

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“DISEÑO DE MEJORA EN EL ÁREA DE
PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO PARA
REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE UNA
EMPRESA AGROINDUSTRIAL”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Marco Antonio Negreiros Castillo

Asesor:

Mg. Lic. Enrique Martin Avendaño Delgado

<https://orcid.org/0000-0003-4403-0044>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Miguel Enrique Alcalá Adrianzen	17904461
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ing. Oscar Alberto Goicochea Ramírez	18089007
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ing. Julio Cesar Cubas Rodríguez	17864776
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

(Copie y pegue como imagen la hoja del reporte global)

“DISEÑO DE MEJORA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL”

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	2%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Este presente trabajo de investigación va dedicado a mi madre Leonila Castillo Acevedo, por todo el apoyo que me brindo los 5 años de mi carrera profesional, pues sin ella no lo habría logrado. Su bendición a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino profesional, a
todos los profesores que me transmitieron sus conocimientos
a lo largo de mi formación académica.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. OBJETIVOS	18
1.4. HIPÓTESIS	19
1.5. VARIABLES	19
1.6. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	21
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	22
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	22
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	22
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	23
2.4. PROCEDIMIENTO	23
CAPÍTULO III: RESULTADOS	26
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de las variables	21
Tabla 2 Herramientas y métodos de recolección de datos.....	23
Tabla 3 Principales productos de la empresa agroindustrial	24
Tabla 4 Priorización de los problemas de una empresa agroindustrial	27
Tabla 5 Vizualización de indicadores.....	28
Tabla 6 Costeo de pérdidas por falta de capacitación.....	29
Tabla 7 Costeo de pérdidas por reprocesos	30
Tabla 8 Costeo de pérdidas por falta de supervisión de los procedimientos de selección en campo.....	30
Tabla 9 Costeo de pérdidas por paradas imprevistas en la cadena de montaje	31
Tabla 10 Costeo de pérdidas por falta de orden y limpieza.....	32
Tabla 11 Costeo de pérdidas por planificación y gestión inadecuadas en la producción.....	33
Tabla 12 Coste de existencias de inventarios	34
Tabla 13 Costeo pérdidas por ausencia de mantenimiento preventivo.....	35
Tabla 14 Reporte de simulación	49
Tabla 15 Costos de las entidades	50
Tabla 16 Inversión de herramientas de mejora en el área de mantenimiento.....	51
Tabla 17 Inversión de capacitaciones del área de mantenimiento.....	52
Tabla 18 Inversión de herramientas de mejora en el área de producción.....	52
Tabla 19 Inversión de las capacitaciones para el área de producción	53
Tabla 20 Inversión de las herramientas de mejora	53
Tabla 21 Flujo de caja proyectado a 12 meses	54
Tabla 22 Indicadores económicos	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso productivo de la elaboración de azúcar rubia de una empresa agroindustrial	25
Figura 2 Esquema de Ishikawa de la empresa agroindustrial.....	26
Figura 3 Gráfico de Pareto	27
Figura 4 Locaciones del área de producción de azúcar	42
Figura 5 Entidad del área de producción de azúcar.....	43
Figura 6 Creación de rutas para mantenimiento preventivo.....	44
Figura 7 Processing del área de producción	45
Figura 8 Llegadas de caña de azúcar a Trapiche	46
Figura 9 Mantenimiento preventivo del área de Trapiche.....	47
Figura 10 Recursos del mantenimiento preventivo	48
Figura 11 Pérdida monetaria actual y mejorada de las causas raíces	56
Figura 12 Pérdida actual vs mejorado	56

RESUMEN

Con el fin de reducir los gastos operativos de una empresa agroindustrial, el objetivo de este trabajo fue determinar el alcance del diseño de mejoras en el sector de la producción y el mantenimiento. Se recolectó datos de la empresa por medio del método de entrevista que se realizó al superintendente de producción y al jefe de mantenimiento y luego se realizó el diagnóstico inicial de la empresa. El Plan de Mantenimiento Preventivo, VSM, 5S y Plan de Formación en quemado y corte de la línea de producción fueron las herramientas de ingeniería industrial elegidas para mejorar las áreas esenciales de la empresa en caso de producción y mantenimiento. A partir de los datos de los procesos productivos, materiales y repuestos adquiridos en la creación de las herramientas sugeridas considerando el programa de mantenimiento preventivo, se procedió a la simulación de la propuesta de mejora utilizando los softwares ProModel y Excel. Finalmente, se dejó de tener paradas de planta imprevistas., disminuyendo en 2% la tasa de producción no alcanzada por el área de trapiche y en 5% la materia prima reprocessada por falta de capacitación; obteniendo una reducción total de S/ 385,354.51 de los costos operativos totales. Con un VAN de S/26,974.54 y un TIR de 9%, el plan de mejora es rentable.

PALABRAS CLAVES: Producción, Mantenimiento, Mejora, Simulación, Agroindustria.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Debido a la globalización, las empresas de todo el mundo están obligadas a cumplir las normas internacionales de calidad para poder competir a escala regional, nacional e internacional. Para satisfacer estos criterios, las empresas deben contar con una estrategia de mantenimiento eficaz para conservar sus equipos, recursos e instalaciones en las mejores condiciones de funcionamiento posibles (Olarte et al., 2010).

Con el fin de reducir el trabajo de mantenimiento, el tiempo de inactividad y los gastos, los esfuerzos en el campo del mantenimiento se centran en reducir el impacto de las averías de equipos e instalaciones (Oliva et al, 2010) y según Ortiz et al. (2013), para alcanzar este objetivo, la gestión del mantenimiento desempeña un papel fundamental, ya que son las acciones emprendidas por la dirección de una organización de mantenimiento para seguir una política determinada y se encarga de armonizar los activos fijos, minimizando el tiempo de inactividad y los costes asociados a ellos. El mantenimiento tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de los activos, a bajo coste, permitiendo que estos activos funcionen de manera eficiente y fiable dentro de un contexto operativo (Rodríguez et al, 2013). y para Castillo et al. (2015), aparte de utilizar otras herramientas técnicas de vanguardia como el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa, el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), el TPM y el RCM, la gestión del mantenimiento se refiere a todas las actividades diseñadas para mantener los edificios y equipos en las mejores condiciones posibles para un funcionamiento seguro, eficaz y económico (Rashuamán, 2019).

El coste de mantenimiento es lo que se gasta en arreglar el activo físico, que en determinadas empresas es un gasto o una inversión a largo plazo en la capacidad de producir (Vargas, 2018) y es importante tener en cuenta que una máquina, instalación, sector, planta o fábrica cara suele tener una mala gestión del mantenimiento. (Galar et al., 2014).

Un modelo de gestión del mantenimiento debe ser eficaz, eficiente y oportuno, lo que significa que debe estar en consonancia con los objetivos de la empresa y minimizar los costes indirectos de mantenimiento. También tiene que ser capaz de operar, producir y alcanzar los objetivos por la menor cantidad de dinero (minimizando los costes directos de mantenimiento), lo que a su vez dará lugar a actividades que mejoren los indicadores clave de rendimiento del proceso de mantenimiento, como la mantenibilidad y la fiabilidad (Viveros et al., 2013). La empresa que posee varios equipos también se beneficia económica y técnicamente de la presencia de un sistema de mantenimiento eficaz. (Rodríguez et al., 2013), además, la literatura actual se centra más en la prevención que en la corrección, y los costes de mantenimiento de los equipos suelen ser significativamente mayores en la fase correctiva que en la preventiva. (Primero et al, 2015). Según Bermúdez y Jiménez (2018), en su estudio tiene como objetivo disminuir los gastos operativos de la empresa ISMAGOIG S.A.C. a través de la aplicación de herramientas 5S, Kaizen, planes de capacitación, entre otros. concluyeron que la aplicación de estas alternativas es factible para solucionar los problemas encontrados recuperando su inversión en 2.25 años con un VAN de S/. 170,341.65 y TIR del 67%. Como se puede apreciar la gestión de mantenimiento tiene una estrecha relación con los costos en diversas empresas que tengas equipos, maquinas o unidades de transportes.

La empresa agroindustrial no dispone de un sistema aceptable de gestión del mantenimiento, de ahí que se justifique el presente estudio, donde se evidencia averías en las maquinarias de trapiche y clasificación debido a la exposición constante a la humedad, el polvo y la suciedad, así como el desgaste mecánico, provocando fallos en los componentes de las máquinas. También, las paradas de máquinas no programadas generan retrasos en la producción, aumentan los costos operativos y afecta la calidad del producto final.

En relación a la producción, la empresa agroindustrial tiene graves problemas como mermas desbordadas en la línea de producción debido específicamente a la falta de control de

calidad, así como la mala planificación adecuada. Asimismo, la generación de reprocesos en la producción de azúcar gracias a la falta de capacitación de los colaboradores en la línea de quemado y cortado es un problema importante en la empresa, ya que los trabajadores al no seguir los procedimientos correctos, generan reprocesos, y estos a las veces son costos en términos de tiempo y materiales.

