evitando su unión con aguas residuales.
- ❖ Mediante trampas, separar las grasas lubricantes, contenidos en los residuales líquidos de los talleres.
- ❖ Analizar la posibilidad de sustituir el NaCl utilizado en la regeneración de resinas de las plantas de tratamiento de la refinación de azúcar por KCl, que puede ser recuperado en un porcentaje alto y es utilizable en la agricultura como fertilizante.

Conclusiones

- ❖ El Diagnóstico de PML en la industria azucarera arrojó como resultado las actividades ambientales negativas desarrolladas en la industria y sus causas fundamentales, permitiendo la obtención de beneficios tanto para la industria azucarera como para el medio ambiente, ofreciendo de esta forma la sustentabilidad del desarrollo.
- ❖ Como resultado al diagnóstico se pudo determinar una serie de problemas que existen en la industria azucarera y que se pueden resolver de forma interna minimizando la carga de contaminante.
- ❖ Se estableció que la alternativa del manejo de residuos es una de las más importantes ya que permite distinguir en orden jerárquico, la reducción de residuos en el origen, reciclaje y tecnología de control.

Fuente: (Salabarría, 2019)

Tabla 13

Estudio de caso 4 – Estrategias para PML en el sector de cacao y caña panelera en el Valle del Cauca bajo el marco del plan nacional de negocios verdes en Colombia

Título del estudio: Estrategias para la producción más limpia en el sector de cacao y caña panelera en el valle del cauca bajo el marco del plan nacional de negocios verdes en Colombia		
Autor: Suárez Guevara Isabel	Año: 2019	País: Colombia
Objetivos		
<p>Crear estrategias de producción más limpia para el cacao y la caña en el Valle del Cauca, rigiéndose bajo el marco del Plan Nacional de Negocios Verdes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificar la situación actual en la producción del cacao y caña, con sus diferentes productos terminados, llevado acaba en cuatro asociaciones que pertenecen al Plan Nacional de Negocios Verdes del Valle del Cauca. ❖ Calificar el desempeño ambiental en los procesos productivos de cacao y caña para así poder analizar los efectos e impactos generados al ambiente. ❖ Establecer opciones de producción más limpias para los procesos de producción del cacao y caña, partiendo de la realización del diagnóstico ambiental formulado. 		
Descripción		
<p>El trabajo le apuesta al plan de negocios verdes del departamento del Valle del Cauca, con el fin de realizar un aprovechamiento de los recursos naturales, intentando cumplir con los criterios de negocios verdes, en búsqueda de aumentar la continuidad del sector y minimizar los impactos ambientales relacionados. La metodología empleada fue, la creación de un plan de negocios verdes pensado en un biocomercio sostenible, donde</p>		

se fundamentan los componentes u objetivos que tengan relación con la sostenibilidad y fortalecimiento ambiental.

Inicialmente se desarrolla un reconocimiento de la situación con relación a la iniciativa del proyecto, para facilitar la caracterización de los puntos donde se llevó a cabo la investigación, seguidamente se realizó un diagnóstico ambiental para los procesos llevados a cabo en la asociación, abarcando desde la cosecha, hasta el producto final. Por último, se realizó la formulación de estrategias pensadas y ajustadas a los puntos críticos.

Resultados

La información relacionada con el diagnóstico, fue recopilada a través de un formato diligenciado durante las visitas realizadas a cada sector. La determinación de la situación actual de los sectores productivos y las condiciones ambientalmente asociadas a las etapas en el sector, fue tomada en cuenta para la determinación de la generación y manejo de los residuos. Lo anterior tiene como fin disponer de información suficiente para lograr el establecimiento de lineamientos relacionados con la formulación de las estrategias de producción más limpia que puedan dar solución a los problemas encontrados.

Como recomendaciones orientadas a favorecer la producción más limpia, se plantearon las siguientes:

- ❖ Los derrames contaminados pueden ser dispuestos en un recipiente y utilizarlos como alimento animal.
- ❖ Evitar vertimientos de cachaza, bagacillo y otros al suelo, esto con el fin de impedir la limpieza en húmedo
- ❖ El bagacillo generado de los molinos y las calderas se debe recolectar en seco y transportar al área de compostaje.
- ❖ El bagazo se debe transportar o almacenado en cobertizos para que alcance una humedad inferior al 30%, y pueda ser utilizado para la combustión. Para que se pueda alcanzar este porcentaje, se debe buscar la manera de facilitar el secado.
- ❖ La calidad final del producto puede ser afectada por la eficiencia térmica de la hornilla.
- ❖ El compostaje está en condiciones óptimas para su utilización en un tiempo de 4 - 6 semanas.

Conclusiones

- La investigación realizada fue utilizada para la realización de estrategias de producción más limpia bajo el marco de los negocios verdes, permitiendo actualizar la información existente sobre los procesos y sectores, contribuyendo de esta manera a establecer las mejoras requeridas para dar cumplimiento a la conservación del medio ambiente, disminución de impactos ambientales, y producción más limpia, lo mencionado anteriormente se realizó en pro del beneficio ambiental y el beneficio productivo.

-Se logró determinar que los actores involucrados tienen similitudes en cuanto a los procesos que llevan a cabo en la transformación de la materia prima, lo que permitió

identificar que los métodos empleados están arraigados al desarrollo tradicional, lo cual disminuye la calidad de los productos y contribuye a la contaminación del producto y del medio ambiente.

-La realización del diagnóstico permitió observar el desempeño ambiental de los procesos, teniendo como conclusión que los impactos más significativos está asociado con el manejo de los subproductos y los residuos sólidos, ya que en ocasiones las asociaciones desechan los residuos y no los reutilizan, originando de esta forma desperdicios y desaprovechando el valor agregado que pueden llegar a tener estos subproductos.

Fuente: (Suarez, 2019)

Tabla 14

Estudio de caso 5 – Estrategias pedagógicas y ambientales para minimizar la contaminación del río Palo en la comunidad de Puerto Tejada Cauca

Título del estudio: Estrategias pedagógicas y ambientales para minimizar la contaminación del río Palo en la comunidad de Puerto Tejada Cauca		
Autor: Palacios Valencia Francia	Año: 2020	País: Colombia
Objetivos		
<p>Crear una propuesta ligada a la educación ambiental y el desarrollo sostenible en conjunto con las comunidades aledañas al río Palo centralizando en el cuidado de los recursos naturales y culturales de la región.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Realizar un diagnóstico descriptivo que permita indagar las causas fundamentales que propician la contaminación del río Palo. ❖ Desarrollar los procesos de interacción e indagación mediante IAP con la comunidad asentadas en el contexto de cercanía del río Palo. ❖ Indicar acciones puntuales de participación ciudadana y comunitaria que promuevan entre los pobladores prácticas de protección ambiental del río Palo. 		
Descripción		
<p>En el recurso hídrico se están generando impactos negativos a causa del consumo indiscriminado del agua y del mal manejo de las aguas residuales tanto de origen industrial como doméstico, ocasionando escases y contaminación al agua utilizada para el abastecimiento de la población, lo cual trae consigo altas probabilidades de que en un futuro este líquido desaparezca o que por su alto contenido de contaminantes, se produzcan muchos tipos de enfermedades, poniendo en riesgo la salud y vida de las personas y próximas generaciones.</p> <p>El proyecto tuvo como objetivo Diseñar una propuesta de desarrollo sostenible de educación ambiental con las comunidades aledañas al río Palo enfocada en el cuidado de sus recursos naturales y culturales, ya que históricamente las poblaciones del Suroccidente</p>		

Colombiano se han visto desatendidas con referencia a su población, la cual se ha visto afectada por la discriminación y exclusión estructural entendiendo que Colombia se ubica como país con una brecha social y ambiental.

Puerto Tejada hace parte de los cuarenta y dos (42) municipios del departamento del Cauca, su principal reserva hídrica es el Río Palo, la extinción de los recursos naturales y la contaminación ambiental es un problema que se intensifica cada día más, con referencia a lo anterior surge el interrogante. ¿cómo desarrollar una conciencia ciudadana en la comunidad de Puerto Tejada para minimizar la contaminación del río Palo?, desde una perspectiva de investigación acción participativa de tipo explicativa.

Este trabajo de tipo cualitativo propuso desde las categorías estructurantes de la educación intercultural y ambiental una aproximación a la dinámica de los actores en contexto situado en el Municipio de Puerto Tejada, diagnosticando y generando un plan de acción orientado al fortalecimiento de las prácticas ambientales y el mejoramiento del estado del río Palo. En el diseño metodológico de esta investigación se tuvieron en cuenta diferentes actores como lo son; enfoque investigativo, definición del tipo de investigación, líneas de investigación institucional, definición de población y muestra, fases de investigación y estrategias de análisis.

Resultados

Se realizó un diagnóstico participativo que permitió determinar las causas principales que propician la contaminación del río Palo, mediante un análisis cualitativo fue posible determinar que la población es consciente de la contaminación que enfrenta el río Palo y las consecuencias directas e indirectas que este trae consigo y se determina que este problema ambiental es causado por el inadecuado uso del agua, tanto de la población como del sector industrial.

Se realizó una encuesta la cual arrojó los siguientes resultados.

Figura 11

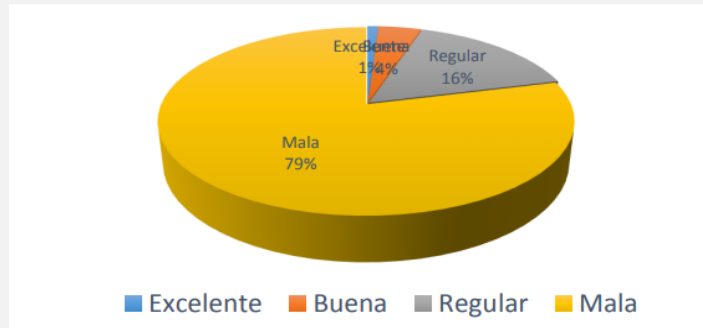
Pregunta 1 ¿Cuál cree usted que es la principal causa de contaminación del río Palo?



Fuente: (Palacios, 2020)

Figura 12

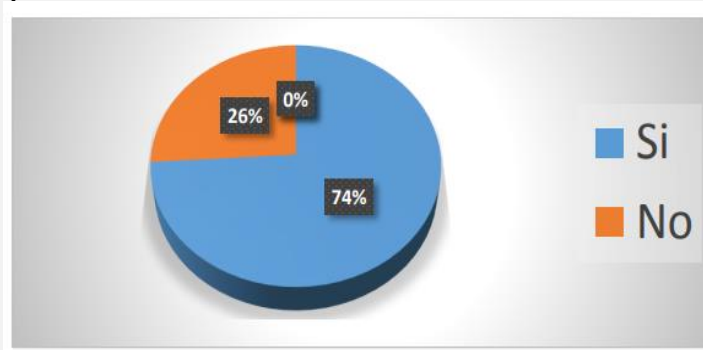
Pregunta 2 ¿Cómo considera que es el agua que suministra el acueducto municipal?



Fuente: (Palacios, 2020)

Figura 13

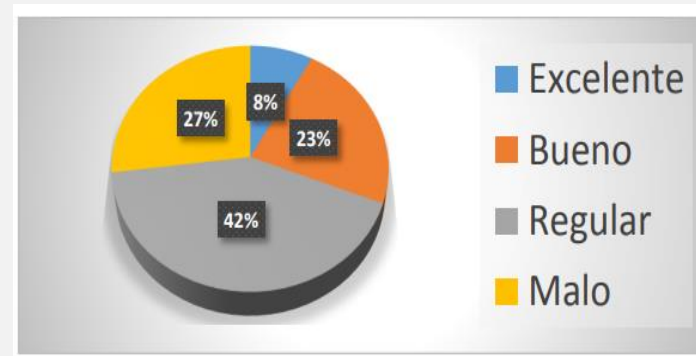
Pregunta 3 ¿Cree que los entes gubernamentales encargados de velar por el medio ambiente, tienen responsabilidad en la contaminación del río Palo?



Fuente: (Palacios, 2020)

Figura 14

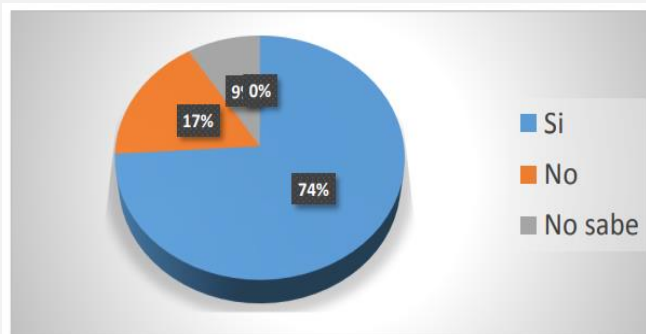
Pregunta 4 ¿Cómo considera que es el servicio de recolección de basuras en el municipio?



Fuente: (Palacios, 2020)

Figura 15

Pregunta 5 ¿Participaría en un proyecto que tenga por objetivo la descontaminación del río Palo?



Fuente: (Palacios, 2020)

Luego de la realización de la encuesta fue necesario el desarrollo de un diagnóstico el cual permitió la determinación de las principales causas que está originando la contaminación del río Palo, estas causas son las siguientes.

- ❖ Los desechos y residuos arrojados por el parque industrial al río Palo.
- ❖ Los residuos que son arrojados a diario por las personas aledañas al río Palo.
- ❖ La cercanía del relleno sanitario municipal, con un río que desemboca en el río Palo.
- ❖ El municipio de Puerto Tejada en algunos sectores no cuenta con alcantarillado y algunas aguas residuales van directamente al río Palo, sin ningún tratamiento.

Posteriormente se indicaron acciones puntuales de participación por parte de la ciudadanía, promoviendo prácticas de protección para el río Palo, se construyó un mapa para caracterizar los puntos críticos y se programaron jornadas de limpieza.

Conclusiones

Los impactos más significativos que se lograron identificar por medio de la elaboración de este proyecto fue que uno de los problemas más importantes que afronta la humanidad es la contaminación ambiental viéndose afectado los elementos fundamentales para supervivir; queda claro que la humanidad es el principal causante de la contaminación hídrica, principalmente por los vertimientos de desechos industriales, deforestación, mala disposición de residuos sólidos, minería ilegal, uso indiscriminado de pesticidas y agroquímicos en cultivo agrícola, entre otros.

El proyecto evidenció la voluntad por parte de la ciudadanía en la recuperación del río Palo, la comunidad exige presencia y apoyo del estado, no solo con inversiones financieras, sino con políticas claras que forjen un control sobre las empresas o personas naturales que incumplan la normatividad en cuanto a recurso hídrico se refiere.

Fuente: (Palacios, 2020)

Marco Conceptual

Para lograr un mayor entendimiento del presente documento, se afianzarán temas o conceptos que se mencionan a lo largo del proyecto.

Llevar a cabo un proceso implica que en la fabricación del producto la materia prima esté sujeta continuamente a transformaciones, por lo cual a lo largo del proceso productivo se generan residuos y emisiones; esto en muchas ocasiones conlleva un aprovechamiento inadecuado de la materia prima empleada y una ineficiencia del proceso, viéndose reflejado en costos de producción elevados. Por otro lado, la generación de residuos trae consigo impactos sociales y económicos que son asociados a los altos costos de tratamiento y disposición final que estos requieren, sin dejar de lado los impactos ambientales generados que influyen negativamente en el deterioro de la calidad de vida y el entorno de las diferentes comunidades que residen en los lugares de incidencia. (Sandoval, 2019)

Como respuesta a esta situación, aparece la producción más limpia (PML) que se manifiesta como el desarrollo constante de estrategias ambientales en los procesos productivos de servicios y productos que tiene como fin reducir los riesgos para la humanidad, el medio ambiente y mejorar la eficiencia económica de las compañías (Paredes, 2019). Con la implementación de la PML se busca mejorar los beneficios ambientales, sociales y económicos, al lograr una reducción en la generación de residuos en este caso orgánicos, utilización del recurso hídrico y optimización de materia prima. (Cortes, 2021)

Según (Rojas, 2020), la PML es una metodología que debe ser implementada al principio de los procesos, donde se expresa la necesidad de prevenir, minimizar, reciclar, tratar y disponer; catalogando la prevención como el paso más importante.

Para llevar a cabo el presente estudio se trabajó con la Guía general de PML, elaborada por el centro de promoción de tecnología sostenible (CTPS) y la guía de producción más limpia, para el procesamiento de la caña de azúcar, elaborada por el Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras (CNP+LH), estas guías son específicas y orientan la forma más eficiente de llevar a cabo un plan de PML, el cual debe contar con cinco etapas principales. La primera etapa hace énfasis en el inicio del ciclo, en el cual surge la creación de la base del programa de producción más limpia. Después viene la preparación del diagnóstico, en el que se realiza un análisis para determinar el estado actual del lugar de trabajo. Posteriormente se debe realizar un diagnóstico que permitirá el estudio detallado de las operaciones que se llevan a cabo en el sitio de estudio con el objetivo de evaluar detalladamente las posibles opciones de PML. Finalmente se presentan las últimas dos etapas que tiene como fin definir los planes a implementar y su seguimiento, culminación y evaluación de la actividad realizada.

La PML es un componente importante para el alcance de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), en este caso para alcanzar el ODS 12 (producción y consumo sostenible), ya que buscar concientizar a las industrias y usuarios sobre la importancia de adoptar medidas de enfoque ambiental que permitan, optimizar el recurso hídrico y eléctrico y mejorar los procesos, lo que contribuirá a la reducción de los residuos. En el caso que los residuos sean inevitables, como es el caso de este proyecto, se deberá buscar una alternativa para tratar adecuadamente estos residuos adoptando la posibilidad de reducirlos y de ser reutilizados.