Otro problema encontrado fue las demoras por desplazamiento ya que la empresa tiene dificultades para mover los productos, maquinarias y materiales a lo largo del proceso de producción de manera eficiente y efectiva esto se da por una falta de organización en el diseño de la planta o un mal diseño de la logística de la producción. Por último, las demoras en el proceso de producción nacen de la falta de planificación y organización en la asignación de recursos, incluyendo la maquinaria, el personal y la materia prima provocando costos adicionales, la necesidad de horas extras del personal y la pérdida de ingresos debido a retrasos en la entrega del producto final.

De esa manera, al conocer la realidad de la empresa, logrará desarrollar el proyecto de mejora en el área de producción y mantenimiento, mediante una simulación diseño de mejora con el software ProModel, Se prevé que la rentabilidad de la empresa agroindustrial aumente con la implantación de herramientas de ingeniería. Evaluando económica y financieramente un diseño de mejora en el sector de producción y mantenimiento.

1.1.1. Antecedentes de la Investigación

1.1.1.1. Antecedente internacional

Mendoza y Cordon (2020), Universidad Francisco de Paula Santander, en su tesis titulada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y planificado para la empresa Arcillas de Colombia E&M S.A.S” estableció un plan de mantenimiento preventivo que empleó indicadores como MTTR y MTBF para evaluar el desempeño de los equipos. Los resultados revelaron una disponibilidad

baja de los equipos, con un valor del 58%, y una frecuencia alta de fallas, con un promedio de 6.3 horas por falla, lo que indica que las máquinas se detenían con frecuencia. Sin embargo, después de aplicar el método de criticidad y brindar una mejor capacitación a los operarios, se lograron mejorar los parámetros de desempeño. En concreto, se logró mejorar en 12% los tiempos entre fallas, teniendo un mejor control en los costes de mantenimiento.

En su tesis titulada "Aplicación de los pasos I y II del Plan de Mantenimiento Autónomo basado en el Mantenimiento Productivo Total para el Grupo Santa María de la Empresa EAT Sertá" de la Universidad de Antioquia, Caronda y Castao (2019) implementaron un plan de mantenimiento basado en el pilar de mantenimiento autónomo paso I y II de la metodología TPM y logrando aumentar los indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de los equipos a un nivel operativo.

1.1.1.2. Antecedente Nacional

Mediante la implementación de un sistema de tratamiento de agua, redistribución de planta, gestión de personal, herramienta 5S, gestión de mantenimiento, gestión de calidad y planificación de falta de insumos, Mitzy (2022), de la Universidad Católica San Pablo, logró un beneficio a nivel de incremento de productividad y calidad en un 42%. En su tesis se titulada "Mejora de la gestión operativa en la producción de leche en la empresa Agroindustria Chachani S.A.C utilizando la metodología Lean Manufacturing", la cual realizó el análisis financiero del plan de mejora para confirmar su factibilidad, y los resultados mostraron que era rentable con un VAN de S/. 947,335.4 y un ROI de 3.14%.

Asimismo, Lastra y Meneses (2020), en su estudio “Propuesta de mejora del proceso productivo en la línea de barnizado para reducir los altos costos de producción en una empresa maderera mediante el uso de las técnicas SMED, 5’S y Mantenimiento Preventivo” utilizaron estas técnicas obteniendo una reducción de costes de 157.248 soles. Para confirmar la viabilidad de la propuesta de mejora, se realizó una evaluación financiera, y los resultados mostraron una TIR del 206%, lo que indica su rentabilidad.

1.1.1.3. Antecedente Local

En su tesis titulada "Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir costos operativos en la empresa Industria Molinera Bustamante E.I.R.L. L", Mosqueira y García (2021), de la Universidad Privada del Norte implementaron la metodología de las 5S, un plan de mantenimiento, capacitación a operarios, verificación y auditorías, así como procedimientos y/o técnicas de aseguramiento de la calidad, balance de línea, gestión de stock de repuestos críticos y charlas con verificación de acciones. Concluyeron con un análisis financiero del plan de mejora y los resultados mostraron que era rentable, con una TIR del 66,05% y un VAN de 682.652,72 soles.

Saldaña (2019), de la Universidad Privada del Norte utilizó herramientas de mejora como VSM, MRP y Balance de Líneas en su estudio de investigación "Propuesta de Mejora en el Área de Producción para Reducir los Costos de Operación de la Línea de Producción de Espárragos Blancos Frescos en la Empresa Agroindustrial TAL S.A.". El resultado fue un incremento en la productividad de 16,76% y una disminución en los costos de S/. 145,484.97. Adicionalmente, proporcionó un análisis financiero de la propuesta de mejora

para sustentar su factibilidad, logrando una TIR de 34.24% y un VAN de S/. 20,622.77 para demostrar la rentabilidad del plan.

1.1.2. Bases Teóricas

a. VSM

Para reducir los residuos y las pérdidas en una línea de fabricación, es fundamental conocer a fondo el procedimiento. Modelizar el flujo de producción e identificar las fases y actividades que pueden mejorarse o eliminarse son tareas fáciles y eficaces que pueden llevarse a cabo con la ayuda de la herramienta VSM. Mediante el VSM, las empresas pueden obtener un diagnóstico de procesos que respalde la mejora continua y sostenida de la productividad (García y Amador, 2019).

A continuación se exponen las fases de la aplicación del mapeo de la cadena de valor:

- Elección de una región industrial crucial - Realización de un mapa de la situación existente
- Revisión de la documentación actual (identificación de los procesos clave, determinación de los datos necesarios y que deben recopilarse, recogida de información)
- Análisis cartográfico de la situación actual
- Mapa de la situación futura (cálculo del tiempo de hilvanado, determinación del tiempo necesario, utilización de técnicas de mejora)

b. Mantenimiento productivo total (TPM)

El TPM es una estrategia de mantenimiento que hace hincapié en aumentar la eficacia de la maquinaria y reducir los gastos de mantenimiento.

Puede encontrar estrategias para mejorar el mantenimiento en su empresa

agrícola y ahorrar gastos de explotación empleando esta estrategia (Arroyo y Obando, 2022).

Los beneficios de su aplicación incluyen:

- Una disminución de las paradas no programadas de los equipos.
- Aumento de las condiciones de seguridad de la maquinaria y de los operarios.
- Las reparaciones a gran escala y el mantenimiento recurrente son menos frecuentes, lo que se traduce en una reducción de la carga de trabajo.
- Menos mercancías rechazadas, menos residuos y un mejor control de calidad como resultado de la correcta adaptación de los equipos.
- Conseguir un mejor control del personal, los suministros y la maquinaria.
- Menor inversión de capital necesaria porque el equipo no necesitará funcionar continuamente.
- Disminución de los gastos en horas extraordinarias como consecuencia del mantenimiento no planificado.
- Aplazamiento de gastos importantes por sustituciones apresuradas debido a la conservación de los activos y la prolongación de su vida útil.

c. Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing es una metodología de producción que se enfoca en la eliminación de desperdicios y la mejora continua. Al utilizar esta metodología, puedes identificar áreas donde se pueden hacer mejoras en la producción y reducir los costos operativos.

d. Gestión de mantenimiento

La importancia de la gestión del mantenimiento como factor clave de competitividad empresarial está aumentando constantemente. Por lo tanto, es crucial comprender y definir los procesos esenciales para implementar una

gestión de mantenimiento efectiva en cualquier organización (Viveros et al., 2013).

1.1.3. Definición de Términos

- **Análisis de procesos:** Esta técnica implica el examen detallado de los procesos actuales en el área de producción y mantenimiento de la empresa agroindustrial, para identificar las áreas donde se pueden hacer mejoras y reducir costos.
- **Análisis de costo-beneficio** Es una técnica utilizada para evaluar los costos y beneficios de una determinada acción. Al utilizar esta técnica, puedes determinar la viabilidad de cualquier mejora propuesta en el área de producción y mantenimiento.
- **Control de calidad:** Son las acciones realizadas para garantizar que los bienes o servicios cumplen las normas necesarias.
- **Costos operativos:** Son los gastos necesarios para mantener en funcionamiento la empresa agroindustrial, incluyendo los costos de producción, salarios de los empleados, costos de materiales y suministros, costos de energía, entre otros.
- **Indicadores de desempeño:** Son medidas numéricas que se utilizan para evaluar el funcionamiento de un proceso o sistema. El desarrollo de indicadores de rendimiento permite aumentar la eficiencia y reducir los gastos de funcionamiento.
- **Mantenimiento preventivo:** Implica la realización de actividades de mantenimiento planificadas y periódicas para evitar fallas en el equipo y minimizar el tiempo de inactividad.
- **Mejora continua:** Es el eje de la estrategia de gestión conocida como mejora continua.

- Optimización de recursos: Es el proceso de hacer el mejor uso posible de los recursos de que se dispone para alcanzar los objetivos de la empresa agrícola.
- Planificación de la capacidad: Implica estimar el volumen de recursos necesarios para satisfacer las necesidades de la empresa agrícola.
- Recursos Humanos: Se refiere a la gestión y administración de las personas que trabajan en una organización, con el fin de maximizar su desempeño y contribución a los objetivos de la empresa. Esto incluye la contratación, formación, evaluación, compensación y retención de empleados.
- Rentabilidad: Es la medida de cuánto beneficio se obtiene en relación al costo de la inversión. Se expresa generalmente como un porcentaje del capital invertido.
- Tack time: Es una frase de producción que describe la cantidad típica de tiempo que se tarda en realizar una tarea o un ciclo de producción.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida afecta el diseño de mejora a los gastos operativos de una empresa agroindustrial en producción y mantenimiento?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar el efecto del diseño de mejora en los gastos operativos de la empresa agroindustrial en las áreas de producción y mantenimiento.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de una empresa agroindustrial.
- Determinar y desarrollar las metodologías y herramientas de la ingeniería industrial del diseño de mejora en producción y mantenimiento.
- Simular el diseño de mejora en el área de mantenimiento

- Evaluar económica y financieramente el diseño de las mejoras de producción y mantenimiento.

1.4. Hipótesis

El uso del diseño de mejora en una empresa agroindustrial reduce los costos operativos de producción y mantenimiento en 18%.

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente

Diseño de mejora en el área de producción y mantenimiento de una empresa agroindustrial.

1.5.2. Variable dependiente

Costos operativos de una empresa agroindustrial.

1.6. Justificación del problema

- Se justifica el presente estudio desde una perspectiva teórica, ya que ayuda a identificar y solucionar problemas de eficiencia en la producción, reducir costos operativos y prolongar la vida útil del equipo. Esto se traduce en una mayor eficiencia a largo plazo y en la prevención de costos de reemplazo de maquinaria.
- El diseño de mejora en el área de producción y mantenimiento en una empresa agroindustrial se justifica desde un criterio aplicativo, ya que permitiría la aplicación práctica de diversas herramientas y estrategias de la Ingeniería Industrial para optimizar la gestión de mantenimiento y lograr reducir los costos operativos de manera efectiva y sostenible en el tiempo.
- Este estudio es valioso y justificado debido a que implica un enfoque específico y práctico para lograr este objetivo. Esto sugiere que el proyecto se centrará en soluciones concretas y medibles para reducir los costos operativos, lo que es importante tanto para la viabilidad económica como para la toma de decisiones informadas.

- El presente estudio es justificado desde un punto de vista académico debido a su enfoque en un problema real y práctico, su metodología de diseño de mejora y la necesidad de una comprensión y evaluación detallada de las áreas de producción y mantenimiento.

1.7. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de las variables

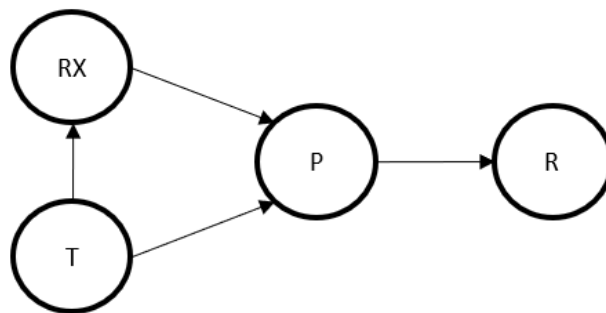
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala De Medición
VI: Diseño de mejora en el área de producción y mantenimiento	Se denomina mantenimiento a todos los procedimientos llevados a cabo para mantener los equipos e instalaciones en plena forma y garantizar que funcionan de forma segura, eficaz y asequible. Además, desempeña un papel crucial en el rendimiento y la protección de los activos de la empresa (Castillo, Prietto y Zambrano, 2015).	Las mejoras de mantenimiento se miden mediante métricas relacionadas con la disponibilidad, el mantenimiento predictivo y la capacitación.	Mantenimiento predictivo	% de OT de mantenimiento predictivo	Razón
			La presencia de equipos de producción	Disponibilidad operacional	Razón
			Equipos para crear proyectos de mantenimiento	% de ordenes realizadas con demora por falta de equipos	Razón
VD: Costos operativos	Gonzales (2007) Los gastos asociados a conservar algo durante un tiempo se denominan gastos de mantenimiento o almacenamiento. Estos gastos suelen ser comparables a la cantidad típica de cosas que se tienen a mano, a grandes rasgos.	Costes asociados a las tareas de mantenimiento	Costos por mantenimiento	Índice de costeo	Razón

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El enfoque de investigación descrito por la orientación es aplicado ya que pretende ofrecer respuestas a circunstancias o problemas específicos y observables, y por diseño, es pre-experimental porque se utilizarán herramientas de diagnóstico en la selección y evaluación del problema. Para disminuir los gastos operativos de la empresa agroindustrial, también se concentra en aplicar la mejora de acuerdo con un conjunto de herramientas de ingeniería industrial.



Donde:

RX: Costos operativos antes de la mejora.

T: Herramientas de mejora de ingeniería industrial.

P: Diseño de mejora en las áreas de producción y mantenimiento.

R: Costos operativos después de la mejora.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

En este estudio, la población es el conjunto de todas las operaciones de la empresa agroindustrial

2.2.2. Muestra

Mientras que la muestra serán los procesos de producción y mantenimiento de la empresa agroindustrial.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla 2

Herramientas y métodos de recolección de datos

Técnicas	Aplicado en:	Objetivo	Procedimiento	Instrumentos
Análisis documental	Base de datos de la empresa	Comprender el problema de la gestión del mantenimiento en la empresa.	Con la autorización del responsable de producción y mantenimiento, se evaluarán los datos.	Microsoft Excel y Word, cuaderno de apuntes
Observación de campo	Observación del proceso	Identificar problemas del área de producción y mantenimiento en la empresa	Se mostraron los procesos de fabricación y mantenimiento.	Cuaderno de apuntes y laptop

Fuente: Elaboración propia

2.4. Procedimiento

Para el proyecto actual en el taller de mantenimiento, se siguió una serie de pasos secuenciales, que se detallan a continuación:

- Se llevó a cabo una encuesta general a todos los colaboradores del taller.
- Se recopiló toda la información disponible del taller de mantenimiento y producción en una base de datos como Excel (datos, registros, formatos, proveedores, etc.).
- Se realizó una observación directa con el objetivo de entender el flujo de los tiempos de mantenimiento y producción.
- Se identificaron todos los problemas en el área de mantenimiento y producción.
- Se realizó un análisis detallado para identificar las causas raíces de los problemas y encontrar soluciones adecuadas.

- Se desarrolló una mejora mediante la aplicación de técnicas y herramientas de la ingeniería industrial. Asimismo, se realizó una simulación en ProModel.
- Se evaluó la solución propuesta desde una perspectiva económica y financiera.

2.4.1. Principales Productos:

La empresa agroindustrial produce 4 tipos de productos: azúcar, alcohol, melaza y bagazo en diferentes presentaciones destinadas tanto al mercado nacional como exterior. (Ver siguiente tabla)

Tabla 3

Principales productos de la empresa agroindustrial

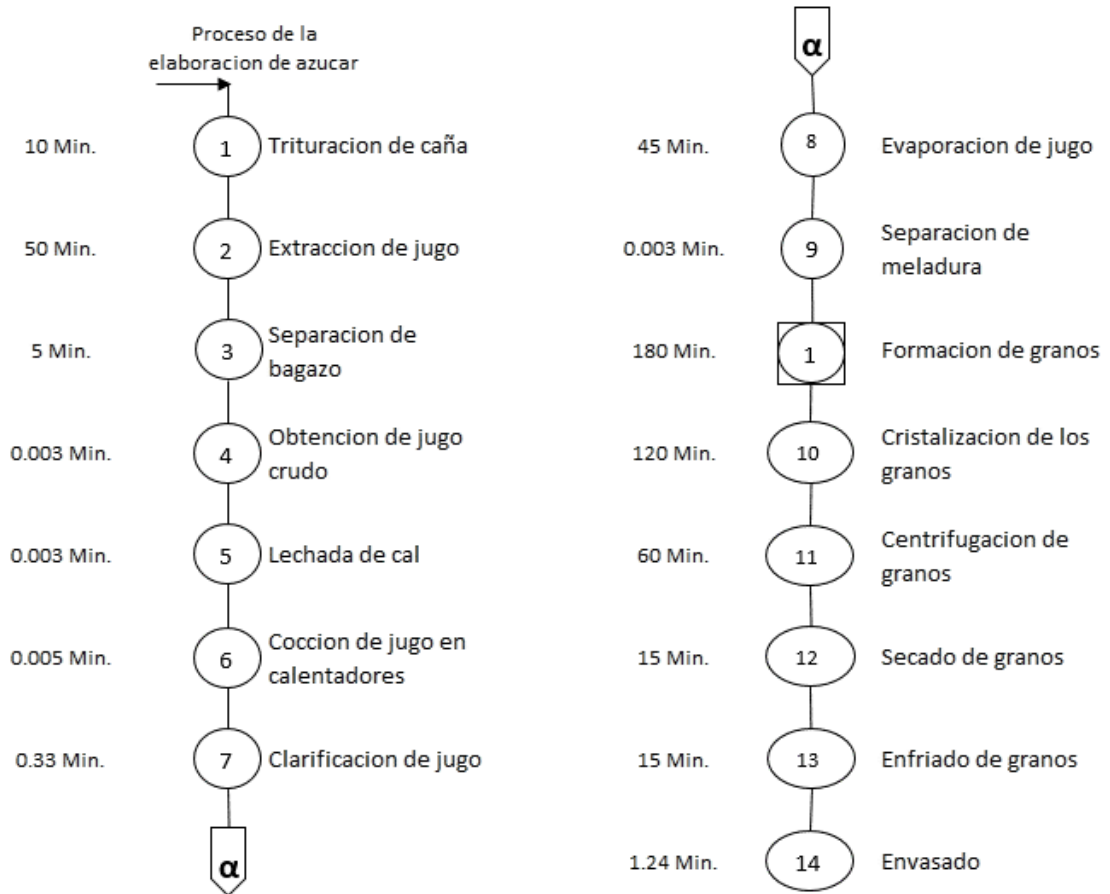
Producto	Tipo	Presentación (Azúcar)
Azúcar	Azúcar Blanca	25 kg
		50 kg
		5 kg
		1 kg
	Azúcar Rubia	25 kg
		50 kg
		5 kg
		1 kg
Alcohol	Alcohol etílico industrial	
	Alcohol etílico neutro	