Es importante tener en cuenta el tamaño de las empresas en la que se va a trabajar a la hora de implementar la PML; para las empresas pequeñas con menos de 50 empleados, se ven motivadas a implementar estrategias de producción más limpia únicamente con el fin de reducir costos de producción, sin embargo, no en todos los casos es así, pues estas pequeñas empresas se abstienen

de ejecutar estos proyectos por el trabajo que conlleva la ejecución de los mismos. Para las empresas medianas con menos de 250 empleados, presentan una presión para realizar programas de PML con el fin de generar un sistema de gestión ambiental y de esta manera comenzar a ser parte de un mercado competitivo. Finalmente, para las grandes empresas con más de 250 empleados como es el caso de este proyecto, se ven presionadas a la implementación de estrategias de PML para cumplir con regulaciones de tipo ambiental y además por la necesidad de invertir en la mejora de su imagen para así aumentar significativamente su participación en los mercados no solo nacionales, también internacionales. (Cardosa, 2019)

Marco Legal

Tabla 15:

Normatividad Colombiana vigente

Marco legal sobre la protección del medio ambiente	
Cita del artículo, Ley o Decreto	Artículo o decreto
Constitución política de Colombia [Const.] (1991) Artículo 8 [Título I]. 28va Ed. Leyer.	Es obligación para el Estado y para las personas, salvaguardar las riquezas naturales y culturales de la Nación.
<i>Bienes culturales y recursos naturales</i> Constitución política de Colombia [Const.] (1991) Artículo 78 [Título II]. 28va Ed. Leyer	Es de suma importancia que los bienes y servicios que se ofrecen a la población cuenten con una óptima calidad, por ende, la ley es la encargada de regular el control de calidad, actúa al momento en que se evidencie anomalías tanto en la producción como en la comercialización de los bienes y servicios, las cuales puedan generar afectación en la salud y seguridad de los consumidores.
<i>Código Nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.</i> Decreto 2811 de 1974	Fija el marco para el desarrollo normativo con alta vanguardia, dando directrices al gobierno para la enseñanza ambiental en el país, facultando al gobierno en la destinación de recursos y la reglamentación de sanciones para quienes destruyan el medio ambiente.
<i>Utilización racional de los recursos naturales</i> Constitución política de Colombia [Const.] (1991) Artículo 80 [Título II]. 28va Ed. Leyer	Por medio del desarrollo sostenible el Estado garantiza la conservación, restauración o sustitución de los recursos naturales, también este debe hacer uso de sanciones para que se reparen los daños generados en los ecosistemas e incluso se prevenga y controle el deterioro ambiental.
<i>Programa para el uso eficiente y ahorro del agua Ley 373 de 1997</i> Congreso de Colombia Diario Oficial No. 43.058 de (11 de junio de 1997)	Las corporaciones y demás entidades competentes, encargadas de manejar, proteger, aprobar y controlar la implementación de programas con la coordinación de las corporaciones

	<p>autónomas que manejen las fuentes que abastecen los diferentes usos.</p>
<p><i>Programa para el uso eficiente y ahorro del agua</i></p> <p>Constitución política de Colombia [Const.] (1991) Artículo 79 y 80</p>	<p>Se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Reglamento del sector ambiental, relaciona el programa para el uso eficiente y ahorro de agua y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Es un deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, fomentar la educación Ambiental y proteger las áreas de importancia ecológica</p>
<p><i>Se desarrollan los parágrafos 1 y 2 del artículo 2.2.3.2.1.1.3 del Decreto 1090 de 2018, mediante el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015.</i></p> <p>Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible (10 julio 2018)</p>	<p>Determina el deber del estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar que todas las personas tengan el derecho de gozar un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de salvaguardarlos, imponiendo las sanciones legales de no cumplir con la conservación, restauración, sustitución y previniendo de deterioro ambiental.</p>
<p><i>Se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Ley 99/1993</i></p> <p>Ministerio del medio ambiente (1998) artículo 42</p>	<p>Encabezado por las autoridades ambientales, se determina la responsabilidad de controlar, evaluar y hacer seguimiento ambiental del uso del agua y los vertimientos, así como al aire y al suelo. Se establece la obligación del pago de la tasa retributiva por afectar el recurso hídrico.</p>
<p><i>Decreto 1594 de 1984</i></p> <p>Derogado por el art. 79, Decreto Nacional 3930 (2010), salvo los arts. 20 y 21.</p>	<p>Presenta las normas que regulan y condicionan los vertimientos al recurso hídrico, suelo y a los alcantarillados, se establecen las directrices mínimas para el ordenamiento del recurso hídrico, sus permisos, registros de vertimiento y sus planes de cumplimiento.</p>

<p><i>Ley 1453 de 2011</i></p> <p>Congreso de Colombia</p>	<p>Presenta la normatividad a los daños en recursos naturales y contaminación ambiental</p>
<p><i>Ley 373 de 1997</i></p> <p>Congreso de Colombia</p>	<p>Por el cual se establece el programa de uso eficiente y ahorro de agua.</p>
<p><i>Decreto 1076 de 2015</i></p> <p>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible</p>	<p>Se orienta y regula el ordenamiento ambiental del territorio y se define las regulaciones y políticas a las que se someterá la conservación, regulación, ordenamiento, protección, uso, manejo y aprovechamiento sostenible para los recursos naturales renovables en el ambiente de la Nación, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjudicar las funciones asignadas para sectores.</p>
<p><i>Decreto 2981 de 2007</i></p> <p>Constitución política de Colombia [Const.] (1994) Artículos 79, 87, 88</p>	<p>Establece las características para el aprovechamiento, y manejo de residuos sólidos y residuos de origen orgánico.</p>

Fuente: Elaboración propia

Metodología

A continuación, se presentará la metodología que se utilizó para el logro de los objetivos específicos propuestos. Cabe destacar que para el desarrollo de este proyecto se tomó como base la guía técnica general de Producción más Limpia, elaborada por el centro de promoción de Tecnología (CPTS) y la guía de PML para el proceso de caña de azúcar, elaborada por el Centro Nacional de PML de Honduras, que está en consonancia con la Política de Producción más limpia (PML) de Colombia, la cual reconoce que el desarrollo sostenible representa una responsabilidad colectiva y sugiere la adopción de prácticas de producción y consumo sostenible, con el fin de buscar una reducción de contaminación en los procesos de producción, recurriendo a la modificación o revisión de los procesos, de tal forma que se pueda conservar los recursos, priorizar la integridad ambiental de bienes y servicios e incitar el uso sostenible de la biodiversidad como pilar de la competitividad de las empresas, influyendo positivamente en la calidad de vida.

Fase 1: Consolidación del Comité de PML en la industria azucarera con responsables, roles y actividades a desarrollar.

Como punto de partida se requiere el compromiso de la gerencia de la empresa y a su vez el de sus empleados, para que de esta forma el programa de PML tenga éxito; teniendo en cuenta lo anterior, principalmente se buscó la aprobación y compromiso por parte de la gerencia empresarial del ingenio objeto de estudio, para realizar este proyecto. Los pasos desarrollados se sintetizan a continuación:

1. Elaboración y presentación de la idea de consolidar un Programa de PML como un valor agregado para el programa de gestión ambiental ISO 14001 con el cual cuenta el ingenio objeto de estudio en la actualidad, esta presentación se realizó ante las directivas para su conocimiento y aprobación

2. Determinación del Ejecutivo responsable del programa.
3. Selección de los integrantes del Comité de PML.
4. Socialización del Programa de PML con integrantes del Comité de PML, y determinación de roles de cada uno según sus conocimientos y capacidades.
5. Elaboración de tareas y responsabilidades del Comité de PML.

Para consolidar el Comité de PML se recogió información de los miembros de acuerdo con lo que se incluye en la siguiente tabla.

Tabla 16

Registro miembros del Comité de Producción Más Limpia

Nombre de la persona	Cargo	Área del proceso donde se ubica	Fortalezas y habilidades

Fuente: Elaboración propia

Como complemento al trabajo del Comité de PML, es fundamental la identificación de los obstáculos para que la gestión de programa de PML en el ingenio resulte exitoso; para ello se tuvieron en cuenta una serie de variables partiendo de que, además de tener la capacidad de planificar, se debió trabajar en prever los obstáculos que podrían detener el progreso del programa, estos se determinaron como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17

Planeador de obstáculos y posibles soluciones en la implementación de un programa de producción más limpia

Obstáculos	Caracterización	Soluciones
De información		
Institucionales		
Tecnológicos		
Financieros		

Fuente: Elaboración propia

Fase 2: Elaboración del diagnóstico ambiental para identificar las situaciones críticas de las áreas objeto de estudio.

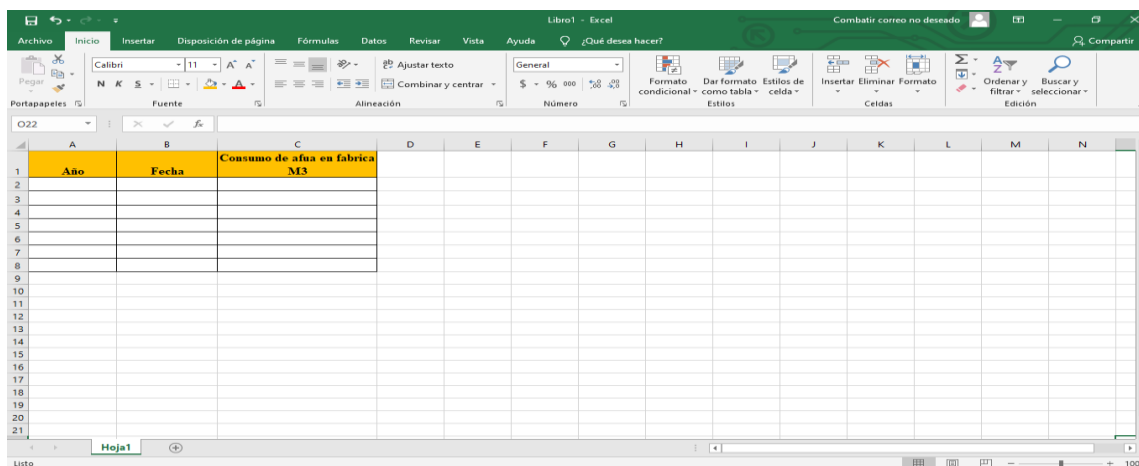
En esta fase se identificaron las diferentes etapas del proceso productivo en la fábrica del ingenio, haciendo especial énfasis en las áreas objeto de estudio; la idea en este punto es, que por medio de la identificación se pudieron establecer los puntos críticos, fortalezas, debilidades y amenazas con las que se contaba, que pudieran beneficiar o perjudicar la implementación del programa de PML.

1 Las actividades que se realizaron en esta fase, fueron las siguientes:

Reunir datos generales del ingenio y del proceso de producción, en este punto utilizando las bases de datos de la empresa se realizó una caracterización de información de volumen tanto de consumo de agua en fábrica, como de residuos orgánicos en patio de caña; se actualizó la información hasta la fecha y se elaboraron unas gráficas para visualizar fácilmente las cantidades consumidas de agua y las cantidades de residuos orgánicos producidos anualmente, logrando de esta forma la creación de un registro de consumo y producción de residuos; esto se realizó con en una hoja de cálculo de Excel.

Figura 16

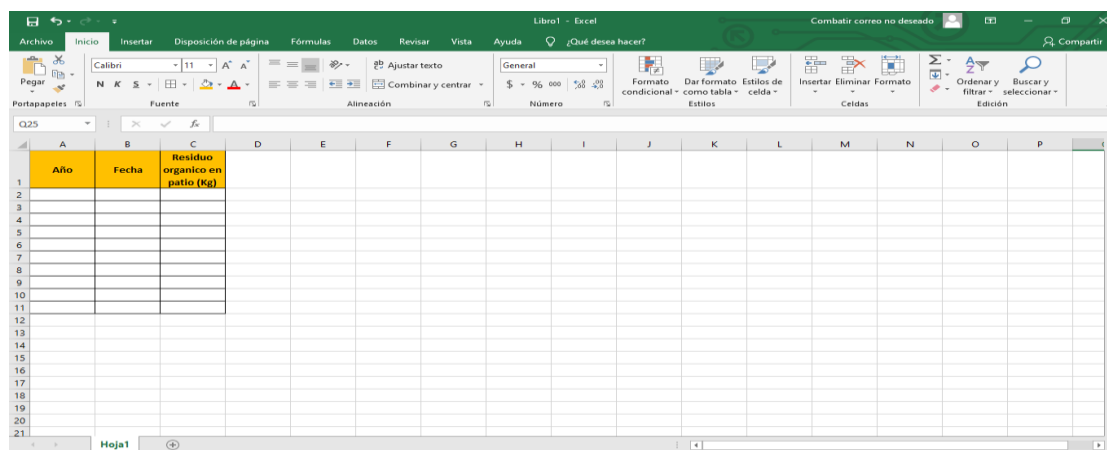
Ejemplo de cómo se recolectó la información de consumo de agua en fábrica hojas de cálculo de Excel.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17

Ejemplo de cómo se recolectó la información de la cantidad de residuos orgánicos generados en el patio de caña en hojas de cálculo de Excel.

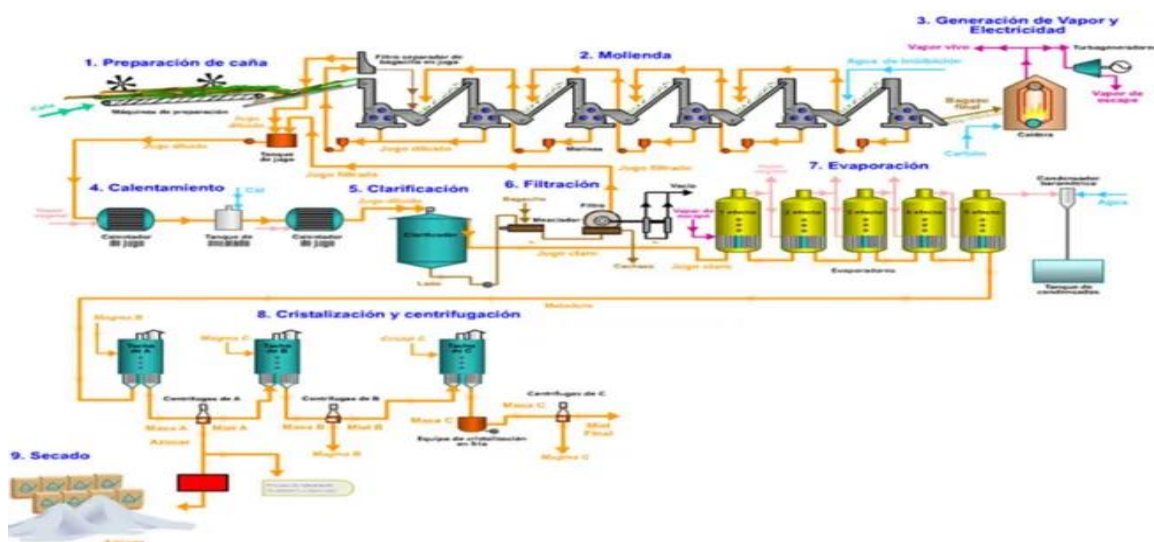


Fuente: Elaboración propia

2 Establecer un diagrama de flujo del proceso, para identificar los puntos en los cuales hay un consumo hídrico, para el planteamiento del diagrama de flujo fue necesario realizar un recorrido por toda la fábrica, identificando todos los puntos del proceso, este recorrido comenzó desde el patio de caña donde se encuentran ubicadas las mesas de caña y finalizó en las bodegas de almacenamiento del azúcar, en este recorrido se realizara la toma de registros fotográficos los cuales servirán de base para lograr la identificación de puntos clave en los que se está generando un consumo hídrico excesivo y como se lleva a cabo el proceso en fábrica para lograr el establecimiento del diagrama de flujo, la muestra de dicho registro fotográfico se presentara al final de este documento en los apéndices. Durante el recorrido se visitaron los puntos donde se encuentran instalados los medidores de consumo de agua en fábrica y los puntos donde hay consumo del líquido, esto con el fin de lograr una caracterización completa y precisa. Este recorrido se hizo en compañía del ingeniero responsable, buscando que la información recolectada fue útil para analizar y visualizar los espacios y actividades que se generan en la fábrica, permitiendo de esta forma generar las recomendaciones pertinentes. Este recorrido se realizó teniendo como información inicial, el esquema de producción del ingenio que se presenta en la siguiente figura.

Figura 18

Esquema general de producción de caña de azúcar.



Fuente: (Paz, 2018)

3 Caracterización del lugar exacto donde se está realizando la producción en exceso de residuos orgánicos. Para ello se realizó un recorrido por todo el patio de caña, iniciando en la entrada del patio de caña, identificando inicialmente como se realiza el ingreso de la caña de azúcar en los trenes cañeros, posterior a esto fue necesario desplazarse a la mesa de caña para lograr identificar la forma en la que conducen la caña al inicio del proceso de fabricación de azúcar y finalmente se identificó la fuente generadora de los residuos orgánicos, esta caracterización se complementó con fotografías obtenidas durante el recorrido.

Teniendo como referencia este esquema, se identificaron las áreas o procesos en fábrica donde hay consumo de agua, a su vez se identificó con exactitud el lugar donde se encuentran la producción de residuos orgánicos. Con estas acciones se obtuvo la ubicación exacta de los puntos que necesitan de una reducción de consumo hídrico y también lograr plasmar el lugar exacto donde

se encuentran los residuos orgánicos. También se identificaron los procesos y subprocesos, los responsables de esa actividad, el objetivo del proceso y sus alcances.

- 4 Identificar los diferentes problemas y las causas que llevan a que dentro de la fábrica del ingenio objeto de estudio, haya un consumo hídrico elevado y el efecto que esta causa. Se realizó un recorrido por la fábrica en compañía del jefe de planta y mantenimiento, durante el recorrido se entabló conversaciones con trabajadores y encargados de los diferentes procesos, ya que son ellos quienes conocen de primera mano las actividades, problemas existentes y los efectos que estos traen consigo; durante este recorrido se diligenció la tabla presentada a continuación.

Tabla 18

Tabla de situación actual

N°	SITUACIÓN ACTUAL		
	Problema	Posible causa	Efectos
1			

Fuente: Elaboración propia

Fase 3: Formular proyectos que incluyan las alternativas de producción más limpia seleccionadas mediante una matriz de toma de decisiones.

Esta fase incluyó dos acciones: la identificación y selección de alternativas (ideas) viables según las condiciones del ingenio objeto de estudio y la elaboración de proyectos que incluyan las alternativas seleccionadas como viables.

- Identificación de alternativas de producción más limpia que puedan ser implementadas en el ingenio objeto de estudio.

Después de identificar las fuentes de consumo hídrico y de residuos orgánicos, se inició la búsqueda de medidas correctivas (que serán las potenciales alternativas de mejoramiento a

implementar) con ayuda de los miembros del equipo de producción más limpia. Esta búsqueda se hizo con base en la revisión de experiencias similares en por lo menos dos ingenios: se identificaron las mejores prácticas con respecto a las situaciones en estudio para analizar como posibles alternativas a implementar bajo unos criterios establecidos y si es del caso, adaptarlas al ingenio objeto de estudio; se complementó con la búsqueda otras alternativas en documentos escritos y también se hizo con la generación de ideas de los miembros del comité que se puedan tener en cuenta por su experiencia.

Posteriormente, en compañía del equipo se analizaron y evaluaron la viabilidad e importancia de dichas alternativas y se calificaron asignando un valor de acuerdo a unos criterios de evaluación previamente establecidos por el Comité.

Tabla 19

Puntuación de la alternativa de acuerdo con cada criterio

Percepción de la alternativa	
No adecuado	1
Aceptable	2
Buena	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Criterios de evaluación

Criterios a tener en cuenta para la calificación
Costo de implementación
Facilidad de implementación
Aplicabilidad en el sitio de estudio
Impacto secundario

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró la matriz de toma de decisiones en Excel y con ella se seleccionaron las mejores alternativas de acuerdo a la puntuación obtenida. Al momento de presentar las posibles alternativas, las cuales salen de un juicioso análisis y revisión, el equipo de trabajo dio una

puntuación con respecto a los criterios. Esta información de los puntajes por cada criterio se suma por cada alternativa y al terminar se obtuvo la síntesis de los resultados. Esta información se sintetizó de la siguiente manera.

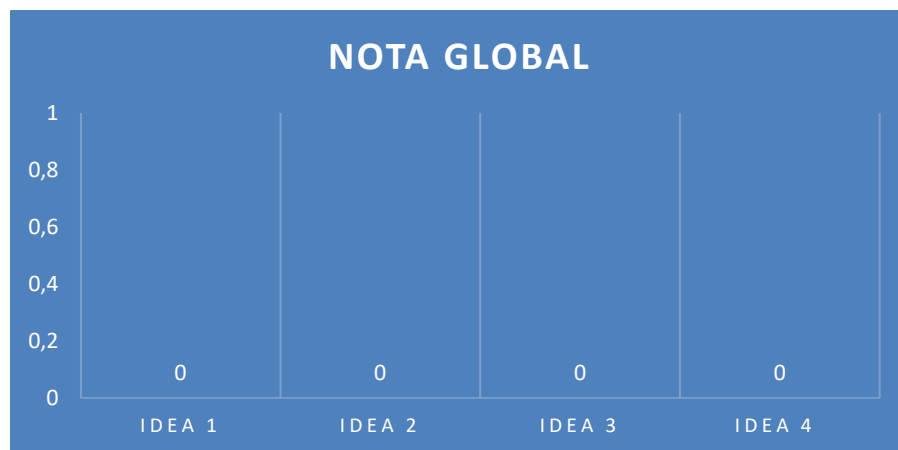
Tabla 21

Resumen y nota global

RESUMEN	NOTA GLOBAL
Alternativa 1 (tomada del ingenio 1)	
Alternativa 2 (tomada del ingenio 2)	
Alternativa 3	
Alternativa 4	
...	

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla se repitió para captar las soluciones a los dos problemas que se abordaron.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al resultado global obtenido, se tomaron en cuenta las alternativas que tengan mayor puntaje en la matriz de toma de decisiones realizada en Excel para esta actividad es la siguiente.

Tabla 22

Matriz de toma de decisiones

Alternativas de solución propuestas	Calificación se la alternativa según el Criterio 1	Calificación se la alternativa según el Criterio 2	Calificación se la alternativa según el Criterio 3	Calificación se la alternativa según el Criterio ...	Suma de calificaciones por cada alternativa
Alternativa 1 (tomada del ingenio 1)					
Alternativa 2 (tomada del ingenio 2)					
Alternativa 3					
Alternativa 4					
...					

Fuente: Elaboración propia

- Proyectos para implementar las alternativas seleccionadas según los criterios aplicados.

En esta fase se elaboraron los proyectos que acordes a las estrategias de producción más limpia que se identificaron como las más viables, las cuales obtuvieron los resultados globales más altos, estos valores debieron encontrarse por encima de una nota global que se estableció según el número de alternativas evaluadas y se ve reflejado en la gráfica global.

El esquema general de cada proyecto tiene los siguientes componentes: (en el desarrollo esa tabla será diligenciada con un buen nivel de detalle).

Tabla 23

Esquema general de proyecto

Título del proyecto:
Objetivo:
Meta:
Tipo de medida a aplicar: Preventiva ____ Correctiva ____
Descripción de la problemática:

Descripción de las acciones de mejora:				
Actividades de implementación		Tiempo de ejecución*		
		C	M	L
Tiempo de ejecución:				
Indicadores				
Nombre	Fórmula de cálculo o información necesaria			
Detalle de costos				
Descripción	Valor unitario	Valor total		
Total				

*El tiempo de ejecución puede ser C: Corto plazo, M: Mediano plazo o L: Largo plazo

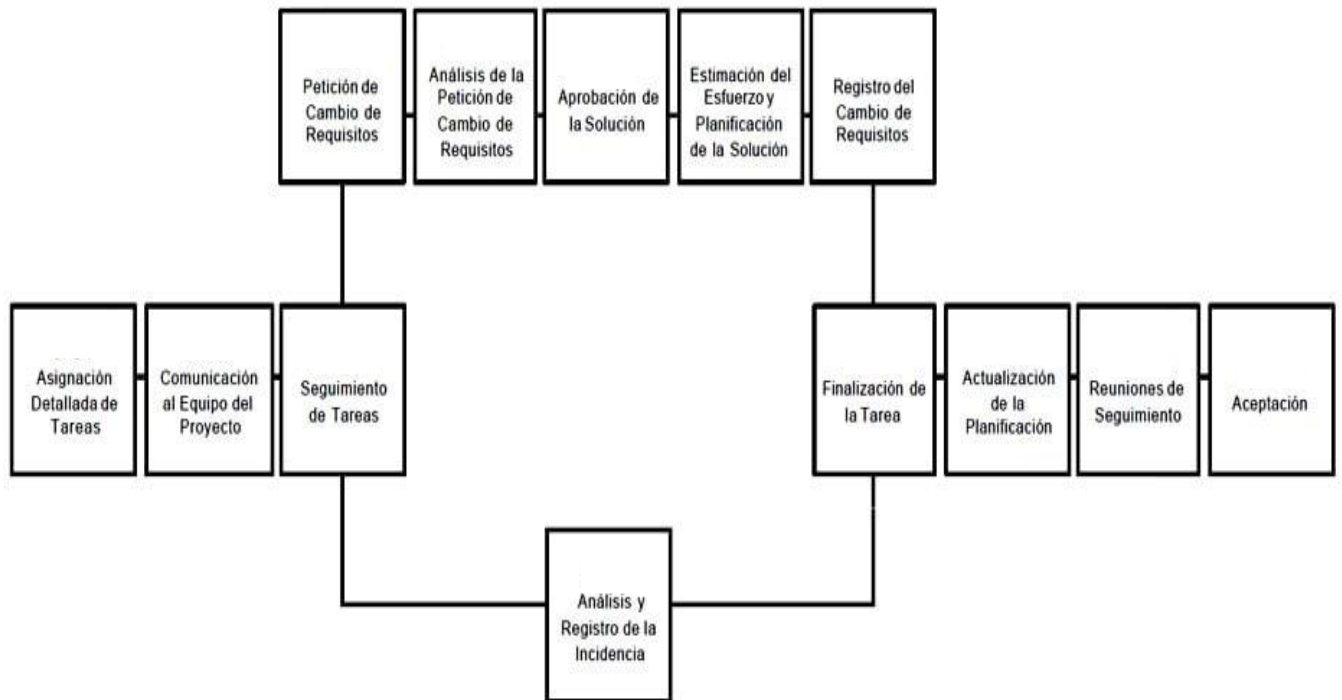
Fuente: Elaboración propia con base en (Alvarado, 2017)

Fase 4: Estrategias de seguimiento y evaluación tras la implementación del programa de producción más limpia

Finalmente, para verificar el cumplimiento de actividades para la implementación del programa de producción más limpia, se realizó un plan de seguimiento interno con base a los aspectos principales obtenidos en los proyectos planteados en la fase 3. La evaluación y seguimiento de dicho programa se hizo con base en las actividades, los indicadores y el tiempo que permitirá el desarrollo de los objetivos y metas fijadas para la empresa, a partir de ahí se presenta una alternativa de solución de problemas que pueda surgir a lo largo de la implementación del proyecto, esta alternativa se desarrolló de acuerdo a la siguiente figura.

Figura 19

Esquema de seguimiento y evaluación



Fuente: (Cillero, 2023)

El procedimiento de seguimiento y evaluación determina un conjunto de acciones que se deben llevar a cabo para comprobar la correcta ejecución de las actividades planteadas del programa establecido. El propósito de este seguimiento es identificar el progreso que ha tenido el programa de forma que se logre tomar acciones correctivas si surge algún problema en su ejecución o si la ejecución de este se está desviando de su planificación.

Esta etapa final del proyecto no es menos importante, ya que permite establecer las medidas necesarias para solucionar los problemas cuando se ejecute el proyecto, no es posible plantear una corrección sin contar con una ruta, también la importancia radica en determinar un procedimiento que permita comprobar que el proyecto se está ejecutando de forma correcta y permita tomar decisiones acertadas si llega a surgir un problema.

La ejecución de las distintas tareas para lograr el control y seguimiento del programa de producción más limpia se plasmaron en una tabla, que cuenta con un campo para establecer las tareas, posteriormente los productos, que se refiere al objetivo alcanzado y por último se establecen los participantes que será la persona o departamento responsable de las tareas planteadas, como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24

Documentación de actividades de seguimiento y evaluación

Tareas	Productos	Participantes

Fuente: Elaboración propia

Como complemento a este seguimiento y con base en las metas e indicadores del ODS 12 que busca garantizar producción y consumo sostenible, para mejorar la eficiencia en el uso y gestión de los recursos naturales, desde este trabajo se aporta a las siguientes metas y sus

indicadores; tomado como base los indicadores originales, se hace una adaptación de la evaluación en términos de la empresa como se presenta en la tabla:

Tabla 25

Evaluación de las metas e indicadores del ODS 12

Meta	Indicador original	Indicador propuesto
12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales	12.2.2 Consumo material interno en términos absolutos	Porcentaje de consumo de agua reducido al cabo de un año
12.5 De aquí a 2030, reducir la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización	12.5.1 Tasa nacional de reciclado, en toneladas de material reciclado	Porcentaje de residuos orgánicos reducido en el patio de caña
12.6 Alentar a las empresas a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes	Número de empresas que publican informes sobre sostenibilidad	Publicación anual del informe de resultados de prácticas sostenibles de la empresa.
12.8 De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza	12.8.1 Grado en que i) la educación para la ciudadanía mundial y ii) la educación para el desarrollo sostenible se incorpora en a) las políticas nacionales de educación, b) los planes de estudio, c) la formación del profesorado y d) la evaluación de los estudiantes	Capacitación en prácticas de desarrollo sostenible que se realizan desde la empresa

Fuente: Elaboración propia

Resultados y Discusión

Fase 1: Consolidación del Comité de PML en la industria azucarera con responsables, roles y actividades a desarrollar.

Para llevar a cabo el punto de partida para el programa de PML en el ingenio objeto de estudio y asegurar el compromiso de la gerencia de la empresa y sus empleados, fue necesario dar a conocer el proyecto ante los entes competentes de la empresa, dándoles a entender que la PML es un esfuerzo de mejora continua que requiere del compromiso de directivos, gerentes y personal clave de la empresa, para ello fue fundamental destacar los beneficios en la implementación de este programa de PML y la importancia de su compromiso con el éxito de este proyecto, este primer paso se llevó a cabo de la siguiente manera.

1. Primeramente, fue necesario que la estudiante a cargo del proyecto se reuniera y expusiera los intereses de la creación del programa de PML con el jefe del departamento de mejoramiento ambiental, estas reuniones tuvieron fecha los días 01 y 04 de noviembre de 2022. En estos dos días se revisaron documentos y guías, posteriormente se concretó una reunión en la cual participaron directivos, gerente general, gerente de fábrica, supervisor de fábrica, supervisor de gestión ambiental, supervisor de obras civiles, supervisor de aseo y secretaria, esta reunión tuvo fecha el día 17 de noviembre de 2022. El Ingeniero responsable del departamento de mejoramiento ambiental dio a conocer el proyecto, sus intereses, alcances y el aporte que este brindaba como valor agregado al programa de gestión ambiental ISO 14001 existente en la actualidad en el ingenio objeto de estudio; posteriormente los asistentes a la reunión dieron la aprobación para generar el proyecto y se comprometieron con el mismo a su vez se dio el aval para la creación de comité de PML, quienes serán los responsables de coordinar las actividades del desarrollo del programa de PML.
2. En la misma reunión del día 17 de noviembre de 2022 se determinó que el ejecutivo que debía estar a cargo del programa sería en Ingeniero, jefe de departamento de mejoramiento ambiental y su practicante.

3. Para la selección de los integrantes del programa de PML el ingeniero a cargo presentó una lista en la cual se incluían los nombres y cargo de los posibles trabajadores para ser tenidos en cuenta en el comité. Posterior a esto el día 01 de diciembre de 2022 en la segunda reunión de la practicante con el ingeniero se escogieron las 7 personas que harían parte del comité de PML, para realizar esta selección se tuvo en cuenta, cargo, disponibilidad de tiempo, experiencia, años laborados en la empresa y habilidades.
4. Para la socialización del programa de PML con los integrantes del comité de PML fue necesario la programación de una reunión, la cual tuvo fecha el 07 de diciembre de 2022, en la cual el ingeniero a cargo del programa dio a conocer los intereses, objetivos y metas del programa de PML, así como la importancia de cada uno de los integrantes del comité, en esta reunión también se determinaron los roles de cada participante del comité de PML de acuerdo a sus conocimientos y capacidades, teniendo en cuenta si cada integrante aceptaba o no el rol asignado.
5. El día 15 de diciembre se reunió el comité de PML en compañía del ingeniero responsable del programa y la estudiante. Esta reunión tuvo como finalidad el registro de cada uno de los miembros del comité y la caracterización de los obstáculos y posibles soluciones con referencia a la disminución del consumo de agua en fábrica y la reducción de los residuos orgánicos en el patio de caña. Primero se realizó el registro de los miembros del comité con ayuda de la siguiente tabla, cabe recalcar que por políticas de la empresa no aparecerán los nombres de las personas que conforman el comité, solo se tendrá en cuenta su cargo, área del proceso donde se ubica, fortalezas y habilidades de cada integrante.

Tabla 26

Registro miembros del Comité de Producción Más Limpia

Nombre de la persona	Cargo	Área del proceso donde se ubica	Fortalezas y habilidades
	Jefe de departamento de mejoramiento ambiental	Mejoramiento ambiental dentro y fuera de la fábrica	Compromiso, liderazgo, experiencia, proactivo, formación.

	Jefe de elaboración	Fábrica en general	Compromiso, liderazgo, experiencia, formación
	Supervisor de fábrica	Fábrica en general	Experiencia, liderazgo, trabajo en equipo, compromiso
	Supervisor de aseo	Aseo y recolección de residuos dentro y fuera de la fábrica	Carisma, disponibilidad de tiempo, compromiso, liderazgo, trabajo en equipo
	Supervisor de obras civiles	Fábrica en general	Experiencia, diligente, liderazgo, compromiso, proactivo, eficiente
	Supervisor de gestión ambiental	Fábrica en general	Experiencia, diligente, liderazgo, trabajo en equipo, formación, disciplina.
	Super numerario	Lagunas y fábrica	Experiencia, liderazgo, responsabilidad, trabajo en equipo, compromiso.