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Diagrama de Proceso productivo de la Empresa:

Figura 1

Proceso productivo de la elaboración de azúcar rubia de una empresa agroindustrial



RESUMEN		
SIMBOLO	REPETICIONES	TIEMPO (Min.)
○	14	321.58
◻	1	180
TOTAL	15	501.58

Fuente: Datos de la empresa

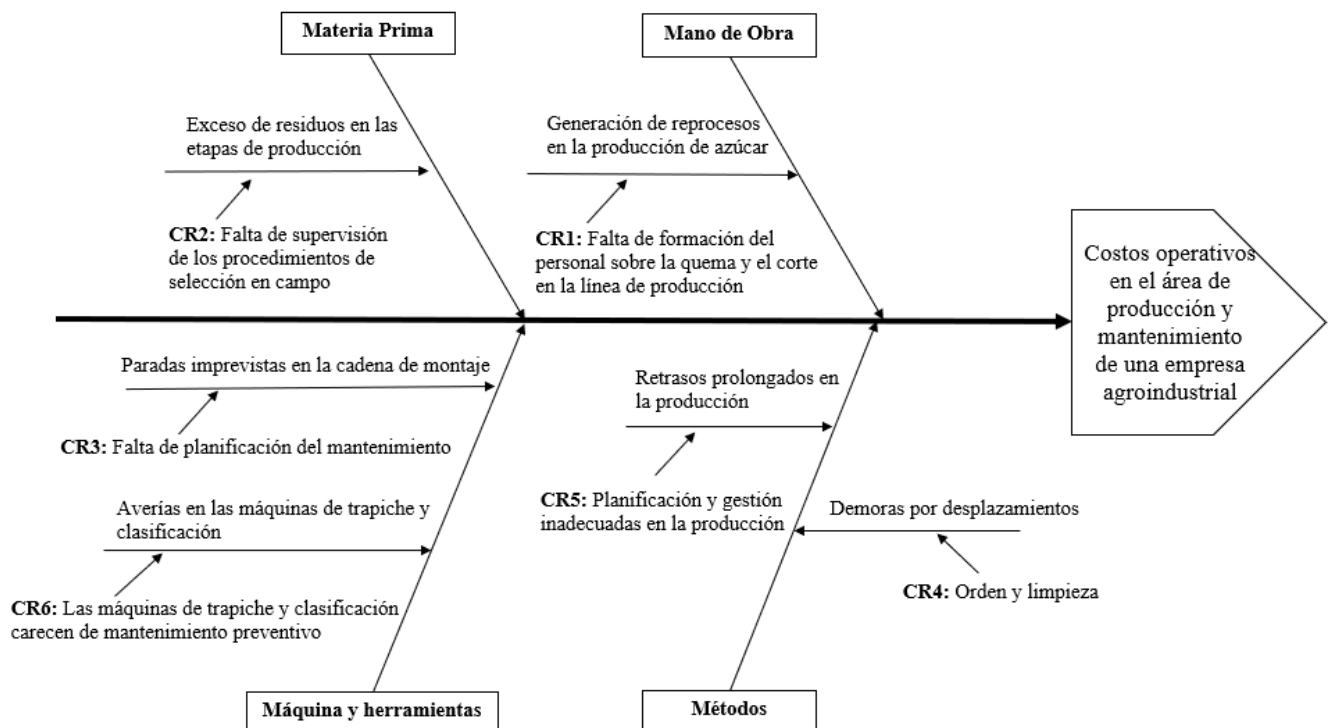
CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Ishikawa

Los costos operativos de la empresa se demostró entonces mediante un diagrama de Ishikawa analizando las categorías de: materia prima, máquinas y herramientas, métodos y mano de obra, con el fin de determinar la problemática de la empresa que influyen en sus costos operativos, obteniendo como resultado: exceso de mermas en la línea de producción, generación de reprocesos en la producción de azúcar, rendimiento de producción por debajo del promedio, retraso en el proceso de producción y demoras por desplazamiento.

Figura 2

Esquema de Ishikawa de la empresa agroindustrial



Fuente: Elaboración propia

3.2. Pareto

Tabla 4

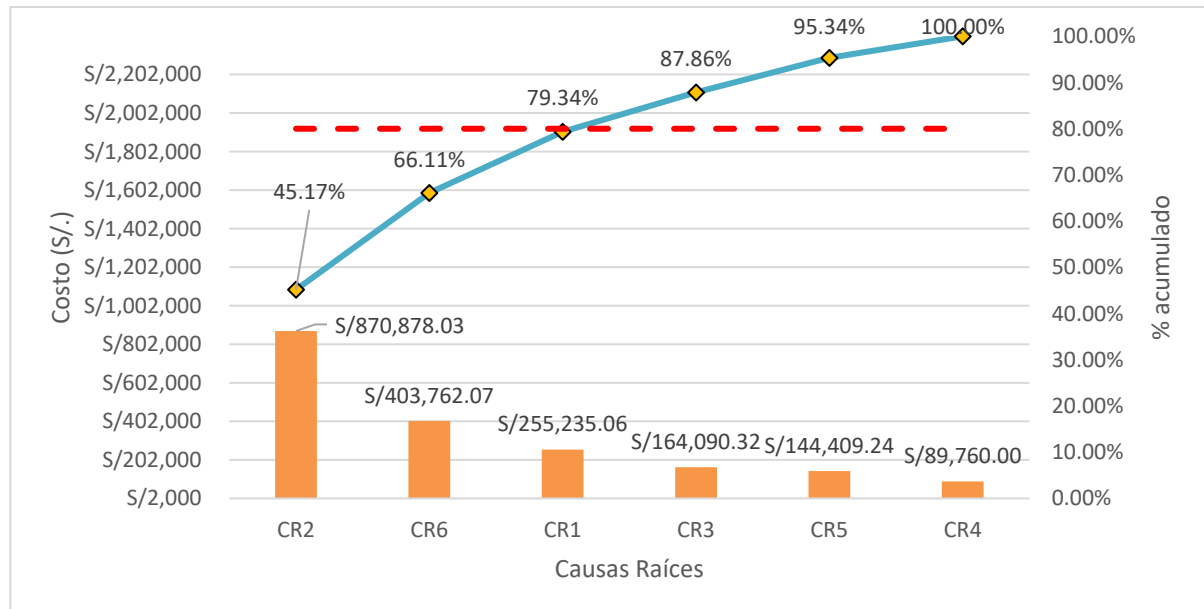
Priorización de los problemas de una empresa agroindustrial

CR	Problemas	Costos	% Relativo	% Costo acumulado
CR2	Exceso de residuos en las etapas de producción	S/ 870,878.03	45.17%	45.17%
CR6	Averías en las máquinas de trapiche y clasificación	S/ 403,762.07	20.94%	66.11%
CR1	Generación de reprocesos en la producción de azúcar	S/ 255,235.06	13.24%	79.34%
CR3	Paradas imprevistas en la cadena de montaje	S/ 164,090.32	8.51%	87.86%
CR5	Retrasos prolongados en la producción	S/ 144,409.24	7.49%	95.34%
CR4	Demoras por desplazamientos	S/ 89,760.00	4.66%	100.00%
Total		S/ 1,928,134.71	100.00%	

Fuente: Datos de la empresa

Figura 3

Gráfico de Pareto



Fuente: Datos de la empresa

3.3. Matriz de indicadores

Tabla 5

Vizualización de indicadores

CR	Causas raíces	Indicador	Fórmula	VA	Pérdida monetaria	Herramienta de Mejora
CR3	Falta de planificación del mantenimiento	% de horas por falta de planificación de mantenimiento	Hr. de parada por falta de planificación de mantenimiento / tiempo disponible	5%	S/ 164,090.32	Plan de mantenimiento preventivo
CR6	Falta de mantenimiento preventivo en las máquinas trapiche y de clasificación	% materia prima perdida por averías de máquina de trapiche y clasificación	(Kg perdidos por avería en maquina de trapiche y clasificación /kg clasificados) x100	2%	S/ 403,762.07	
CR1	Falta de formación del personal sobre la quema y el corte en la línea de producción	% de materias primas reprocesadas como consecuencia de una formación inadecuada	(Kg reprocesado por falta de capacitación) / (Total de kg clasificados) ×100	5%	S/ 255,235.06	Plan de capacitación
CR2	Falta de supervisión de los procedimientos de selección en campo	% de mermas en la línea del proceso de clasificación para azúcar	(Total de mermas Kg/Total de kg clasificados) x 100	8%	S/ 870,878.03	VSM y 5S

Fuente: Elaboración propia

3.4. Monetización de las pérdidas

a) CR1 - Falta de formación del personal sobre la quema y el corte en la línea de producción

La empresa cuenta con un total de operarios de 1200, de ellos 300 operarios son de fábrica, 900 operarios se encuentran en campo, así hay operarios en el servicio agrícola (choferes, garaje, área de servicentro, quienes llevan raciones al campo) haciendo un total de 220 operarios y por otra parte existen 680 operarios (quemadores y cortadores (chotanos). Dado que los empleados aprenden a través de la experiencia, su bajo rendimiento en la quema y corte de caña en las líneas manuales es una prueba de su falta de formación ya que no son entrenados adecuadamente para realizar su trabajo.