Fuente: Elaboración propia

Una de las primeras actividades del comité de PML, fue la identificación de los obstáculos que podrían impedir el éxito el programa de PML en el ingenio objeto de estudio, para ello fue de vital importancia el aporte de cada uno de los integrantes del comité, donde cada uno identificó los posibles obstáculos y soluciones para los mismos; esta información fue sintetizada en la siguiente tabla.

Tabla 27

Planeador de obstáculos y posibles soluciones en la implementación de un programa de producción más limpia

Obstáculos	Caracterización	Soluciones
De información	<ul style="list-style-type: none">• Desconocimiento de los beneficios de la PML• Falta de comunicación.	<ul style="list-style-type: none">• Abordar casos exitosos en otras empresas o del mismo sector, que permitan mostrar beneficios.• Escuchar cualquier problema o inquietud que se pueda tener y abordarlos, planificar reuniones que permitan maximizar la comunicación durante la duración del proyecto.
Institucionales	<ul style="list-style-type: none">• Cambios de alcance.• Resistencia al cambio.	<ul style="list-style-type: none">• No permitir que el alcance del proyecto se extienda más allá de los objetivos originales.• Interesar al personal sobre los beneficios laborales que trae consigo el proyecto
Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none">• Incapacidad de apropiar o adecuar tecnologías.	<ul style="list-style-type: none">• Ejemplarizar casos de industrias que hayan adecuado o apropiado tecnologías dentro de sus procesos y los beneficios que estas trajeron consigo.
Financieros	<ul style="list-style-type: none">• Falta de dinero o herramientas para el proyecto.• Falta de recursos financieros o baja capacidad para acceder a créditos.	<ul style="list-style-type: none">• Tener un pensamiento crítico que permita maximizar los recursos.• Mostrar que las inversiones en PML valen la pena y resultan atractivas debido a

		los cortos periodos de retorno.
--	--	---------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Fase 2: Elaboración del diagnóstico ambiental para identificar las situaciones críticas de las áreas objeto de estudio.

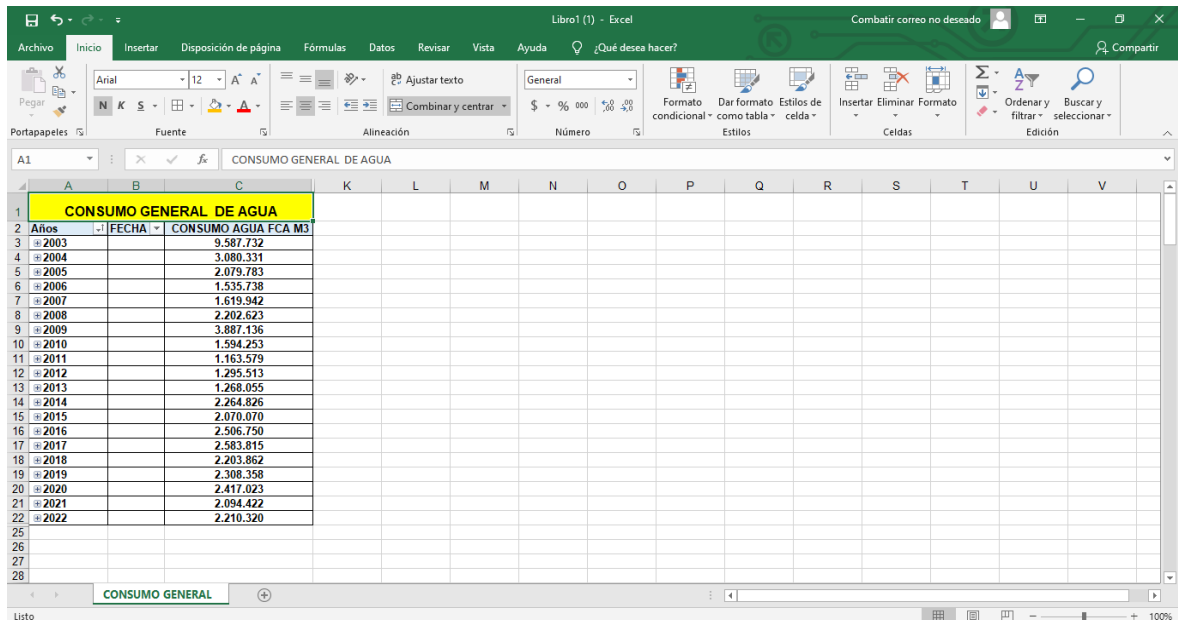
Una de las primeras actividades que se llevaron a cabo, fue la identificación de los obstáculos que podrían impedir el éxito del programa de PML en el ingenio objeto de estudio, esta fase de evaluación es crucial, ya que se logró efectuar el reconocimiento de las diferentes etapas de los procesos llevados a cabo en la fábrica del ingenio objeto de estudio, identificando por medio de visitas constantes durante los meses de enero y febrero, las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas presentes en el área de estudio. Por medio de esta fase se pudo caracterizar la situación general de la fábrica y los puntos críticos presentes en el área de estudio, las actividades realizadas en esta fase fueron las siguientes:

1. Para llevar a cabo este primer punto, fue necesaria la recolección de información importante en el desarrollo de este programa de PML, para lo cual fue necesario saber con claridad el consumo de agua en fábrica y la cantidad de residuos orgánicos presentes en el patio de caña, es por ello que se realizó una recolección de datos con ayuda de la información que se toman a diario en el departamento de mejoramiento ambiental y las bases de datos presentes en el ingenio objeto de estudio; la mayor parte de información se encontraba en hojas de papel y fue necesario consolidarla de manera digital en hojas de cálculo de Excel, con el fin de facilitar su organización y a su vez actualizar la información hasta el año 2022 de forma ordenada. A continuación, se presenta el resultado de esta caracterización de datos en tablas

dinámicas y las gráficas que permitieron visualizar con facilidad las cantidades de agua consumida en fábrica y la cantidad de residuos orgánicos producidos en el patio de caña.

Figura 20

Consumo de agua en (m³) generado en fábrica a través del tiempo, año 2003 - 2022



The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet titled 'CONSUMO GENERAL DE AGUA'. The spreadsheet has three columns: 'Años', 'FECHA', and 'CONSUMO AGUA FCA M3'. The data is organized in a table with rows for each year from 2003 to 2022. The values for 'CONSUMO AGUA FCA M3' range from 9,587.732 in 2003 to 2,210.320 in 2022. The spreadsheet interface includes the ribbon with tabs like 'Inicio', 'Insertar', 'Disposición de página', 'Fórmulas', 'Datos', 'Revisar', 'Vista', and 'Ayuda'. The status bar at the bottom shows 'Listo' and '100%' zoom.

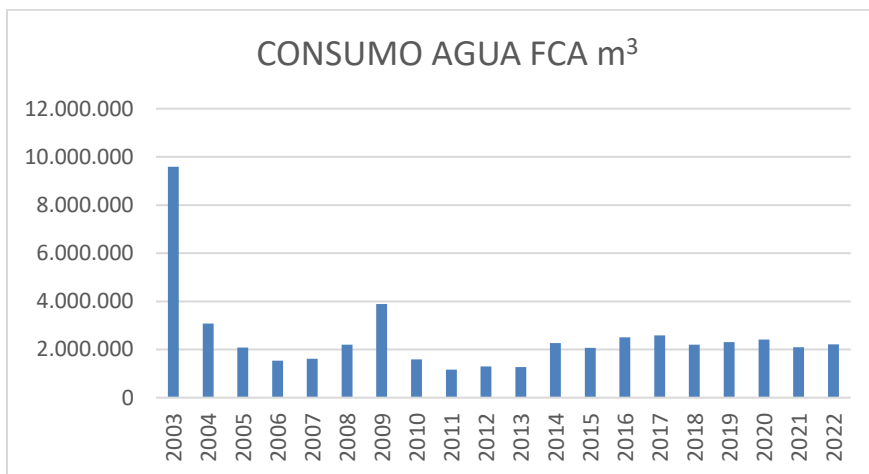
Años	FECHA	CONSUMO AGUA FCA M3
2003		9.587.732
2004		3.080.331
2005		2.079.783
2006		1.535.738
2007		1.619.942
2008		2.202.623
2009		3.887.136
2010		1.594.253
2011		1.163.579
2012		1.295.513
2013		1.268.055
2014		2.264.826
2015		2.070.070
2016		2.506.750
2017		2.583.815
2018		2.203.862
2019		2.308.358
2020		2.417.023
2021		2.094.422
2022		2.210.320

Fuente: Elaboración propia

Nota: es importante tener en cuenta que las tablas de Excel desarrolladas para la recolección de información, cuentan con un campo denominado “año” y otro denominado “fecha”, los cuales no pueden ser consolidados en un mismo campo de información, ya que a la hora de querer obtener la información de un año, mes o día en específico, se facilita tener la información organizada por separado, para así dar manejo a tablas dinámicas que puedan, presentar de forma fácil y precisa la información que se desee obtener en el momento.

Figura 21

Grafica de consumo de agua en (m³) generado en fábrica a través del tiempo, año 2003 - 2022



Fuente: Elaboración propia

Figura 22

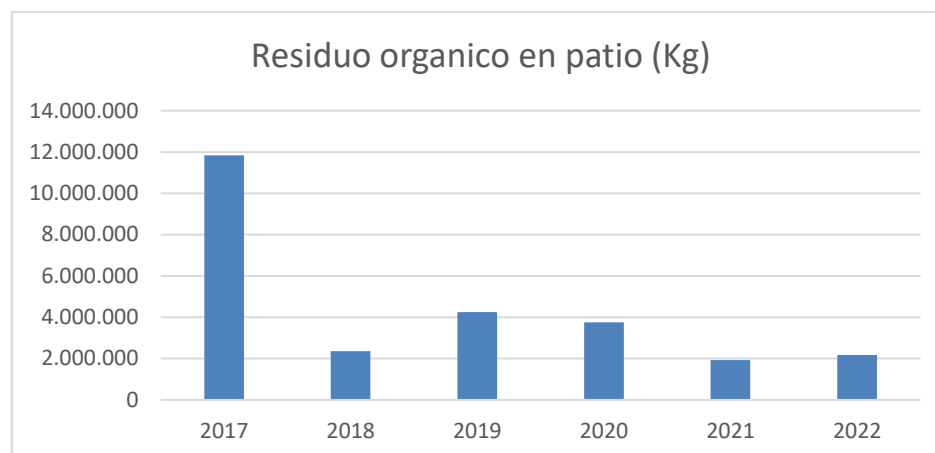
Cantidad de residuos orgánicos en (Kg) generados en patio de caña a través del tiempo, año 2017 – 2022

PRODUCCION DE RESIDUOS ORGANICOS EN PATIO DE CAÑA		
Año	Fecha	Residuo organico en patio (Kg)
2017		11.838.200
2018		2.353.060.
2019		4.257.670
2020		3.761.680
2021		1.922.260
2022		2.175.470

Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Grafica de residuos orgánicos generados en patio de caña a través del tiempo, año 2017 – 2022

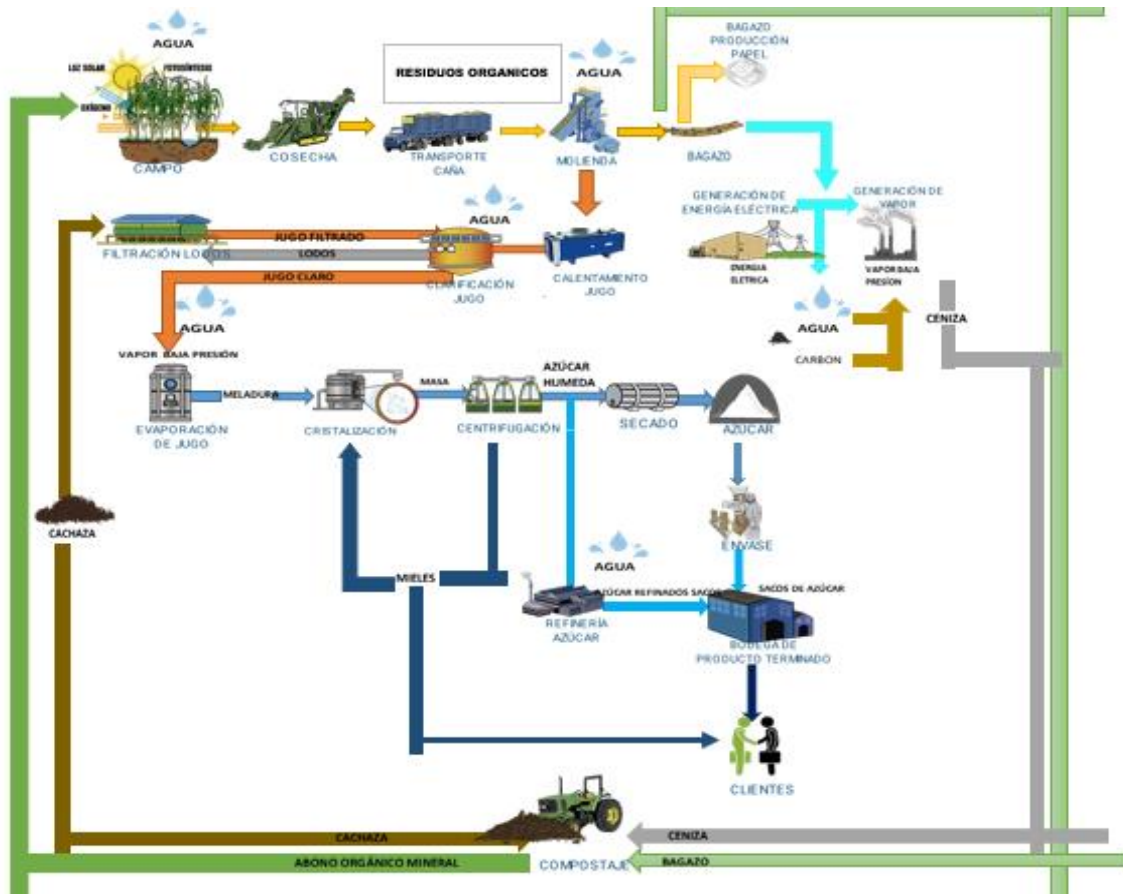


Fuente: Elaboración propia

2. Esta etapa consistió en aprovechar los recorridos realizados para analizar y diagramar el flujo del proceso; el diagrama de flujo es uno de los elementos básicos para determinar los indicadores de producción y la eficiencia al usar los recursos. Los recorridos realizados se iniciaron en la entrada del proceso, en las mesas de caña y finalizaron en las bodegas de almacenamiento de azúcar, durante los recorridos se visitaron los medidores de consumo de agua presentes en fábrica y los puntos donde hay presencia de consumo hídrico; de esta forma se logró realizar una caracterización del proceso permitiendo el desarrollo del diagrama de flujo que se presenta en la figura 25.

Figura 24

Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Elaboración propia

Para lograr la ubicación con exactitud del lugar donde se está generando la producción de los residuos orgánicos, se recorrió todo el patio de caña, identificando como se realiza el transporte de la materia prima en los trenes cañeros e identificando con exactitud el lugar donde se está presentando la generación de estos residuos. A continuación, se presenta la información y registros fotográficos obtenidos durante el recorrido.

Tabla 28

Caracterización en patio de caña

Proceso – Transporte de Caña	Proceso – Mesas de Caña
<p>Observación: Se pueden ver que los trenes cañeros llevan la materia prima (caña) en grandes volúmenes, lo que ocasiona el derrame de la caña limpia al suelo, generando así residuos orgánicos en patios de caña.</p>	<p>Observación: Al momento de ingresar la caña a las mesas, cuando se realiza el volteo de los vagones se observa que cae caña limpia directamente al suelo.</p>
	
Residuos Orgánicos	
<p>Como resultado del seguimiento, finalmente se evidencia la generación de residuos orgánicos de ambos procesos tanto del transporte interno de los trenes cañeros, como también en el proceso de molienda (mesas de caña).</p>	
	

Fuente: Elaboración propia

3. Para finalizar esta fase, fue necesario identificar problemas, causas y efectos con referencia al consumo hídrico en fábrica y la generación de residuos orgánicos en el patio de caña del ingenio objeto de estudio. Para lograr la identificación de estas situaciones, durante los recorridos realizados se tomó nota de las experiencias de algunos trabajadores y aseadores de la fábrica, estas personas fueron parte clave para lograr la identificación de cada una de las situaciones, pues se pudo establecer una relación abierta con el personal de la planta, donde pudieron expresar sus pensamientos, puntos de vista y preocupaciones. Esta actividad enriqueció este proyecto, gracias al acompañamiento de trabajadores directos de las áreas de estudio, que viven el día a día y conocen todos los detalles del proceso productivo. La información recolectada se incluye en la siguiente tabla.

Tabla 29

Tabla de situación actual

N°	SITUACIÓN ACTUAL		
	Problema	Posible causa	Efectos
1	Paradas de la fábrica	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo. • Aseo general de la planta. • Requisito para operar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Purgas innecesarias de tanques. • Uso inadecuado del recurso hídrico por parte del personal de limpieza. • Consumo elevado de agua en toda la fábrica en general.
	Falta de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de recursos o desinterés de invertir en soluciones ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas constantes de agua. • Fugas de mieles que requieren aseo constante en fábrica.

2	tecnológica de bajo consumo y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Falta de proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo de agua elevado en toda la fábrica en general. Desperdicio de agua en grifos, inodoros y orinales
3	Iniciativas de reducción de pérdidas	<ul style="list-style-type: none"> Falta de recursos o desinterés de invertir en soluciones ambientales. Falta de proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> pérdidas hídricas en los sistemas hídricos de la fábrica. Perdidas hídricas a causa de fugas y mal mantenimiento de equipos. Consumo hídrico por mala operación de válvulas.
4	Mal estado de vías internas, por donde transitan los trenes cañeros.	<ul style="list-style-type: none"> Falta de inversión. 	<ul style="list-style-type: none"> Pérdidas de materia prima durante el transporte.
5	Exceder la capacidad de almacenamiento de cada vagón de los trenes cañeros.	<ul style="list-style-type: none"> Falta de transporte para transportar la totalidad cosechada. Ahorro de tiempo y combustible. Concientización por parte del equipo de trabajo en campo. 	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de materia prima. Derrame de altas cantidades de materia prima al suelo. Contaminación de materia prima, que no puede ser utilizada en el proceso. Pérdidas económicas. Generación de residuos orgánicos en el patio de caña.

Fuente: Elaboración propia

Fase 3: Formulación de proyectos según las alternativas de producción más limpia seleccionadas

El diagnóstico actual del ingenio objeto de estudio y sus procesos, es la base para identificar las direcciones a seguir para impulsar el mejoramiento de la gestión en el ingenio objeto de estudio. La selección de las alternativas a emplear constituye un proceso cíclico, por lo cual las distintas alternativas a emplear deben resultar viables, de acuerdo con el avance del proceso de mejoramiento continuo, que en últimas es lo que se pretende con este proyecto. Para ello, en esta fase se identificó y seleccionó las alternativas de PML que resultan más atractivas de acuerdo a las condiciones actuales que presente el ingenio objeto de estudio. A partir de la identificación se plantearon las ideas de PML para posteriormente formular los proyectos que incluyeron las alternativas seleccionadas, el desarrollo de esta fase se presenta a continuación.

Para la identificación de las alternativas de PML que podrían ser empleadas, se realizaron dos acciones: la primera tuvo como finalidad tomar dos ingenios de referencia; lo que se realizó fue una indagación sobre las acciones que estos están tomando actualmente y las estrategias empleadas a nivel de consumo hídrico y control de los residuos orgánicos en patio de caña y se seleccionaron las alternativas más viables para el ingenio objeto de estudio en compañía del comité de producción más limpia, estas alternativas seleccionadas fueron las siguientes.

Tabla 30

Alternativas de PML a emplear, con base en el ingenio número 1

Ingenio número 1		
N°	Área	Alternativas

1	Fábrica	Control y verificación en líneas de ingreso de agua a la planta y líneas de distribución para evidencias de fugas de agua.
2	Fábrica	Reutilización o reciclaje del agua.
3	Fábrica	Campañas educativas.
4	Patio de caña	Preparación de abono, con residuos orgánicos generados en el ingenio.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Alternativas de PML a emplear, con base en el ingenio número 2

ingenio número 2		
N°	Área	Alternativas
1	Fábrica	Medidor de agua en fábrica.
2	Fábrica	Implementación de circuitos cerrados para la reutilización del agua.
3	Fábrica	Reutilización o reciclaje del agua.
4	Patio de caña	Preparación de abono, con residuos orgánicos generados en el ingenio.

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una búsqueda de alternativas en otros documentos, que podrían ser consideradas para este programa de PML, en compañía del comité de PML se seleccionaron una serie de alternativas que podrían funcionar en el ingenio objeto de estudio; estas alternativas fueron

analizadas y propuestas por el comité de acuerdo al diagnóstico realizado, su experiencia y amplio conocimiento. En la tabla 32 se presentan las alternativas seleccionadas.

Tabla 32

Alternativas de PML a emplear, seleccionadas por el comité de PML

Alternativas de PML a emplear, seleccionadas por el comité de PML		
N°	Área	Alternativas
1	Fábrica	Programación eficiente y anticipada con referencia a las paradas anuales en la fábrica, como alternativa de producción más limpia se realizan dos anuales, con duración de 72 horas.
2	Fábrica	Implementación de tecnologías de bajo consumo y/o mantenimiento.
3	Fábrica	Reducción de pérdidas de agua.
4	Fábrica	Campañas de educación ambiental.
5	Fábrica	Reutilización o reciclaje del agua.
6	Patio de caña	Preparación de abono, con residuos orgánicos generados en el patio de caña.
7	Patio de caña	Aprovechamiento de residuos en la cogeneración energética

Fuente: Elaboración propia

Las alternativas anteriormente descritas en las tablas, fueron escogidas de acuerdo con el comité de PML, con referencia a las situaciones identificadas en los recorridos realizados y la experiencia del jefe y miembros del comité. Posteriormente a esto, las alternativas fueron

presentadas con el fin de seleccionar las más adecuadas con base a la situación actual del ingenio objeto de estudio, para así lograr la selección definitiva de las alternativas que serán tenidas en cuenta en este programa de PML para dar solución al problema de consumo de agua en fábrica y producción de residuos orgánicos en patio de caña.

La selección de las alternativas se realizó de acuerdo con los criterios y puntuación, realizados por el comité de PML, que se presentan en las tablas 32 y 33. Cabe recalcar que todas las alternativas fueron tenidas en cuenta, tanto las de los ingenios que se han tomado como ejemplo, como las planteadas y tomadas por el comité de PML, la selección de las alternativas se presenta a continuación.

Tabla 33

Criterios de evaluación

Criterios a tener en cuenta para la calificación	
Costos de implementación	
Facilidad de implementación	
Aplicabilidad en el sitio de estudio	
Impacto secundario	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Puntuación de la alternativa de acuerdo con cada criterio

Percepción de la alternativa	
No adecuado	1
Aceptable	2
Buena	3

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó la matriz de toma de decisiones en Excel y con ella se seleccionaron las mejores alternativas, de acuerdo, a la puntuación obtenida. Al momento de presentar las posibles alternativas, las cuales salen del análisis y revisión, el equipo de trabajo dio una puntuación con

base en los criterios descritos en la tabla 32. La información de los puntajes de cada criterio se sumó para cada alternativa para finalmente obtener una síntesis de los resultados como se muestra a continuación.

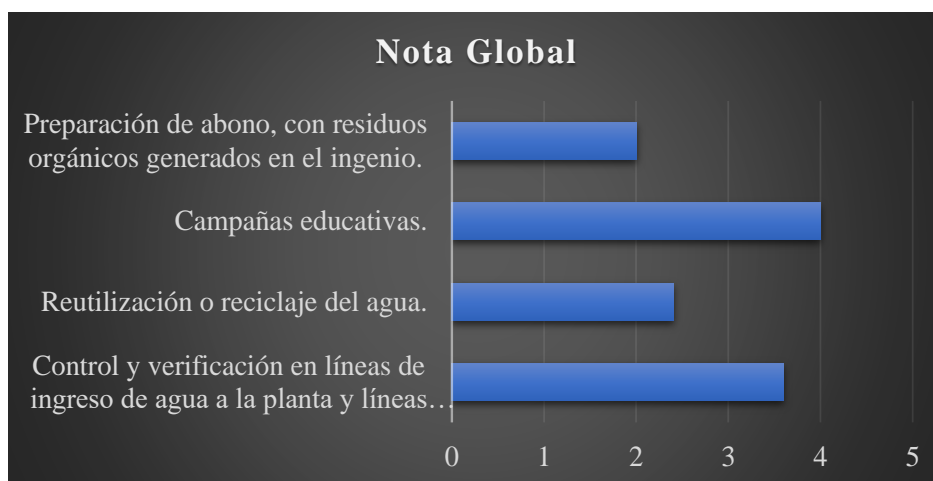
Tabla 35

Resumen y nota global de las alternativas tomadas del ingenio 1

Alternativa N°	Resumen	Nota global
1	Control y verificación en líneas de ingreso de agua a la planta y líneas de distribución para evidencias de fugas de agua.	3,6
2	Reutilización o reciclaje del agua.	2,4
3	Campañas educativas.	4
4	Preparación de abono, con residuos orgánicos generados en el ingenio.	2

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla se repitió para captar las soluciones a los dos problemas que se pretende tratar.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

Resumen y nota global de las alternativas tomadas del ingenio 2

Alternativa N°	Resumen	Nota global
-----------------------	----------------	--------------------

1	Medidor de agua en fábrica.	2
2	Implementación de circuitos cerrados para la reutilización del agua.	2,8
3	Reutilización o reciclaje del agua.	2,4
4	Preparación de abono, con residuos orgánicos generados en el ingenio.	2

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Resumen y nota global de las alternativas tomadas y planteadas por el comité de PML

Alternativa N°	Resumen	Nota global
1	Programación eficiente y anticipada con referencia a las paradas anuales en la fábrica, como alternativa de producción más limpia se realizan dos anuales, con duración de 72 horas.	4,8
2	Implementación de tecnologías de bajo consumo y/o mantenimiento.	4
3	Reducción de pérdidas.	4

4	Campañas educativas.	4
5	Reutilización o reciclaje del agua.	2,4
6	Preparación de abono, con residuos orgánicos generados en el patio de caña.	2,8
7	Aprovechamiento de residuos en la cogeneración energética	4,8

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al resultado global obtenido, se tomaron en cuenta las alternativas que tuvieron mayor puntaje en la matriz de toma de decisiones, las alternativas a emplear fueron las que obtuvieron un puntaje global mayor o igual a 4, es importante mencionar que esta actividad fue realizada en Excel para contar con una mayor precisión, el resultado fue el siguiente.

Tabla 38*Matriz de toma de decisiones para el ingenio número 1*

CRITERIOS	Alternativa 3	Nota
Costos de implementación	3	1,2
Facilidad de implementación	3	1,2
Aplicabilidad en el sitio de estudio	3	1,2
impacto secundario negativo	1	0,4
Total	10	4

Fuente: Elaboración propia

Del ingenio número 2, no se tuvo en cuenta ninguna de sus alternativas, ya que el resultado obtenido en la nota no alcanzó el valor de 4 y tampoco lo sobrepasó.

Tabla 39*Matriz de toma de decisiones para de las alternativas tomadas y planteadas por el comité de PML*

CRITERIOS	Alternativa 1	Nota	Alternativa 2	Nota	Alternativa 3	Nota	Alternativa 4	Nota	Alternativa 7	Nota
Costos de implementación	3	1,2	2	0,8	2	0,8	3	1,2	3	1,2
Facilidad de implementación	3	1,2	3	1,2	2	0,8	3	1,2	3	1,2
Aplicabilidad en el sitio de estudio	3	1,2	3	1,2	3	1,2	3	1,2	3	1,2
impacto secundario negativo	3	1,2	2	0,8	3	1,2	1	0,4	3	1,2

Total	12	4,8	10	4	10	4	10	4	12	4,8
--------------	-----------	------------	-----------	----------	-----------	----------	-----------	----------	-----------	------------

Fuente: Elaboración propia

Las alternativas seleccionadas fueron las que alcanzaron o sobrepasaron un puntaje de 4, para lograr la obtención de este puntaje, se realizó en Excel la matriz de toma de decisiones que arroja cada una de las notas globales, los criterios utilizados para los ingenios 1 - 2 y para las alternativas tomadas y planteadas por el comité de PML fueron 4: Costo de implementación con 40% de importancia, facilidad de implementación con un 20% de importancia, aplicabilidad en el sitio de estudio con un 30% de importancia e impacto secundario negativo con un 10% de importancia, los porcentajes de importancia se determinaron de acuerdo al comité y las consideraciones de cada uno de los miembros, de esta manera se logró desarrollar los respectivos cálculos que permitieron obtener los puntajes; a continuación, se presentan las alternativas seleccionadas para el programa de PML para el ingenio objeto de estudio.

Tabla 40

Alternativas seleccionadas

N°	Alternativas
1	Campañas educativas. (tomada del ingenio número 1 y propuesto por el comité de PML)
2	Programación eficiente y anticipada con referencia a las paradas anuales en la fábrica, como alternativa de producción más limpia. Se realizarán dos anuales, con duración de 72 horas. (propuesto por el comité de PML)
3	Implementación de tecnologías de bajo consumo y/o mantenimiento. (hidro lavadoras de bajo consumo y en buen estado, conexiones pertinentes para los equipos de lavado utilizados por los contratistas, orinales ecológicos, sanitarios de bajo consumo, lavamanos con sensores, duchas eficientes, reparación de fugas de líneas de agua, tuberías para lavado de básculas y tanques de jugo, instalación y cambio de pistolas dañadas de las mangueras de riego).
4	Reducción de pérdidas.

5	Aprovechamiento de residuos orgánicos en la cogeneración energética
---	---

Fuente: Elaboración propia

- Según los criterios aplicados se plantearon una serie de proyectos para ser empleados en el ingenio objeto de estudio.

En esta fase se determinaron los proyectos que atenderán la problemática de consumo de agua en fábrica y residuos orgánicos generados en patio de caña. Claramente, estos proyectos trabajarán con ayuda de las estrategias de PML seleccionadas anteriormente y catalogadas como las más viables para el ingenio objeto de estudio.

A continuación, los proyectos propuestos que forman parte del Programa de Producción más limpia

Tabla 41

Proyecto 1. Educación ambiental

Título del proyecto:

Proyecto de educación ambiental, para incentivar la preservación y cuidado del medio ambiente por parte de los trabajadores de un ingenio azucarero ubicado en el departamento del Cauca.

Objetivo:

Estimular y dar a conocer a los trabajadores del ingenio azucarero, sobre la importancia de preservar y cuidar el medio ambiente, por medio de campañas educativas dentro de la misma empresa, para lograr un cambio en la actitud del trabajador, que permita establecer una cultura ambiental responsable en el ingenio objeto de estudio con énfasis en el consumo hídrico responsable y el manejo adecuado de los residuos orgánicos generados en patio de caña.

Meta:

Este proyecto ambiental es una estrategia de concientización para los trabajadores de un ingenio azucarero ubicado en el departamento del cauca, con el fin de utilizar de manera eficiente el recurso hídrico en fábrica y sensibilizar al personal sobre la importancia de manejar los residuos orgánicos generados en patio de caña, logrando un grado mayor de convencimiento de los trabajadores sobre la dependencia reciproca que tienen todos los seres humanos con su entorno, de manera que se adquiriera una responsabilidad del trabajador con el medio ambiente, la cual lo haga pensar de la reacción que trae consigo todas las sus acciones en la empresa y también fuera de ella.

Se propone como meta inicial, capacitar a por lo menos el 80% de todo el personal que labora en el ingenio: este porcentaje se irá incrementando a medida que se evalúe la implementación.

Es importante la divulgación de temas ambientales, esta actividad se realizara por medio de las carteleras ubicadas en el ingenio objeto de estudio, se propone colocar material de divulgación sobre ahorro y conservación del agua en el 100% de las carteleras existentes en el ingenio; otra actividad a realizar es la capacitación de los supervisores, para lo cual , se propone capacitar al 100% de los supervisores, por último se realizan encuestas a los trabajadores, para determinar si se está cumpliendo con la finalidad de las capacitaciones que es, educar ambientalmente se propone que se reciba por lo menos el 80% de las encuestas enviadas a los trabajadores.

Tipo de medida a aplicar: Preventiva X Correctiva

Descripción de la problemática:

El ingenio objeto de estudio es una agroindustria que utiliza los recursos del medio ambiente y a su vez depende de él, ya sea directa o indirectamente. Si existe algo que afecte o perjudique el entorno, por obvias razones el ingenio también se verá afectado.

Mas allá de la rentabilidad empresarial, el sector industrial debe tener un valor compartidos entre el crecimiento económico, el bienestar social y cuidado ambiental. El ingenio objeto de estudio no solo opera en un lugar determinado, también habita un medio ambiental y se abastece de él, esto quiere decir que, si se afecta este entorno, se pone en riesgo el futuro industrial de las demás empresas que se abastecen del mismo medio y las próximas generaciones.

La conciencia ambiental garantiza la sostenibilidad de una compañía y en este momento el ingenio objeto de estudio no cuenta con un proyecto o un plan de acción para hacerle frente a esta problemática, es necesario promover la educación ambiental en los trabajadores por medio de la creación de valor en las practicas que se llevan acabado en las actividades de la fábrica, para así incentivar el uso responsable de los recursos y residuos presentes en el ingenio objeto de estudio.

Esta agroindustria requiere contar con políticas medioambientales y sociales, además de tener un compromiso innovador con sus productos. el interés es trabajar en pro del medio ambiente y garantizar a sus trabajadores una educación ambiental que les permita pensar antes de actuar, fuera y dentro de su entorno laboral.

Descripción de las acciones de mejora:

Este proyecto busca desarrollar estrategias de educación ambiental para producir nuevos hábitos, compromiso e interés en los trabajadores del ingenio objeto de estudio, en relación al cuidado del medio ambiente, por medio de la socialización y sensibilización educativa en temas ambientales. Se considera un proyecto fundamental a nivel industrial, ya que no tiene sentido crear estrategias o generar alternativas de mejoramiento ambiental, si no se capacita y sensibiliza al personal que en últimas será el encargado de contribuir en el correcto funcionamiento de lo propuesto en el programa de PML. Se pretende trabajar a través de la educación ambiental y el

desarrollo de actividades con operadores de la empresa y demás trabajadores, permitiendo de esta forma, generar conciencia en el personal y fortaleciendo de esta manera, el compromiso ambiental, social y comercial en el ingenio objeto de estudio.