Tabla 6

Costeo de pérdidas por falta de capacitación

Mes	Peso total perdido por capacitación insuficiente (kg)	Precio por producto final vendido	Costo por KG de PT	Utilidad en soles	Costo de Oportunidad
Ene	7,532	0.43	0.30	0.468	S/ 3,525
	21,231	0.55	0.41	0.504	S/ 10,700
	33,265	0.48	0.33	0.54	S/ 17,963
	44,908	0.59	0.43	0.576	S/ 25,867
Feb	33,216	0.47	0.31	0.576	S/ 19,132
	27,444	0.54	0.37	0.612	S/ 16,795
	39,091	0.51	0.35	0.576	S/ 22,516
	44,570	0.51	0.34	0.612	S/ 27,277
Mar	43,426	0.50	0.33	0.612	S/ 26,577
	41,344	0.51	0.33	0.648	S/ 26,791
	41,663	0.52	0.34	0.648	S/ 26,998
	43,282	0.48	0.31	0.612	S/ 26,489
Total					S/ 250,631

Fuente: Datos de la empresa

Tabla 7
Costeo de pérdidas por reprocesos

Kg de Reprocesos	Costo por Kg Reprocesado por hora	Pérdida por Reproceso
7,847	0.0105	S/ 82.4
22,116	0.0105	S/ 232.2
34,652	0.0105	S/ 363.8
46,778	0.0105	S/ 491.2
34,599	0.0105	S/ 363.3
28,587	0.0105	S/ 300.2
40,721	0.0105	S/ 427.6
46,425	0.0105	S/ 487.5
45,235	0.0105	S/ 475.0
43,065	0.0105	S/ 452.2
43,396	0.0105	S/ 455.7
45,087	0.0105	S/ 473.4
Total		S/ 4,604.3

Fuente: Datos de la empresa

b) CR2 – Falta de supervisión de los procedimientos de selección en campo
Tabla 8
Costeo de pérdidas por falta de supervisión de los procedimientos de selección en campo

Merma Total	Merma desperdiciada	Merma como valor de salvación	Pérdida en soles en Merma
57,876	8,677	49,199	S/ 9,452
163,111	24,469	138,642	S/ 31,905
255,578	38,338	217,241	S/ 58,701
345,013	51,752	293,261	S/ 89,199
255,184	38,279	216,905	S/ 62,043
210,848	31,626	179,222	S/ 60,331
300,317	45,049	255,268	S/ 78,706
342,409	51,358	291,052	S/ 98,952
333,631	50,047	283,584	S/ 96,657
317,621	47,645	269,976	S/ 96,405
320,074	48,014	272,059	S/ 96,588
332,531	49,879	282,652	S/ 91,940
Total			S/ 870,878

Fuente: Datos de la empresa

c) CR3 - Falta de planificación del mantenimiento

Los problemas surgen cuando los trabajos de mantenimiento se programan sin coordinación previa con producción o, con frecuencia, cuando los trabajos se programan pero sin supervisión y sin designar responsables, lo que provoca retrasos que mantienen las líneas designadas paradas e inutilizadas cuando empieza la producción.

Tabla 9

Costeo de pérdidas por paradas imprevistas en la cadena de montaje

Mes	Costo mano de obra directa	Coste del trabajo adicional	costes indirectos de producción	Costos de insumos	Costo oportunidad	Pérdida monetaria
1	S/ 1,170	S/ 1,463	S/ 2,256	S/ 2,620	S/ 15,197	S/ 9,926
2	S/ 1,463	S/ 1,829	S/ 2,820	S/ 2,635	S/ 18,996	S/ 14,149
3	S/ 1,456	S/ 1,820	S/ 2,807	S/ 2,574	S/ 18,905	S/ 13,781
4	S/ 1,588	S/ 1,985	S/ 3,062	S/ 2,708	S/ 20,624	S/ 15,344
5	S/ 1,703	S/ 2,128	S/ 3,282	S/ 3,172	S/ 22,108	S/ 16,520
6	S/ 1,262	S/ 1,577	S/ 2,432	S/ 2,069	S/ 16,382	S/ 12,098
7	S/ 1,639	S/ 1,548	S/ 2,660	S/ 2,961	S/ 21,623	S/ 12,451
8	S/ 1,277	S/ 1,208	S/ 2,625	S/ 2,388	S/ 19,949	S/ 13,800
9	S/ 1,457	S/ 1,169	S/ 2,906	S/ 2,023	S/ 18,137	S/ 13,291
10	S/ 1,446	S/ 1,147	S/ 2,403	S/ 2,989	S/ 20,994	S/ 11,573
11	S/ 1,064	S/ 1,731	S/ 2,691	S/ 3,045	S/ 21,508	S/ 16,111
12	S/ 1,308	S/ 1,383	S/ 2,600	S/ 2,517	S/ 21,352	S/ 15,044
Total	S/ 16,833	S/ 18,988	S/ 32,545	S/ 31,702	S/ 235,775	S/ 164,090

Fuente: Datos de la empresa

d) CR4 - Falta de orden y Limpieza

El desorden provocado por la falta de orden en las mercancías obstruye con frecuencia los pasillos debido al ritmo de actividad. Así como los productos que no se utilizan a su totalidad y que no son colocadas en un lugar adecuado. A eso se suma que la empresa no posee personal para esa área y no hay un plan de mejora de 5s hasta el momento. Esto provoca que los operarios realicen sus actividades con el piso resbaladizo, lo que puede generar accidentes.

Tabla 10

Costeo de pérdidas por falta de orden y limpieza

Tipo de accidente	Multa aplicada (UIT)	Costos de la UIT	Pérdida provocada por la multa
Leve	11	4950	S/ 54,450
Grave	7	4950	S/ 34,650
	Total		S/ 89,100

Fuente: Datos de la empresa

e) CR5 - Planificación y gestión inadecuadas en la producción

La programación de la producción es insuficiente debido a tres problemas principales: exceso de horas extraordinarias, gestión inadecuada del material y falta de supervisión del proceso de clasificación sobre el terreno.

La razón de las horas extraordinarias es que existe una fuerte correlación entre lo que se genera cada día en la fábrica y lo que se produce en los campos. A menudo se producen picos de producción elevados, lo que hace imposible procesar todas las materias primas durante las ocho horas de trabajo asignadas, debido a la necesidad de que el personal permanezca hasta que finalice el suministro, aumentan las horas extraordinarias.

Tabla 11
Costeo de pérdidas por planificación y gestión inadecuadas en la producción

Proceso 1	Tiempo Normal (Hr)	
	Hr extra 25%	S/ 12,742.30
	Hr extra 35%	4,647.16
Proceso 2	Tiempo Normal (Hr)	
	Hr extra 25%	5,450.95
	Hr extra 35%	4,797.05
Proceso 3	Tiempo Normal (Hr)	
	Hr extra 25%	1,289.84
	Hr extra 35%	628.03
Proceso 4	Tiempo Normal (Hr)	
	Hr extra 25%	18,263.13
	Hr extra 35%	18,459.63
Proceso 5	Tiempo Normal (Hr)	
	Hr extra 25%	6,695.21
	Hr extra 35%	3,527.33
Proceso 6	Tiempo Normal (Hr)	
	Hr extra 25%	0
	Hr extra 35%	0
	Total	76120.63

Fuente: Datos de la empresa

Al final de la campaña, cuando existen diferencias entre los inventarios físicos y las existencias en el sistema, la gestión ineficaz de los materiales es evidente y da lugar a pérdidas, ya que muchos de estos inventarios no pueden utilizarse en la campaña siguiente porque están contaminados y no cumplen las normas de calidad.