Actividades de implementación:	Tiempo de ejecución*		
	C	M	L
Incluir capacitación en el adecuado manejo de residuos orgánicos (almacenamiento, transporte y disposición final), donde se incluye el aprovechamiento.	X		
A través de las carteleras ubicadas en la empresa y correos electrónicos de los trabajadores, se hará divulgación sobre el ahorro de agua y la necesidad de conservarla. En este departamento se cuenta con supervisores que constantemente están sensibilizando al personal fijo y contratista de la empresa, en el uso eficiente y ahorro del agua en fábrica.	X		
Capacitar a los supervisores de área para que puedan sensibilizar al personal en el uso eficiente, ahorro del agua, residuos orgánicos y medio ambiente en general.		X	
Se enviará mensualmente unas encuestas digitales vía correo electrónico, para cada trabajador, las cuales tendrán preguntas ambientales que deberán ser contestadas por el trabajador y entregadas a su supervisor de área, como constancia de que si se está educando a los trabajadores.		X	

Tiempo de ejecución: 6 meses

Indicadores

Nombre	Fórmula de cálculo o información necesaria
Porcentaje de personal de operación y mantenimiento	$\frac{\text{Número de personas de operación y mantenimiento capacitadas}}{\text{Número total de personas de operación y mantenimiento}} \times 100$
Porcentaje de carteleras con material divulgativo sobre ahorro y conservación del agua	$\frac{\text{Número de carteleras con material divulgativo sobre ahorro y conservación del agua}}{\text{Número total de carteleras existentes en la empresa}} \times 100$

Porcentaje de supervisores capacitados	$\frac{\text{Número de supervisores capacitados}}{\text{Número total de supervisores}} \times 100$	
Porcentaje de encuestas recibidas	$\frac{\text{Número de encuestas recibidas}}{\text{Número total de encuestas enviadas}} \times 100$	
Detalle de costos		
Descripción	Valor unitario \$	Valor total \$
Docente Sena (trabajador externo, encargados de capacitar, trabajadores y supervisores, estas capacitaciones se realizan dos veces en el año, con una duración de dos semanas.)	900.000	1.800.000
Ingeniero ambiental (trabajador interno, encargado de las capacitaciones ambientales internas. Estas capacitaciones se realizan dos veces en el año, con una duración de dos semanas)	1.333.000	2.666.000
Analista ambiental (trabajadora interna, encargada de la divulgación de información en las carteleras, la actualización de las carteleras se realiza dos veces al mes, durante los doce meses del año)	73.332	879.984
Resma de papel	28.000	84.000
Tinta de impresora	150.000	150.000
Caja de lapiceros (color negro por 12 unidades)	15.600	78.000
Caja de lápices (12 unidades)	16.900	84.500
Cartulina (24 pliegos)	36.000	36.000
Marcadores permanentes	2.000	12.000
Marcadores borrables	6.000	36.000
Total		
	\$1.360.832	\$5.826.484

*El tiempo de ejecución puede ser C: Corto plazo (menor o igual a seis meses), M: Mediano plazo (mayor a seis meses) o L: Largo plazo (mayor o igual a un año)

Fuente: Elaboración propia con base en (Alvarado, 2017)

Es importante recalcar que los valores utilizados en los detalles de costo, fueron adquiridos directamente del almacén encargado de compras y dotaciones del ingenio objeto de estudio de estudio.

Tabla 42

Proyecto 2. Planificación y organización de paradas

Título del proyecto: Proyecto de planificación y organización de paradas de mantenimiento en in ingenio azucarero, ubicado en el departamento del Cauca.
Objetivo: Planificar y organizar cada parada de mantenimiento de planta, siguiendo un proceso de dirección definido, teniendo en cuenta los tiempos, con el fin de facilitar una operación confiable, en un periodo de tiempo seguro y a que a su vez piense en el consumo excesivo de recursos naturales que se da cuando se realizan estas actividades.
Tipo de medida a aplicar: Preventiva <input type="checkbox"/> Correctiva <input checked="" type="checkbox"/>
Meta: Realizar 2 paradas de mantenimiento al año, una cada seis meses con una durabilidad de 3 días, para lo cual se recomienda planificar de forma organizada y no improvisada dicha actividad de mantenimiento, para ello el equipo de trabajo encargado de la ejecución de paradas de mantenimiento en el ingenio objeto de estudio, especificará los objetivos de la actuación; es importante lo referido a los tiempos, plazos, seguridad, calidad, riesgo e impacto ambiental. Una vez establecido lo antes mencionado, se distribuirá la información a cada integrante involucrado en la parada de planta y se expondrá lo planificado ante el comité de PML del ingenio objeto de estudio.
Descripción de las acciones de mejora: Desarrollar un control en los tiempos y plazos de las paradas de mantenimiento, para ello se hace fundamental la realización de un cronograma que sea tenido en cuenta y se cumpla.

Para la realización del mencionado anteriormente se hace fundamental, el conocimiento de los procesos, el estado actual de los equipos críticos en la fábrica, el alcance de los trabajos y los materiales disponibles para las reparaciones y mantenimientos; todo esto con el fin de permitir a los encargados del desarrollo de las paradas, obtener pautas y estrategias para la plantear la ejecución.

Actividades de implementación:	Tiempo de ejecución*		
	C	M	L
Identificar las metas en cada área antes de la parada de mantenimiento para ir a la fija en el trabajo.	X		
Planificar tareas y el personal que se ocupara de cada una de ellas.	X		
Supervisión eficiente.	X		
Analizar los tiempos de inactividad y sus consecuencias.	X		
Contar con los materiales a utilizar durante el tiempo de parada, para llevar a cabo todas las actividades planteadas y no tener que generar una parada extra, en un tiempo que no haga parte del cronograma.		X	

Tiempo de ejecución: 6 meses

Indicadores

Nombre	Fórmula de cálculo o información necesaria
Número de paradas de mantenimiento al año	<i>Número de paradas por mantenimiento al año</i>
Número de días parados en un año	<i>Número de días parados en el año</i>

Detalle de costos

Descripción	Valor unitario \$	Valor total \$
Gerente de fabrica (encargado de planificar el cronograma de parada, esta planificación se realiza dos veces en el año)	366.600	7.333.300

Ingeniero industrial (encargado de planificar el cronograma de parada, esta planificación se realiza dos veces en el año)	160.000	3.200.000
Supervisor de fábrica (encargado de planificar el cronograma de parada, esta planificación se realiza dos veces en el año)	130.000	2.600.000
Total		
	\$512.600	\$13.133.300

*El tiempo de ejecución puede ser C: Corto plazo (menor o igual a seis meses), M: Mediano plazo (mayor a seis meses) o L: Largo plazo (mayor o igual a un año)

Fuente: Elaboración propia con base en (Alvarado, 2017)

Tabla 43

Proyecto 3. Implementación de tecnologías de bajo consumo

<p>Título del proyecto:</p> <p>Proyecto de implementación de tecnologías de bajo consumo de agua y/o mantenimiento en un ingenio azucarero ubicado, en el departamento de Cauca.</p>
<p>Objetivo:</p> <p>Implementar tecnologías de bajo consumo de agua y/o mantenimiento, con el fin de aumentar la eficiencia que se le da al agua actualmente en el ingenio objeto de estudio para la producción de azúcar.</p>
<p>Meta:</p> <p>Este proyecto pretende realizar ajustes y nuevas propuestas, en razón de generar ahorro de agua en la fábrica del ingenio objeto de estudio y utilizar inteligentemente este recurso valioso, con la intención de conservación en un sentido social, ambiental y económico. Claramente sin descuidar la eficiencia en el ingenio objeto de estudio, alcanzando la meta deseada de producir más con menos, logrando una eficiencia hídrica.</p> <p>Para lograr esta meta se propone adquirir 7 hidro lavadoras de bajo consumo, aprovechar las paradas de la empresa para la revisión y ajuste de conexiones de tubería y demás equipos de suministro de agua, esta actividad se realizará 2 veces al año, instalar inicialmente el 70% de equipos sanitarios ahorradores de agua en la empresa, realizar en un 100% el montaje de tuberías</p>

para el lavado de báscula y tanques de jugo, adquirir 15 pistolas de agua para mangueras de riego, con el fin de instalarlas y cambiar las que se encuentran en mal estado.

Tipo de medida a aplicar: Preventiva X Correctiva

Descripción de la problemática:

En la actualidad el uso eficiente del agua es uno de los pilares de la sustentabilidad industrial, hablar de tecnologías de bajo consumo hídrico es hablar de soluciones innovadoras enfocadas en la mejora de la gestión del agua, tratando de dar respuestas a los retos del sector industrial, para ello se hace necesario invertir en tecnologías adecuadas que permitan mejorar el uso hídrico, garantizando la sostenibilidad y asegurando el acceso de este importante recurso a las próximas generaciones. El ingenio objeto de estudio actualmente no cuenta con tecnologías de bajo consumo hídrico, que le permita reducir su consumo en fábrica y lograr el objetivo del programa de producción más limpia, ya que no existe un proyecto que considere la posibilidad de implementación de nuevas tecnologías con el fin de contribuir de manera económica, ambiental e industrial al ingenio objeto de estudio y que, a su vez, piense en la forma de producir lo mismo, pero con menos recurso hídrico.

Se hace necesaria la implementación de tecnologías de bajo consumo hídrico en el ingenio objeto de estudio, ya que se ha observado que en la fábrica del ingenio objeto de estudio se desperdicia mucha agua en puntos específicos como lo son: baños, duchas, lockers, zonas de aseo y zonas de lavado; es importante recalcar que muchas de las mangueras utilizadas en el aseo o transporte de agua se encuentran dañadas o no cuentan con pistolas de agua que permitan controlar la salida del líquido, también existe presencia de fugas de agua lo que ocasiona un mayor consumo hídrico y no permite reducir el consumo de agua en fábrica, impidiendo el cumplimiento de los objetivos planteados en el programa de PML.

Descripción de las acciones de mejora:

Implementar nuevas tecnologías que permitan el ahorro de agua, mediante la racionalización de este recurso que evite el despilfarro, considerando siempre las necesidades del ingenio objeto de estudio, apoyándose en las tecnologías que hoy día la ciencia ofrece, permitiendo que el consumo reduzca sin necesidad de suspender las actividades dentro de la fábrica, brindando nuevas alternativas para los trabajadores y contratistas que contribuyan en la reducción de consumo hídrico; es importante ejecutar este tipo de cambios al interior del ingenio objeto de estudio, ya que el uso de estas herramientas logra una gestión inteligente del recurso hídrico a través de la implementación de una serie de nuevas alternativas y actividades que son fundamentales para obtener una reducción en el consumo hídrico por medios de la ejecución de pequeños cambios que harán la diferencia y justificaran su inversión.

Actividades de implementación:	Tiempo de ejecución*		
	C	M	L

Uso de hidro lavadoras de bajo consumo y en buen estado.		X	
Mejorar las conexiones de agua para que se adapten eficientemente con los equipos y mangueras utilizadas por los contratistas, para evitar pérdidas de agua.		X	
Instalación de orinales ecológicos, sanitarios de bajo consumo, lavamanos con sensores, duchas eficientes y reparación de fugas de líneas de agua.		X	
Montaje de tubería para lavado de báscula y tanque de jugo.		X	
Instalar y cambiar las pistolas dañadas de las mangueras de riego.	X		
Tiempo de ejecución: 1 año			
Indicadores			
Nombre	Fórmula de cálculo o información necesaria		
Número de hidro lavadoras adquiridas	<i>Número de hidrolavadoras adquiridas</i>		
Revisión y ajustes a equipos de suministro de agua	<i>Número de revisiones por año</i>		
Porcentaje de equipos sanitarios instalados	$\frac{\text{Número de equipos sanitarios instalados}}{\text{Número total de equipos sanitarios en la empresa}} \times 100$		
Porcentaje de tubería instalada para lavado de báscula y tanques de jugo	$\frac{\text{Metros de tubería instalada}}{\text{Metros de tubería necesaria para lavado de báscula y tanques de jugo}} \times 100$		
Número de pistolas de agua adquiridas	<i>Número de pistolas de agua adquiridas</i>		
Detalle de costos			
Descripción	Valor unitario \$	Valor total \$	

Supervisor de obras civiles (trabajador interno, este tipo de obras, tiene destinado una durabilidad de seis meses)	3.500.000	21.000.000
Albañiles (4 trabajadores internos, este tipo de obras, tiene destinado una durabilidad de seis meses)	4.640.000	27.840.000
Hidro lavadoras.	869.900	2.609.700
Adaptadores de toma de agua y con conectores de manguera.	82.500	660.000
Orinales ecológicos.	360.000	6.480.000
Sanitarios de bajo consumo.	495.000	9.900.000
Lavamanos con sensor.	204.000	7.140.000
Duchas eficientes.	64.900	1.038.400
Pistolas para manguera de riego.	17.900	268.500
Total		
	6.058.200	76.936.600

*El tiempo de ejecución puede ser C: Corto plazo (menor o igual a seis meses), M: Mediano plazo (mayor a seis meses) o L: Largo plazo (mayor o igual a un año)

Fuente: Elaboración propia con base en (Alvarado, 2017)

Tabla 44

Proyecto 4. Reducción de pérdidas de agua en fábrica

Título del proyecto: Reducción de pérdidas de agua en la fábrica de un ingenio azucarero, ubicado en el departamento del Cauca.
Objetivo: Optimizar y reducir el consumo de agua en la fábrica del ingenio objeto de estudio por medio de la evaluación de los factores que inciden en la generación de pérdidas hídricas mediante el

proceso de fabricación de azúcar, permitiendo plantear propuestas que conlleven a la reducción de dichas pérdidas en el ingenio objeto de estudio.

Meta:

Este proyecto busca establecer un mecanismo de reducción de pérdidas de agua en la fábrica del ingenio objeto de estudio, ya que si se desea obtener una reducción de consumo hídrico se hace necesario el plantear alternativas que consigan la reducción de consumo de agua en fábrica, en pro de hacer frente a estas pérdidas, mediante planes y programas de reducción, los cuales permitirán que al cabo de un año se logre la reducción del 20% del consumo de agua en la fábrica del ingenio objeto de estudio.

Para lograr esta meta, se tendrán actividades complementarias como son la instalación de reductores de consumo de agua cuya meta será del 80% de lo requerido durante el primer año. En el caso de las fugas, se propone establecer un reporte por parte de los operarios y la meta inicial será que se resuelva por lo menos el 80% en un plazo no superior a un día.

Tipo de medida a aplicar: Preventiva Correctiva

Descripción de la problemática:

Reducir las pérdidas de agua, ocasionadas por el uso en exceso o indebido del recurso hídrico, es una labor crucial a la que se enfrenta hoy en día el ingenio objeto de estudio y las industrias en general, por tal razón se hace fundamental contar con herramientas que permitan facilitar la toma de decisiones pertinentes en ciertos puntos ya identificados en el lugar de estudio, donde se encuentra un mayor consumo hídrico y donde se busca reducir las pérdidas existentes de agua, de tal manera, que se pueda asegurar el recurso hídrico utilizado en el proceso y que a su vez se genere un máximo control en las operaciones que requieren de este.

Con este proyecto se busca corregir aquellos factores que están generando un mayor consumo hídrico en la fábrica del ingenio objeto de estudio. Durante unos periodos de tiempo se realizaron una serie de recorridos en el lugar de estudio, los cuales permitieron caracterizar e identificar diferentes puntos críticos en donde hay presencia de desperdicio de agua y consumo innecesaria de la misma, permitiendo así, generar unas actividades para hacerle frente a la necesidad de reducción de consumo hídrico en fábrica, es importante mencionar que el ingenio objeto de estudio se encuentra presto a los cambios pero sigue operando de la misma manera año tras año, ya que en el momento no cuenta con proyectos interesados en este tema en específico, teniendo en cuenta esta situación, se propone como herramienta estratégica la reducción de pérdidas dentro de ingenio objeto de estudio con el fin de abarcarla los puntos críticos de consumo hídrico a través de las actividades que se mencionarán en este mismo documento y lograr un aporte significativo para reducir el consumo de agua en fábrica.

Descripción de las acciones de mejora:

Para mitigar la problemática de este proyecto, se propone buscar apoyo a través de actividades que permitan disminuir el consumo hídrico en fábrica; para ello es necesario tener control por parte de los supervisores de cada área, los cuales estarán encargados de hacerle frente a las alternativas y asegurar que dichas actividades, cambios o correcciones se lleven a cabo, también se hace fundamenta la corrección de fugas ya que su presencia en la fábrica es excesiva.