Tabla 12
Coste de existencias de inventarios

Descripción	Total de control	Total Stock físico	Diferencia	Precio por Unidad	Costo de oportunidad
antiincrustante	194	32	162	5.9	S/ 956
sacarato de calcio	182142	180,740	1402	4.5	S/ 6,308
floculante	73362	62,100	11262	3.75	S/ 42,233
ácido fosfórico	299	126.9	173	2.79	S/ 481
azufre	43403	41,998	1405	3.16	S/ 4,440
decolorantes	20334	20,245	89	2.07	S/ 183
soda caustica	47174	43,000	4174	2.9	S/ 12,105
cal	19705	19,152	553	4.5	S/ 2,490
Tensoactivos	23615	23,580	35	9.56	S/ 336
Polímeros	138	32	106	12.6	S/ 1,337
Otros	186073	180,740	5333	13.79	S/ 73,540
Total					S/ 144,409

Fuente: Datos de la empresa

f) CR6 - Las máquinas de trapiche y elaboración carecen de mantenimiento preventivo

En el área de trapiche existe fallas por presencia de piedra en la caña que es acarreada en el campo y llega al área fabril lo cual provoca: atoros en los molinos y disparos por vibración en el desfibrador. Al solo tener 1 sola línea productiva en la línea de extracción, esto genera eso amerita parada de molienda.

Por otro lado, en el área de elaboración existe fallas en equipos de bomba de vacío, ya sea por mal funcionamiento o una caída de las bombas ameritaría una inoperatividad en uno o 2 de los tachos. Y dependiendo de cuánto alimento estas bombas de vacío, esto retrasaría cocimientos y generaría una parada de producción ya que no se puede alimentar ni generar cocimientos.

Tabla 13
Costeo pérdidas por ausencia de mantenimiento preventivo

Semana	Utilidad en Soles	Pérdida por Kg		Costo de oportunidad	
		Maquinaria		Maquinaria	
		1	2	1	2
1	6.58	4608.26	4893.211	S/ 30,322.35	S/ 32,197.33
2	6.58	4056.2805	1608	S/ 26,690.33	S/ 10,580.64
3	6.58	1529.2415	1629.3395	S/ 10,062.41	S/ 10,721.05
4	6.58	1783.339	2152.71	S/ 11,734.37	S/ 14,164.83
5	6.58	1928.796	2837.115	S/ 12,691.48	S/ 18,668.22
6	6.58	4608.26	4893.211	S/ 30,322.35	S/ 32,197.33
7	6.58	4056.2805	1608	S/ 26,690.33	S/ 10,580.64
8	6.58	2999.59	1629.3395	S/ 19,737.30	S/ 10,721.05
9	6.58	4165.055	468.33	S/ 27,406.06	S/ 3,081.61
10	6.58	1928.796	489.1	S/ 12,691.48	S/ 3,218.28
11	6.58	3267.8915	1629.3395	S/ 21,502.73	S/ 10,721.05
12	6.58	2172.4415	420.09	S/ 14,294.67	S/ 2,764.19
TOTAL				S/ 403,762	

Fuente: Datos de la empresa

3.5. Selección de la alternativa de solución

Se propuso 3 paquetes de herramientas como alternativas de solución (tabla 1), las cuales se presentan como propuestas de mejora ante los problemas identificados en la empresa. Así mismo, se evaluó las restricciones, con el objetivo de analizar que herramientas se pueden implementar de acuerdo a la política de la misma organización. A continuación, la selección del paquete óptimo como solución al problema se guió por criterios de calificación que tenían en cuenta la inversión necesaria, las ventajas, las limitaciones, la eficacia de la herramienta y el tiempo de aplicación. Se optó por aplicar las herramientas que componen el paquete 1 como propuesta de mejora, ya que recibió la puntuación más alta y, por tanto, se consideró que era el paquete más eficaz: 5S, plan de mantenimiento, VSM y plan de formación.

3.6. Diseño de la alternativa de solución

3.6.1. Plan de capacitación

CR1: Falta de formación del personal sobre la quema y el corte en la línea de producción

Luego de observar y analizar las distintas áreas de la empresa agroindustrial, se ha notado que el personal no recibe capacitaciones adecuadas para identificar y controlar posibles fallas en las líneas de quemado y cortado. Por lo tanto, es necesario ofrecer capacitaciones de 1 hora de duración y una dinámica adicional para que cada trabajador y responsable en su área de trabajo se sienta identificado y pueda aplicar sus habilidades y destrezas para prevenir interrupciones en la jornada laboral. (Ver anexo 1)

3.6.2. VSM y 5S

CR2: Falta de supervisión de los procedimientos de selección en campo

Para abordar esta causa subyacente se utilizó el método 5S, concebido para resolver el problema de la falta de orden y limpieza en las líneas de fabricación. Su objetivo es mejorar la planificación de los trabajos de limpieza y mantener al mismo tiempo la eficiencia de la línea de producción, estructurando el proceso de fabricación.

Implementación de las 5S:

Seiri (clasificación): Para esta S se estableció 4 pasos importantes para su aplicación:

- La toma de fotos para documentar el acontecimiento
- Creación de criterios para la categorización y evaluación de los elementos
- Utilización de tarjetas rojas para señalar las partes superfluas.

- Creación del informe para la notificación de rechazo.

Seiton (orden): Para empezar a implementar esta S el primer paso es realizar un análisis para aprovechar al máximo el espacio disponible. Utilizando las zonas disponibles para reubicar de forma efectiva los artículos que se han identificado como útiles.

El siguiente paso consiste en etiquetar los lugares de ubicación de los elementos. El etiquetado es una ayuda visual que facilita el reconocimiento de la ubicación de los distintos componentes y zonas de trabajo. Esto ayuda a reducir el tiempo que se invierte en la búsqueda de los elementos en cualquier momento. Es importante que la rotulación sea diseñada de manera clara y visible para que sea fácilmente entendible.

Seiso (limpieza): Se determinó las posibles causas de la suciedad en el lugar de trabajo. Si no se hace esto, la tarea de limpieza se volverá cada vez más difícil y laboriosa, lo que requerirá de más tiempo y será más complicado mantener la limpieza. Por tal motivo, es necesario establecer un programa de limpieza que incluya información como la zona que se va a limpiar, quién es el responsable, la frecuencia de limpieza, la metodología de limpieza, los productos que se deben usar y el lugar donde se debe registrar la actividad. (Ver anexo 2)

Seiketsu (normalización): Consiste en establecer los procedimientos y reglas para mantener las tres primeras S (clasificación, orden y limpieza). Para determinar el éxito de la implantación inicial de las 3S en las líneas de producción es crucial realizar evaluaciones periódicas utilizando una lista de comprobación que mida el nivel de cumplimiento.

Shitsuke (disciplina): Esta fase final consiste en fomentar las prácticas y la relación positiva con el personal de la empresa. Se recomienda que se establezca regularmente (ya sea mensual o bimensualmente) un tema de promoción para reforzar los valores que se quieren destacar y resaltar dentro de la empresa, con el objetivo de mantener una buena imagen hacia el exterior. Además, sería ideal implementar un plan de sostenibilidad que involucre reuniones con el personal para revisar conjuntamente todas las actividades 5S, identificando tanto los aspectos positivos como los negativos, a fin de determinar cuáles necesitan ser aclarados o mejorados. (Ver anexo 2)

3.6.3. Plan de mantenimiento

CR3 – CR6: Falta de un cronograma de mantenimiento de máquinas - Ausencia de mantenimiento preventivo en las máquinas de trapiche y elaboración

Se desarrolló un programa de capacitación en gestión de mantenimiento para utilizar la herramienta Plan de Mantenimiento, el cual incluyó la definición previa de un formato para los programas de capacitación en mantenimiento. Para ello, se asignó una codificación a cada máquina, considerando seis niveles de abreviaturas: nombre de la empresa, área de la empresa, tipo de proceso, nombre de la máquina, marca y número correlativo. Posteriormente, se elaboró un inventario de las máquinas, listándolas según la orden de trabajo, y finalmente se estandarizaron los procesos.

Luego de realizar un inventario de las máquinas, se estableció el nivel de criticidad de las mismas, lo que implicó identificar cuáles son las más cruciales para el proceso en función de si sería necesario o no parar la producción en caso de avería de la máquina. Las máquinas más críticas se destacaron en rojo,

mientras que las de criticidad media o baja se destacaron en amarillo y verde, respectivamente. Asimismo, el desarrollo del instrumento Análisis Modo y Efecto de Fallas permitió la mayor descripción de las fallas funcionales de las máquinas, sus causas y el impacto que tendrían tanto en la máquina como en el proceso de fabricación.

Después, se llevó a cabo un registro de las máquinas, en el que se detallaron los mantenimientos efectuados y las observaciones detectadas, junto con la elaboración de órdenes de trabajo que especifican las tareas a realizar, los repuestos necesarios, el personal requerido para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento, considerando las medidas de seguridad y el plazo de finalización de dichos trabajos.

Durante la creación del calendario de mantenimiento se incluyó información sobre el código de identificación de la máquina, su nombre y función, así como la frecuencia en la que se requiere el mantenimiento. Además, se especificó la cantidad de veces por mes que se debe llevar a cabo dicho mantenimiento.