Actividades de implementación:	Tiempo de ejecución*		
	C	M	L
Establecer reporte de fugas por parte de los operarios en fábrica a través de un mecanismo rápido de comunicación como puede ser una llamada o acceder mediante un código QR para hacer el reporte.	X		
Implementar mangueras ahorradoras, pistolas y reductores de consumo de agua.			X
Corregir fugas sistema aspersion de agua		X	
Disminuir el uso de agua cruda en la humectación de cenizas.		X	
Cerrar circuitos de torre de enfriamiento molinos.	X		
Corregir fugas de material azucarado, agua cruda y potable por tuberías rotas			X
Corregir fugas de agua cruda dentro de la fábrica.		X	
Instalación de sistemas ahorradores de agua.			X
Tiempo de ejecución: 1 año			
Indicadores			
Nombre	Fórmula de cálculo o información necesaria		
Porcentaje de resolución de reportes de fugas en un tiempo máximo de un día.	$\frac{\text{Reportes de fugas resueltas en el tiempo máximo previsto}}{\text{Total de reporte de fugas recibido}} \times 100$		
Porcentaje de instalación, reductores de consumo de agua	$\frac{\text{Reductores de consumo de agua instalados y en funcionamiento}}{\text{Total de reductores de consumo de agua necesarios}} \times 100$		

Porcentaje de consumo de agua reducido al cabo de un año	$\left[1 - \frac{\text{metros cúbicos de agua consumidos después de la implementación}}{\text{metros cúbicos de agua consumidos antes de la implementación}}\right] \times 100$	
Detalle de costos		
Descripción	Valor unitario \$	Valor total \$
Supervisor de obras civiles (trabajador interno, este tipo de obras, tiene destinado una durabilidad de seis meses)	3.500.000	21.000.000
Albañiles (4 trabajadores internos, este tipo de obras, tiene destinado una durabilidad de seis meses)	4.640.000	27.840.000
Mangueras ahorradoras	289.900	1.449.500
Tubería 1x6m	31.900	95.700
Tubería 2x3m	8.350	25.050
Tubería 3x6m	280.900	561.800
Tuberías 4x3m	11.900	35.700
Total		
	\$8.762.950	\$51.007.750

*El tiempo de ejecución puede ser C: Corto plazo (menor o igual a seis meses), M: Mediano plazo (mayor a seis meses) o L: Largo plazo (mayor o igual a un año)

Fuente: Elaboración propia con base en (Alvarado, 2017)

Tabla 45

Proyecto 5. Aprovechamiento de residuos orgánicos en el patio de caña

Título del proyecto: Aprovechamiento de residuos orgánicos producidos en el patio de caña de un ingenio azucarero ubicado en Guachené departamento del cauca.
Objetivo:

Proponer un método eficiente para el aprovechamiento y valorización de los residuos orgánicos generados en el patio de caña del ingenio objeto de estudio, que permita dar un uso eficiente de estos residuos orgánicos, por medio de la generación de energía mediante la cogeneración.

Meta:

Aprovechar los residuos orgánicos generados en el patio de caña del ingenio objeto de estudio como combustible en calderas, disminuyendo un aspecto ambiental que existente desde hace mucho tiempo en el ingenio, es importante mejorar las condiciones ambientales del área de estudio (patio de caña), generando un mejor bienestar laboral y mejorando las condiciones operativas al eliminar la presencia de residuos orgánicos en patio de caña. Por otro lado, se hace importante la disminución significativa de la presencia de plagas asociadas a estos residuos orgánicos y la mejora operacional en el proceso de transporte interno de materia de prima dentro del ingenio objeto de estudio.

La meta es reducir en un 70% la generación de residuos orgánicos en el patio de caña del ingenio objeto de estudio.

Tipo de medida a aplicar: Preventiva Correctiva

Descripción de la problemática:

El transporte de la caña se realiza por medio de trenes cañeros, los cuales ingresan al ingenio objeto de estudio hasta llegar al patio de caña, donde la materia prima es dispuesta en las mesas de lavado para comenzar el proceso de fabricación del azúcar, a través del transporte y al realizar el volteo de los vagones en las mesas de lavado, se genera un residuo orgánico de caña, que es la materia prima que cae al suelo y no puede ser parte del proceso nuevamente por temas de calidad e inocuidad, esta materia prima catalogada como residuo orgánico es recogida y acumulada, sin recibir ningún aprovechamiento o tratamiento, por lo que se traduce en un problema ambiental para el ingenio objeto de estudio, el cual debe ser abordado, mejorado y solucionado, debido a las implicaciones negativas que este trae consigo, las cuales son: generación de olores ofensivos por la descomposición de la caña, pérdida de materia prima, suspensión operacional por lapsos de tiempo, pérdidas económicas, refugio y atrayente de plagas.

La opción más viable es el aprovechamiento de este residuo en la producción de energía mediante la cogeneración, el cual es el proceso por el cual se produce energía renovable, en este caso utilizando biomasa vegetal proveniente de la caña de azúcar, que es utilizada para alimentar las calderas y producir vapor, este proyecto contribuirá en la disminución de la carga al medio ambiente mediante la disminución de los residuos orgánicos desaprovechados, además de darle un valor a estos residuos para el ingenio objeto de estudio.

Descripción de las acciones de mejora:

De acuerdo con la problemática anterior y con el fin de mejorar las condiciones ambientales, operacionales y valorizar los residuos orgánicos, se propone la alternativa sustentable que va

direccionada hacia la cogeneración de energía a partir de la biomasa de la caña de azúcar, esta metodología ayudara a reducir el consumo de combustibles de origen fósil generando procesos más eficientes, produciendo energía a base de productos renovables, la idea es triturar los residuos orgánicos y llevarlos a la caldera número 6 , para que ahí sean quemados, aprovechando estos residuos en la producción de vapor, que será conducido a una turbina donde se expandieran y darán lugar a la producción de energía.

Actividades de implementación:		Tiempo de ejecución*		
		C	M	L
Caracterización y ubicación exacta del lugar donde se realizará la recolección y picado de los residuos orgánicos, esta labor se realizará de forma mecánica por parte de los supernumerarios seleccionados para llevar a cabo este trabajo.			X	
Limpieza diaria del patio de caña por parte del cargador, evitando la suspensión de operaciones y aglomeración de residuos en la vía y entrada a las mesas de lavado de caña.				X
Elaboración de cronograma de actividades, con referencia al tiempo en el que se triturarán los residuos y se conducirán a las calderas.				X
Delegar actividades, trabajadores y transporte a cargo de las actividades anteriormente mencionadas				X
Tiempo de ejecución: 1 año				
Indicadores				
Porcentaje de residuos orgánicos reducido en el patio de caña	$\left[1 - \frac{\text{kg de residuos orgánicos generados después de la implementación}}{\text{kg de residuos orgánicos generados antes de la implementación}} \right] \times 100$			
Detalle de costos				
Descripción	Valor unitario \$	Valor total \$		
Supernumerario (2 trabajadores internos encargado de picar los residuos orgánicos)	2.320.000	27.840.000		
Máquina de picado con motor	5.650.000	5.650.000		
Señalización	135.000	135.000		
Total				
	\$8.105.000	\$33.625.000		

*El tiempo de ejecución puede ser C: Corto plazo (menor o igual a seis meses), M: Mediano plazo (mayor a seis meses) o L: Largo plazo (mayor o igual a un año)

Fuente: Elaboración propia con base en (Alvarado, 2017)

Fase 4: Estrategias de seguimiento y evaluación tras la implementación del programa de producción más limpia

Finalmente, para verificar el cumplimiento de actividades hacia la implementación del programa de producción más limpia, se realizó un plan de seguimiento con base a los indicadores y las metas, conectando los resultados obtenidos para así lograr identificar si se está cumpliendo con lo planteado o si se requiere la realización de ajuste para seguir avanzando en el mejoramiento, a continuación se presenta una tabla que contiene actividades, cronograma e indicadores, con el fin de caracterizar y llevar a la realidad cada una de las actividades propuestas, para así identificar el tiempo que tardara su cumplimiento, es importante mencionar que algunas actividades requieren de una inversión económica y por ende su plazo de ejecución es más extenso.

Tabla 46

Análisis y evaluación tras la implementación del programa de PML

ACTIVIDAD	CRONOGRAMA (MES)												INDICADOR	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
El alcance de la capacitación debe incluir el 80% del personal en fábrica.	x	x					x	x						$\frac{\text{Número de personas de operación y mantenimiento capacitadas}}{\text{Número total de personas de operación y mantenimiento}} \times 100$
Divulgar información sobre ahorro y conservación del agua en el 100% de las carteleras del ingenio objeto de estudio	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	$\frac{\text{Número de carteleras con material divulgativo sobre ahorro y conservación del agua}}{\text{Número total de carteleras existentes en la empresa}} \times 100$

Capacitar al 100% de los supervisores	X	X						X	X									$\frac{\text{Número de supervisores capacitados}}{\text{Número total de supervisores}} \times 100$
Recibir el 100% de las encuestas enviadas a los trabajadores		X							X									$\frac{\text{Número de encuestas recibidas}}{\text{Número total de encuestas enviadas}} \times 100$
Realizar 2 paradas de mantenimiento en el año	X	X						X	X									<i>Número de paradas por mantenimiento al año</i>
Durabilidad de las paradas	X	X						X	X									Número de días parados en el año
Adquirir 7 hidro lavadoras de bajo consumo	X	X	X	X	X	X												Número de hidrolavadoras adquiridas
Revisar y ajustar las conexiones de tubería 2 veces al año	X	X						X	X									Número de revisiones por año
Instalar inicialmente el 70% de equipos sanitarios ahorradores de agua	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					$\frac{\text{Número de equipos sanitarios instalados}}{\text{Número total de equipos sanitarios en la empresa}} \times 100$
Realizar en un 100% el montaje de tuberías para el lavado de báscula y tanques de jugo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					$\frac{\text{Metros de tubería instalada}}{\text{Metros de tubería necesaria para lavado de báscula y tanques de jugo}} \times 100$
Adquirir 15 pistolas de agua para mangueras de riego	X	X	X	X														Número de pistolas de agua adquiridas
Reportar por lo menos el 80% de las fugas resueltas por los operarios, en un plazo no superior a un día.	X	X	X	X	X	X												$\frac{\text{Reportes de fugas resueltas en el tiempo máximo previsto}}{\text{Total de reporte de fugas recibido}} \times 100$
Instalar el 80% de reductores de consumo de agua	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					$\frac{\text{Reductores de consumo de agua instalados y en funcionamiento}}{\text{Total de reductores de consumo de agua necesarios}} \times 100$

Reducir el 20% de consumo ménsula de agua en fábrica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	$\left[1 - \frac{\text{metros cúbicos de agua consumidos después de la implementación}}{\text{metros cúbicos de agua consumidos antes de la implementación}} \right] \times 100$	
Reducir en un 70% la generación de residuos orgánicos en el patio de caña	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	$\left[1 - \frac{\text{kg de residuos orgánicos generados después de la implementación}}{\text{kg de residuos orgánicos generados antes de la implementación}} \right] \times 100$		

Fuente: Elaboración propia

El seguimiento y evaluación del proyecto tiene como finalidad la vigilancia de todas las actividades de desarrollo, se determinó en compañía del comité de PML que el jefe de proyecto deberá estar pendiente de vigilar las actividades que se están desarrollando. Si por algún motivo se detecta una desviación o falencia en la implementación del proyecto, el comité apoyará al jefe del proyecto analizando las causas que están generando afectaciones, para lograr efectuar las correcciones, para ello se hace necesario contar con tareas precisas que generen soluciones a cualquier inconveniente que se pueda presentar a lo largo de la implementación del proyecto, la toma de decisiones o cambios con respecto al proyecto, serán planteadas y evaluada de acuerdo a lo presentado en la siguiente tabla.

Tabla 47

Documentación de actividades de seguimiento y evaluación

Tareas	Productos	Participantes
Generación de cambios en el proyecto	-Formulario -Nombre de la actividad.	- Jefe del proyecto

	-Descripción de la actividad.	
Comunicación, seguimiento, análisis, propuestas, registros y aprobación de los cambios que se pretendan generar.	<ul style="list-style-type: none"> -Informar al equipo de proyecto, todo lo relacionado a él. -Elaborar fichas de seguimiento. -Analizar los impactos sobre las actividades. -Proponer soluciones en equipo. -Contar con un registro en cada reunión o encuentro. -Someter las nuevas ideas a votación. -Generar un acta de aceptación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Jefe del proyecto -Equipo del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48

Contribución al ODS 12

Se hace análisis de la contribución de este trabajo hace al ODS 12 de forma indirecta. Se relacionan las metas, los indicadores adaptados y su cálculo.

Meta	Indicador propuesto	Cálculo del indicador ó valor que lo representa
12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales	Porcentaje de consumo de agua reducido al cabo de un año	$\left[1 - \frac{\text{metros cúbicos de agua consumidos después de la implementación}}{\text{metros cúbicos de agua consumidos antes de la implementación}} \right] \times 100$
12.5 De aquí a 2030, reducir la generación de desechos mediante actividades de	Porcentaje de residuos orgánicos reducido en el patio de caña	$\left[1 - \frac{\text{kg de residuos orgánicos generados después de la implementación}}{\text{kg de residuos orgánicos generados antes de la implementación}} \right] \times 100$

prevención, reducción, reciclado y reutilización		
12.6 Alentar a las empresas a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes	Publicación anual del informe de resultados de prácticas sostenibles de la empresa.	Número de informes publicados por año
12.8 De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza	Capacitación anual a todos los colaboradores en prácticas de desarrollo sostenible que se realizan desde la empresa	Número de capacitaciones anuales a los colaboradores en prácticas de desarrollo sostenible Porcentaje de colaboradores que asisten a dos capacitaciones en el año

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de los indicadores propuestos con respecto a las metas del ODS 12, serán objeto de revisión y acciones de mejora después de cada evaluación según el cronograma propuesto como se muestra en la tabla adjunta.

Tabla 49

Evaluación de indicadores propuestos con respecto a las metas del ODS12

Indicador propuesto	CRONOGRAMA (MES)												Cálculo del indicador ó valor que lo representa	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Porcentaje de consumo de agua reducido al cabo de un año	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x		$\left[1 - \frac{\text{metros cúbicos de agua consumidos después de la implementación}}{\text{metros cúbicos de agua consumidos antes de la implementación}}\right] \times 100$
Porcentaje de residuos orgánicos reducido en el patio de caña	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x		$\left[1 - \frac{\text{kg de residuos orgánicos generados después de la implementación}}{\text{kg de residuos orgánicos generados antes de la implementación}}\right] \times 100$
Publicación anual del informe de resultados de prácticas sostenibles de la empresa	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x		Número de informes publicados por año
Capacitación anual a todos los colaboradores en prácticas de desarrollo sostenible que se realizan desde la empresa	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x		Número de capacitaciones anuales a los colaboradores en prácticas de desarrollo sostenible Porcentaje de colaboradores que asisten a dos capacitaciones en el año.

Fuente: Elaboración propia

Discusiones

En cuanto a la consolidación del comité de PML, se obtuvo como resultado la conformación de un equipo de trabajo, con todas las características necesarias para abordar los temas ambientales tratado en este proyecto y con las capacidades suficientes de tomar decisiones con respecto a las problemáticas ambientales existentes hoy en día en la fábrica del ingenio objeto de estudio, según lo recomendado por (Alvarado, 2017) en el documento titulado “*Guía de producción más limpia*”, los integrantes de este equipo de comité tienen muy claro sus roles y la responsabilidad que estos traen consigo, estas personas fueron seleccionadas de acuerdo a sus capacidades, compromiso y

experiencia, en este punto fue indispensable el desarrollo de reuniones que permitieron formar el comité de PML de manera exitosa, contando con profesionales comprometidos y con una serie de características fundamentales, para llevar a cabo esta labor.

Este comité determinó el punto de partida en la creación del programa de PML, teniendo como objetivo principal la creación de instrumentos y condiciones necesarias para el desarrollo de este programa, como lo indica (Cardosa, 2019), para lo cual se contó con el apoyo gerencial del ingenio objeto de estudio, tema indispensable para el éxito del programa.

La elaboración del diagnóstico ambiental dio como resultado la identificación de los procesos que se llevan a cabo en fábrica, también fue posible la determinación de fortalezas y oportunidades existentes en el áreas de estudio y el reconocimiento de los posibles obstáculos que podrían impedir el éxito del programa de PML, para ello fue necesario realizar recorridos constantes durante toda el área de estudio, donde se visitó cada fase del proceso llevado a cabo en fábrica y el patio de caña, recolectando información, documentando y realizando registros fotográficos, lo cual permitió la creación de bases de datos de consumo hídrico, donde se encontró que el ingenio objeto de estudio no contaba con esta información digital, sino que los datos eran tomados y archivados en carpetas, también se pudo determinar que no se contaba con un diagrama de flujo del proceso que permitiera identificar los puntos de consumo hídrico en fábrica, por lo cual se hizo indispensable realizar este diagrama de flujo aprovechando la información obtenida en los recorridos, el registro fotográfico y la experiencia de los integrantes del comité de PML.

Para la identificación de las alternativas de producción más limpia, se consideraron “*dos ingenios azucareros*” los cuales, presentaban características similares al ingenio objeto de estudio e interés en la producción más limpia, cabe recalcar que no se expresan los nombres propios de estos ingenios y del ingenio objeto de estudio porque las políticas de las empresas no lo permiten.

En esta etapa fue necesario que el comité de PML se reuniera y expresara una serie de alternativas que fueron estudiadas y elegidas a votación por los miembros del comité, para ser consideradas en el programa de PML, también fueron consideradas algunas alternativas utilizadas en los dos ingenios azucareros anteriormente mencionados, donde a la hora de realizar la toma de decisiones y compararlas con el área de estudio del ingenio objeto de estudio se determinó que algunas alternativas no podían ser tenidas en cuenta para desarrollarlas en el ingenio objeto de estudio, ya que no funcionarían con éxito por diferentes factores.

A partir del desarrollo de la fase anterior se pudo establecer una serie de proyectos para implementar las alternativas seleccionadas, según unos criterios definidos por el comité de PML, para lo cual finalmente se generaron unas estrategias de seguimiento y evaluación tras la implementación del programa de PML, teniendo en cuenta actividades, cronograma e indicadores, para lograr un control integral del programa de este programa.

Conclusiones

- La elaboración de este programa de PML, permitió identificar aquellos factores de riesgo ambiental dentro de la fábrica del ingenio objeto de estudio, desarrollando acciones que permitieran mitigar cada uno de estos hechos, en relación con las afectaciones del medio ambiente; generando de esta manera, conciencia ambiental en los empleados y mejorando el desarrollo del proceso industrial encaminándolo a la producción y consumo responsable.
- La consolidación del comité de PML sirvió para encarar aquellos problemas existentes en la fábrica del ingenio objeto de estudios e intentar solucionarlos, aprovechando la capacidad de toma de decisiones y la experiencia de cada uno de los integrantes de comité, teniendo en cuenta la antigüedad de cada uno de ellos y los problemas ambientales a nivel de consumo hídrico y producción de residuos orgánicos en patio de caña, identificados por el comité, logrando así la identificación de alternativas pertinentes.
- Se realizó un diagnóstico ambiental pertinente, que logro la determinación de alternativas de implementación en base a las políticas de PML, lo que permitió la obtención de valores reales de consumo hídrico en fábrica y producción de residuos orgánicos en patio de caña y la creación de un diagrama de flujo real de la fábrica del ingenio objeto de estudio, logrando de esta manera conocer el comportamiento de la fábrica, con relación a su consumo hídrico y producción de residuos orgánicos.
- La identificación de alternativas por parte del comité y en base a otros ingenios, dio pie a la creación de proyectos ambientales en el ingenio, los cuales fueron: educación ambiental, planificación y organización de paradas de mantenimiento, implementación de tecnologías de bajo consumo, reducción de pérdidas de agua y aprovechamiento de residuos orgánicos.
- Con referencia al seguimiento y evaluación del programa de PML, se propuso un control mediante la documentación de actividades, tareas establecidas, productos y técnicas a emplear, por parte de los responsables que en este caso se llamaron participantes, relacionando las metas e indicadores que tienen que ver con el mejoramiento, proyectando siempre el pensamiento en propuestas con beneficio

ambiental, social, económico y organizacional, que impulsaran el atractivo e interés por otras industrias en la implementación de estos programas.

Recomendaciones

Es importante que el ingenio objeto de estudio implemente todas las estrategias planteadas en este programa de PML, ya que la producción de azúcar trae consigo impactos negativos con respecto al medio ambiente, la ejecución de este proyecto influirá en el desarrollo de una imagen empresarial innovadora y comprometida ambientalmente hablando.

Es indispensable que las empresas lleven a cabo sus procesos en torno al desarrollo sostenible y el cuidado del medio ambiente, se hace fundamental el buen uso de los recursos naturales, sin desmejorar las funciones y procesos a nivel productivo, buscando así un desarrollo eficiente que no afectar de manera irremediable los recursos naturales disponibles, considerando que muchos de estos no son renovables.

Con relación a las empresas que desarrollan actividades encaminadas al procesamiento industrial, es importante que cumplan con todos los requerimientos a nivel no solo de inocuidad e higiene, sino que, de la misma manera, tengan en cuenta los niveles de contaminación que generan cada uno de sus procesos, y que además de identificarlos cuenten con planes de acción que mitiguen cada una de estas acciones y consecuencias en el entorno.

Es de gran importancia tener en cuenta las características de la empresa donde se pretende llevar a cabo un programa de PML y los problemas ambientales existentes, ya que de esto dependerá las alternativas a emplear, para así dar solución a los diferentes problemas ambientales con los que cuenta el lugar de estudio.

Se recomienda contar con toda la información pertinente con referencia al lugar de estudio, preferiblemente en base de datos u hojas de Excel, que permitan un control y un trabajo real para

solucionar los problemas existentes, no se puede trabajar cuando no se tiene información real y actualizada, también es importante saber el comportamiento industrial a través del tiempo.

Es importante fomentar la educación ambiental en los trabajadores, ya que de ellos depende en gran parte el éxito de los proyectos, se recomienda la implementación de actividades que despiertan el sentido de pertenencia y compromiso ambiental de cada ser humano con el planeta tierra, estas actividades pueden ser: la implementación de artículos ambientales en la revista oficial del ingenio objeto de estudio, conocer el calendario ambiental y celebrar sus fechas importantes, entre otros.

La implementación de políticas ambientales permite a las empresas mantener un equilibrio en torno a cada una sus acciones y procesos, con el fin de que, las afectaciones al medio ambiente sean mínimas y, por lo tanto, sus acciones beneficien a la población más no la afecten en relación con el deterioro de los recursos naturales, es indispensable contar con un departamento ambiental en todas las industrias, que generen proyectos en pro del medio ambiente.

Referencias Bibliografía

- Alvarado, L. S. (2017). *Guía de Producción más limpia*. Obtenido de https://www.academia.edu/28190801/GUIA_FORESTAL
- Arango, (2019). *Producción más limpia en Colombia*. Obtenido de <http://koha.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4450464>
- Asocaña. (2022). *Sector agroindustrial de la caña*. Obtenido de <https://www.asocana.org/>
- Asocaña. (2023). Obtenido de <https://www.asocana.org/modules/documentos/5528.aspx>
- Banco mundial. (2020). *Colombia: rica en agua pero con sed de inversiones*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2020/09/02/colombia-water-security#:~:text=Aunque%20es%20uno%20de%20los,durante%20las%20%C3%BAltimas%20dos%20d%C3%A9cadas>.
- Bernal Andrea, b. C. (2016). *Cleaner Production: A review of general*. Obtenido de <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/download/219/274/663>
- Bernal Andres, B. C. (2016). *Cleaner Production: A review of general*. Obtenido de <file:///C:/ojsub,+Produccio%CC%81n+Ma%CC%81s+Limpia-+una+revisio%CC%81n+de+aspectos+generales.pdf>
- Buitrago, M., Santacoloma S., Villegas, L. (2020). *Sostenibilidad ambiental: Producción, consumo y posconsumo*. Obtenido de <https://repositorio.uceva.edu.co/handle/20.500.12993/816>
- Caña, S. A. (2020). *Informe de sostenibilidad*. Obtenido de <https://www.asocana.org/documentos/2972020-1255B6DD-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D,A3C4B5.pdf>
- Cardosa. (2019). *¿cómo implementar la producción más limpia (P+L)?* Obtenido de <https://susty.org/language/es/como-implementar-una-produccion-mas-limpia-pl-en-su-empresa/>
- Carmona Eva, M. A. (2019). *La estrategia ambiental: Definición y tipología*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2774945.pdf>
- Cenicaña. (2016). *Agua: acciones y retos para un uso eficiente* . Obtenido de <https://www.cenicana.org/agua-acciones-y-retos-para-un-uso-eficiente/>

- cenicaña, S. a. (2020). *Ubicación geográfica Ingenio objeto de estudio*. Obtenido de <https://www.asocana.org/publico/ingenios/Ubicacion.aspx?Cid=101&CRid=115>
- Centro nacional de producción más limpia. (2009). *Guía técnica general de producción más limpia*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/283298458_Guia_Tecnica_General_de_Produccion_Mas_Limpia
- Ciguenza, N. (2017). *La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/cuatro-de-cada-10-litros-de-agua-potable-se-malgastan-en-colombia-2530612>
- Cillero. (2023). *Actividades de seguimiento y control*. Obtenido de <https://manuel.cillero.es/doc/metodologia/metrica-3/interfaces/gestion-de-proyectos/gps/>
- Colciencias. (2019). *Manual de gestión ambiental*.
- Corpopalo. (2020). *Subcuenca río Palo*. Obtenido de <https://www.corpopalo.com/la-subcuenca/>
- Cortes. (2021). *Propuesta de Producción Más Limpia para la empresa industria, comercio y servicio (incoser) S.C.C. en Manta Ecuador*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fcfd4fe-db08-4c79-884f-c839be19e8b9/content>
- Díaz Paola, H. N. (2019). *Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/esju/v11n1/v11n1a5.pdf>
- Fernández. (2020). *Consumo de agua en la industria azucarera*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos16/industria-azucarera/industria-azucarera>
- Fernández. (2020). *La problemática del consumo de agua en la industria azucarera*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos16/industria-azucarera/industria-azucarera>
- Garrette, C. (2019). *Acuerdos ambientales y producción más limpia*. Obtenido de file:///C:/Users/JURANI/Downloads/CP_MEA_and_Cleaner_Production_SP.pdf
- Gual, D. (2018). *La contaminación ambiental, un tema de compromiso social*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v10n1/v10n1a01.pdf>
- Herrero, F. (2022). *Agua y cuidado en países subdesarrollados*. Obtenido de https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/13S3-P3-Alberto_FraguasACC.pdf
- Honduras, C. n. (2009). *Guía de producción más limpia para el procesamiento de la caña*. Obtenido de

https://www.academia.edu/10772309/Gu%C3%ADa_de_PRODUCCI%C3%93N_M%C3%81S_LIMPIA

Huerta, G. (2019). *Estrategias de gestión ambiental: una perspectiva de las organizaciones modernas*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5114810.pdf>

IDEAM. (2013). *Demanda y uso del agua*.

Lavañino, D. (2022). *Estrategias de gestión ambiental*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1815/181572159005/html/#:~:text=Las%20estrategias%20ambientales%20son%20actividades,todos%20los%20medios%20la%20contaminaci%C3%B3n>.

MINAMBIENTE. (2016). *Producción y consumo sostenible*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/produccion-y-consumo-sostenible/>

Muñoz. (2019). *Formulación del programa de producción más limpia en la universidad libre - sede Candelaria*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11174>

Naciones Unidas, D. h. (2019). *El derecho al agua*. Obtenido de <https://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>

Nations, U. (2021). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

OCDE-FAO. (2022). *Perspectivas agrícolas 2022-2023*. Obtenido de <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/99f4c779-es/index.html?itemId=/content/component/99f4c779-es>

OCDE-FAO. (2023). *Perspectivas agrícolas 2021-2030*. Obtenido de <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/3463d2a1-es/index.html?itemId=/content/component/3463d2a1-es#section-d1e24632>

ONU. (2019). *Apoyar el desarrollo sostenible y la acción climática*. Obtenido de <https://www.un.org/es/our-work/support-sustainable-development-and-climate-action>

ONU. (2020). Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>

ONU. (2021). *Objetivo 12 - Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

ONUDI. (2018). *Introducción a la producción más limpia*. Obtenido de https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf

- Palacios. (2020). *Estrategias pedagógicas y ambientales para minimizar la contaminación del río Palo en la comunidad de Puerto Tejada Cauca*. Obtenido de <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/3835>
- Paz, V. (2018). *Prevención, minimización y control de la contaminación ambiental en un ingenio azucarero de México*. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-ingenieria-investigacion-tecnologia-104-articulo-prevencion-minimizacion-control-contaminacion-ambiental-S1405774314706535>
- Peinado, M. G. (2020). *Las huellas de la contradicción entre desarrollo y ambiente. un análisis del metabolismo socioeconómico en América del Sur a través de sus huellas ecológicas e hídricas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/2433/243362830003/html/>
- Peña. (2017). *Residuos orgánicos de la agroindustria azucarera: retos y oportunidades*. Obtenido de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/56>
- Peñaranda, M. G. (2017). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia*. Obtenido de <file:///C:/Users/JURANI/Downloads/Dialnet-AprovechamientoDeResiduosAgroindustrialesEnColombi-6285350.pdf>
- Pinzón, A. (2012). *Contaminación del agua*. Obtenido de https://aguas.igme.es/igme/educacion_ambiental/guia_didactica/pdf/in_03.pdf
- Procaña. (2020). *Asociación Colombiana de productores y proveedores de caña de azúcar*. Obtenido de <https://procana.org/site/>
- Production, R. a. (2020). *Producción más limpia*. Obtenido de <http://www.cprac.org/es/sostenible/produccion/mas-limpia>
- Ramoz, A. (2017). *Acciones de producción más limpia para implementar en la industria azucarera cubana*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894010.pdf>
- Ramoz. (2021). *Cultivo de caña de azúcar*. Obtenido de https://www.cenicana.org/pdf_privado/informe_anual/ia_2021/ia2021.pdf
- Ranaprathap & Venkata. (2022). *Multi-product biorefinery with sugarcane bagasse: Process development for nanocellulose, lignin and biohydrogen production and lifecycle analysis*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137233>

- Rojas. (2020). *Producción más limpia*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835815>
- Ruiz, P. (2017). *La contaminación ambiental, antecedentes, actividades y noticias*. Obtenido de https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro_la_contaminacion_ambiental.pdf
- Salabarría, V. (2019). *Metodología de producción más limpia en la industria azucarera*. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/es/revista/centro-azucar/articulo/metodologia-de-produccion-mas-limpia-en-la-industria-azucarera>
- Salazar, P. R. (2021). *Uso racional del agua en la industria azucarera*. Obtenido de <https://www.avance.eeaoc.gob.ar/?articulo=el-agua-que-somos>
- Sandoval. (2019). *Producción más limpia*. Obtenido de [C:/Users/JURANI/Downloads/ojsub,+Producción+Más+Limpia-+una+revisión+de+aspectos+generales%20\(9\).pdf](C:/Users/JURANI/Downloads/ojsub,+Producción+Más+Limpia-+una+revisión+de+aspectos+generales%20(9).pdf)
- Sela, G. (2023). *¿Por qué debemos cuidar el agua?* Obtenido de [https://www.maizsoya.com/lector.php?id=20200870%20\(Peinado%20Guillermo,%20Mora%20Ain,%20Ganem%20Javier,%20Ferrari%20Bruno,%202020\)%20https://www.redalyc.org/journal/2433/243362830003/html/](https://www.maizsoya.com/lector.php?id=20200870%20(Peinado%20Guillermo,%20Mora%20Ain,%20Ganem%20Javier,%20Ferrari%20Bruno,%202020)%20https://www.redalyc.org/journal/2433/243362830003/html/)
- Suarez. (2019). *Estrategias para la producción más limpia en el sector de Cacao y caña panelera en el Valle del Cauca bajo el marco del plan nacional de negocios verdes de Colombia*. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11611/T08904.pdf;jsessionid=E09479656FC837EB6FC5334A22D310C4?sequence=5>
- Suárez. (2019). *Estudio de generación de residuos de manejo especial para la elaboración del plan de manejo de residuos del ingenio azucarero Adolfo López Mateos OAXACA*. Obtenido de <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/456-Mexico-oral.pdf>
- UN GLOBAL COMPACT. (2020). *ODS 12 Producción y consumo responsable*. Obtenido de <https://www.pactomundial.org/ods/12-produccion-y-consumo-responsables/#:~:text=El%20ODS%2012%20pretende%20cambiar,disminuir%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20desechos>

- Velasco, G. H. (2017). *Residuos orgánicos de la agroindustria azucarera*. Obtenido de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/56/52/88>
- Yara. (2023). *Caña de azúcar*. Obtenido de <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/amarillamiento-de-hojas-vejas-en-cana-de-azucar-y-nutricion-vegetal/>
- Yara. (2023). *La producción mundial de caña de azúcar*. Obtenido de <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/la-produccion-mundial-de-cana-de-azucar/>
- Yara. (2023). *Nutrición vegetal, Caña de azúcar*. Obtenido de <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/la-produccion-mundial-de-cana-de-azucar/>

Apéndice

Apéndice A: Registro fotográfico, recorridos en fábrica del ingenio objeto de estudio.

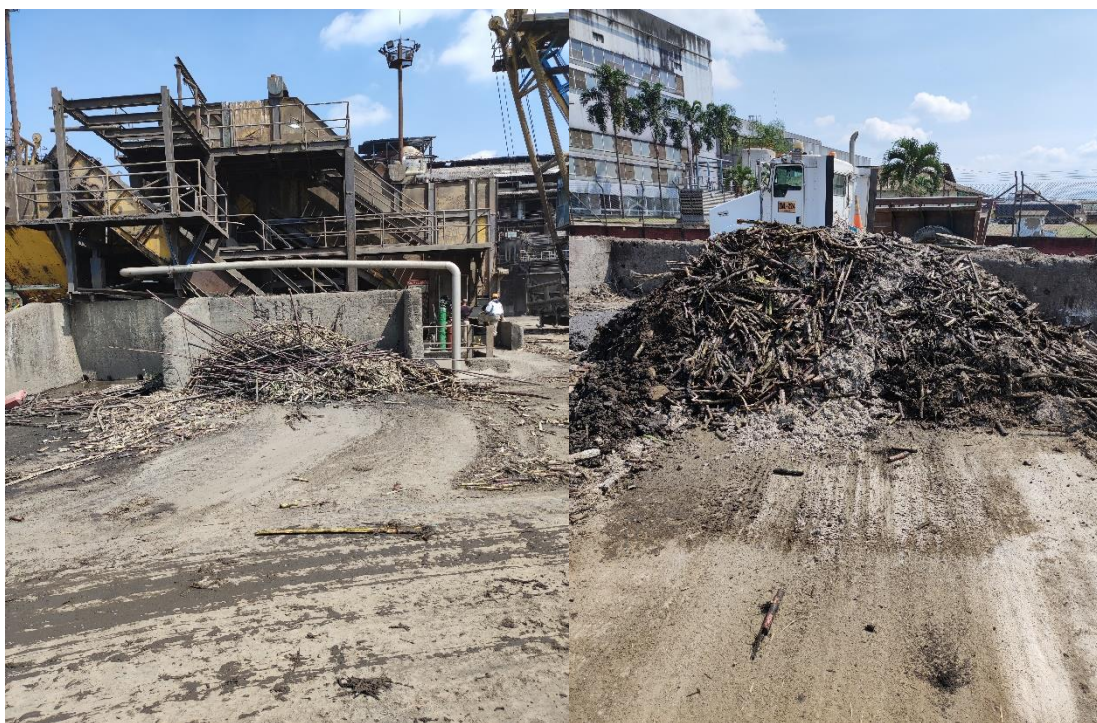


Fuente: propia



Fuente: propia

Apéndice B: Registro fotográfico, recorridos en patio de caña del ingenio objeto de estudio.



Fuente: propia