Al culminar la recolección de datos, se procedió a redactar un informe del plan de mantenimiento que describe de forma uniforme los mantenimientos necesarios, los recursos requeridos y los plazos de acción. Al final del informe se incluyó el llenado de la Ficha de Evaluación del Informe de Mantenimiento Preventivo. (Ver anexo 5 y 6)

3.7. Formulación y cálculo de indicadores

La formulación de los indicadores se hizo en base a la problemática de la empresa: rendimiento de la producción por debajo del promedio, retraso en proceso de producción, generación de reprocesos en la producción de azúcar y excesos de mermas

en la producción. El primer indicador del estudio es % de horas de parada de planta por mantenimiento correctivo como se visualiza en (1).

$$\frac{\text{horas de parada de planta por mantenimiento correctivo}}{\text{tiempo disponible}} \times 100 \quad (1)$$

Este indicador contabiliza las 46 horas trimestrales de parada de la planta para mantenimiento correctivo como resultado de tres operaciones de mantenimiento correctivo realizadas en la maquinaria del molino y la caldera. Por otro lado, se dejaron de producir 3,680 kilogramos como consecuencia de estos cierres de planta, lo que generó una utilidad no realizada de S/ 164,090.32 soles al año. Se constató que el mantenimiento correctivo consumía el 5% del tiempo disponible por trimestre. El segundo indicador fue el % de materia prima perdida por averías de máquina de trapiche y clasificación como se observa en (2).

$$\frac{\text{kg perdidos por averías}}{\text{kg clasificados}} \times 100 \quad (2)$$

Para el desarrollo del indicador se tuvo en cuenta la existencia de fallas en el área de trapiche por presencia de piedra en la caña que es acarreada en el campo y llega al área fabril lo cual provoca: atoros en los molinos y disparos por vibración en el desfibrador. Así mismo en el área de elaboración existe fallas en equipos de bomba de vacío, ya sea por mal funcionamiento o una caída de las bombas ameritaría una inoperatividad en uno o 2 de los tachos generando pérdidas de 4140 kg no procesados durante averías en las máquinas de clasificación generando una utilidad perdida de S/ 403,762.07. Se determinó que el 2% de la materia prima se ha perdido por averías de máquina de trapiche y clasificación en este trimestre.

El tercer indicador fue el % de materia prima reprocesada por falta de capacitación como se muestra en (3).

$$\frac{\textit{kg reprocesados por fatla de capacitación}}{\textit{total de kg reprocesados}} \times 100 \quad (3)$$

Este indicador se desarrolló tomando la falta de capacitación a los colaboradores en las líneas de quemado y cortadola en las líneas manuales generando una utilidad perdida de S/ 255,235.06. Se determinó que el 5% de la materia prima se reprocesa por falta de capacitación.

El cuarto indicador de % de mermas en la línea del proceso de clasificación para azúcar como se ve en (4).

$$\frac{\textit{total de mermas kg}}{\textit{total de kg clasificados}} \times 100 \quad (4)$$

Para el desarrollo de este indicador se tuvo en cuenta las mermas totales y la merma de salvamento con un valor de 327 269 kilogramos en el trimestre, dando como resultado una utilidad no percibida que asciende a S/ 870,878.03 soles al año. Asimismo, se determinó que la merma en el proceso de clarificación de azúcar 8 % de la capacidad de producción.

3.8. Simulación para el diseño de mejora

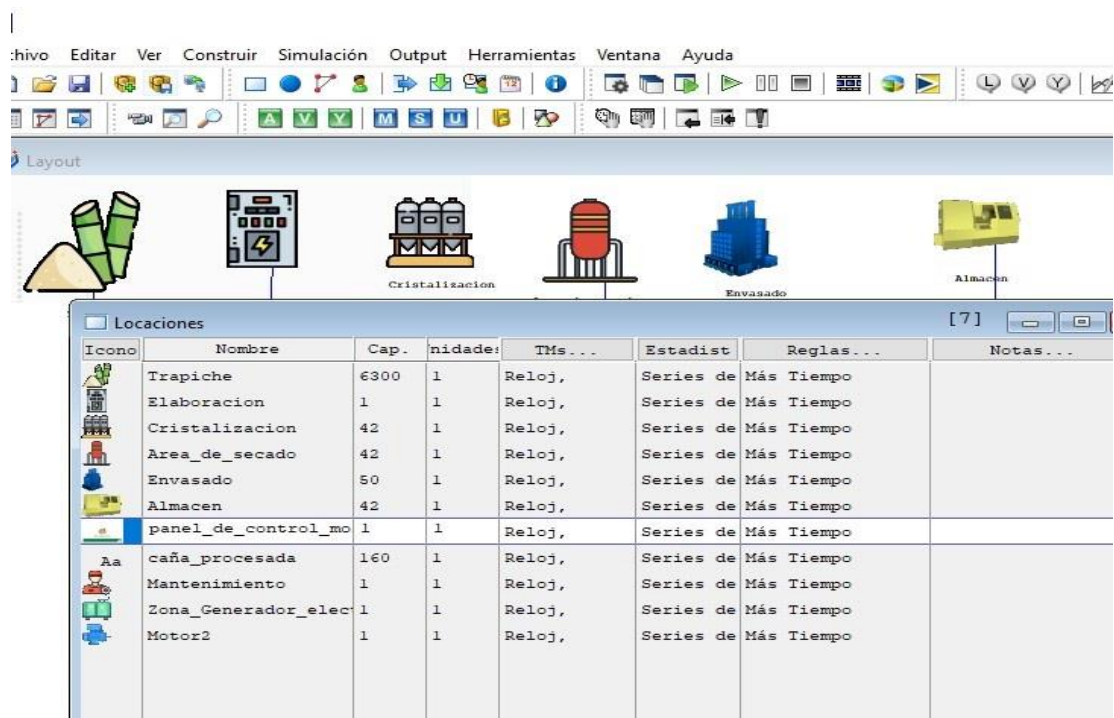
Tras una revisión de criterios, se seleccionó el más práctico para desarrollar la simulación de mantenimiento preventivo, siendo ProModel el simulador más adecuado y con mayor valor calificativo.

3.8.1. Desarrollo de la simulación

Empezamos creando las ubicaciones de la zona, que se representan en la imagen adjunta, para preparar la simulación del mantenimiento preventivo de la zona de molienda:

Figura 4

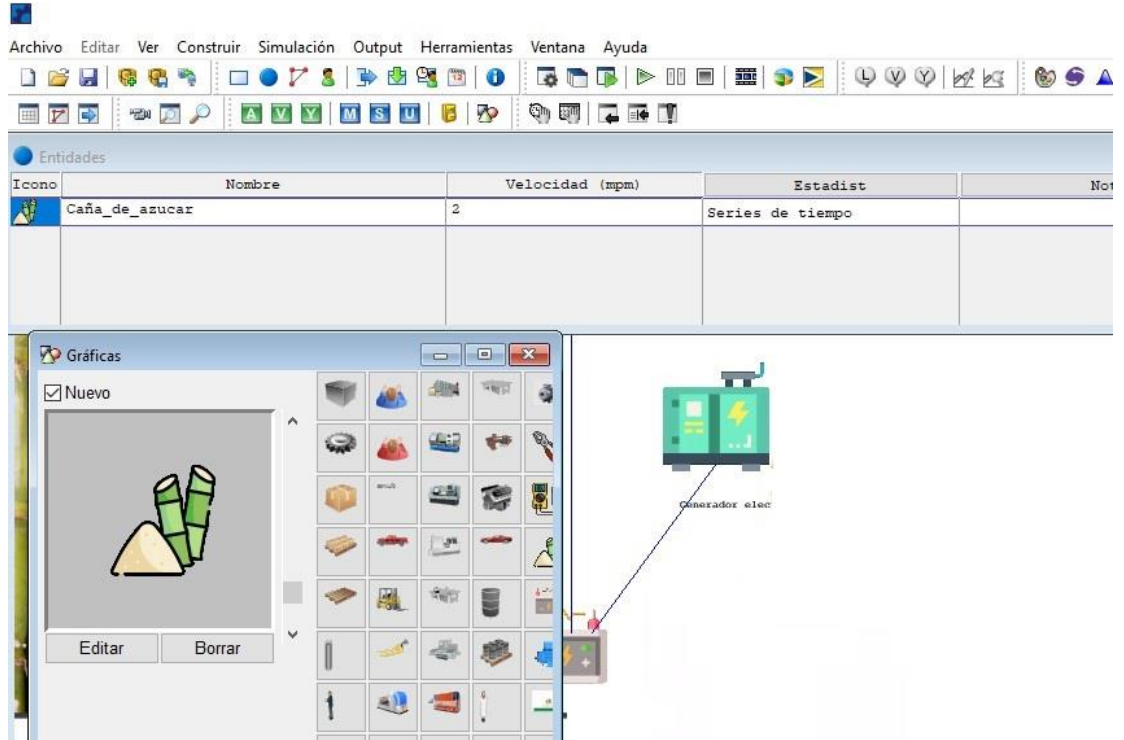
Locaciones del área de producción de azúcar



Las locaciones se completaron con nombres, su capacidad y unidades, lo que permitió un funcionamiento preciso durante la simulación del proceso y el mantenimiento preventivo. En consecuencia, se produjo la caña de azúcar, como una entidad:

Figura 5

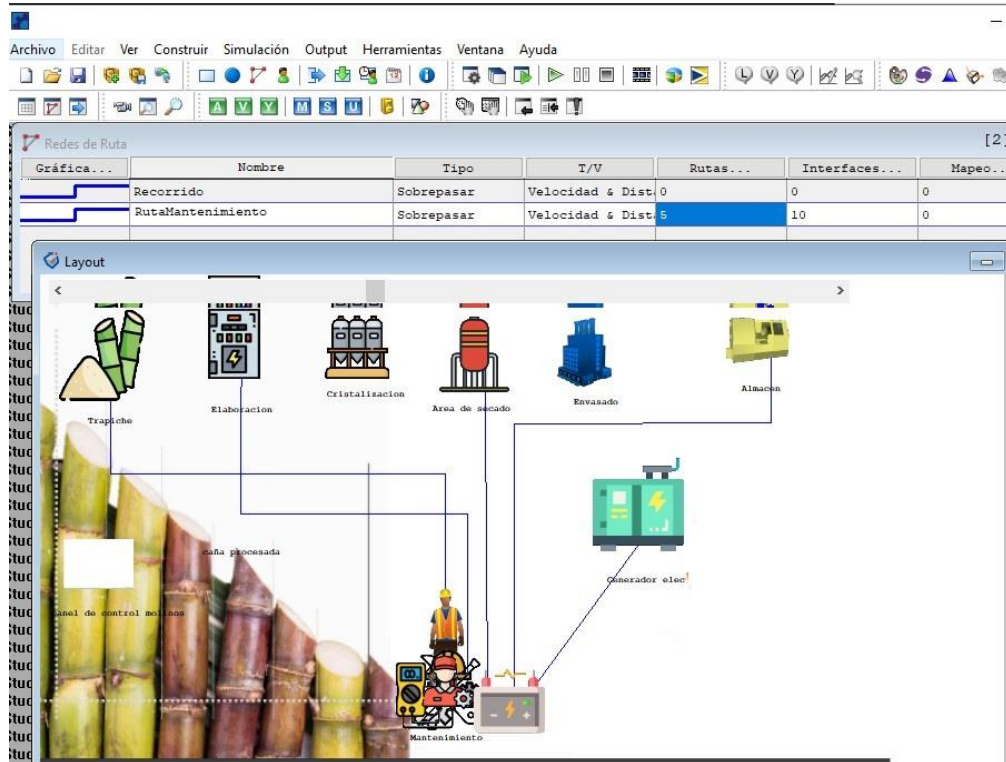
Entidad del área de producción de azúcar



A continuación, se diseñaron rutas para todas las máquinas de la zona de producción.

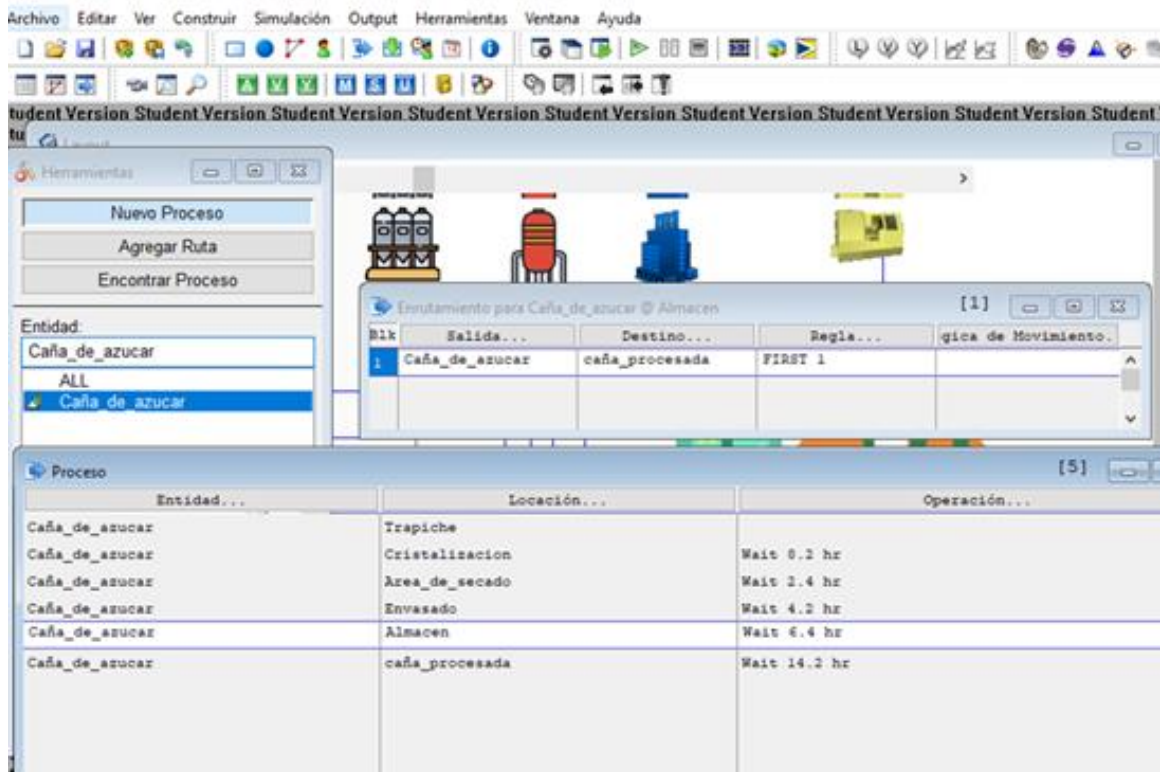
Figura 6

Creación de rutas para mantenimiento preventivo



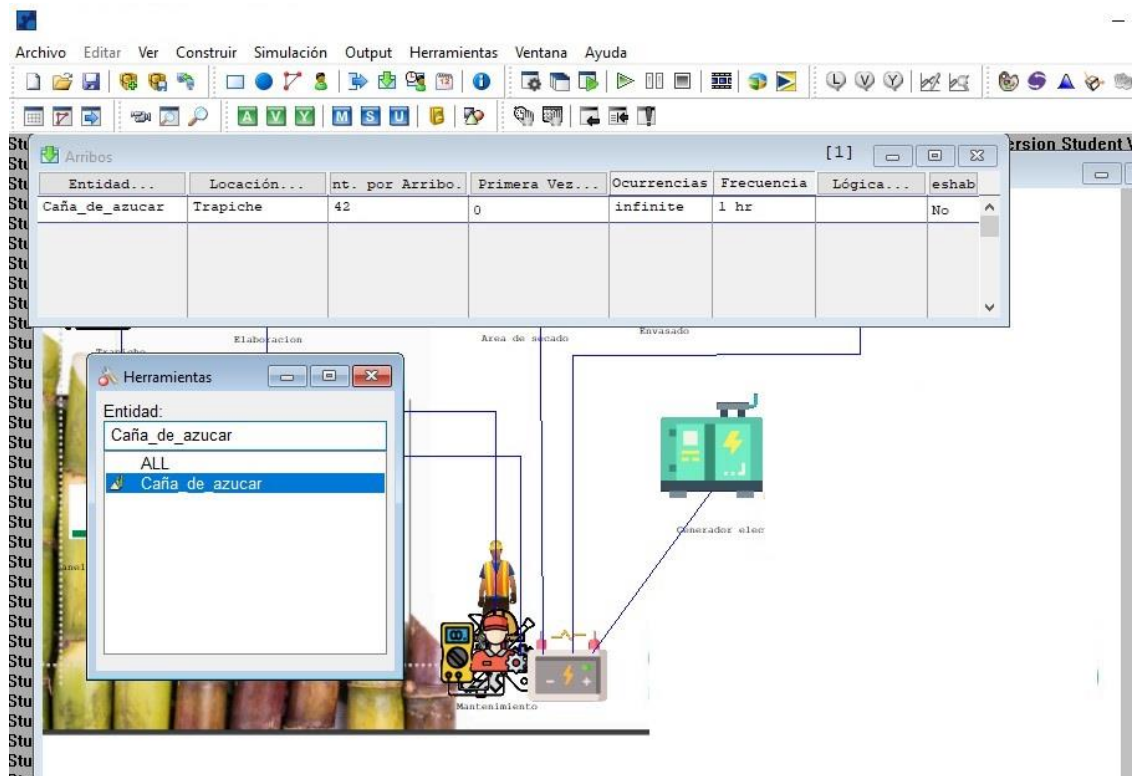
Para guiar a los técnicos a saber dónde deben realizar las tareas de mantenimiento, se construyó una red de ruta en esta parte. Para el tratamiento se codificaron todas las tareas y requisitos que deben realizar las ubicaciones para que la entidad funcione, como en la figura siguiente:

Figura 7
Processing del área de producción



El proceso inicia con el Trapiche, luego esta se dirige a cristalización el cual demora 8.2 horas para el transporte de 42 toneladas de caña de azúcar, asimismo el proceso continúa en la zona de envasado, que tiene una capacidad de 50 toneladas pero sólo se utiliza parcialmente porque la operación sólo transporta 42 toneladas durante 4,2 horas. A continuación, la caña envasada se transporta al almacén, donde permanece 6,4 horas antes de ser procesada y preparada para su transporte y distribución durante 14,2 horas, con lo que concluye todo el proceso. El siguiente paso para elaborar la simulación fue configurar las llegadas de la siguiente manera:

Figura 8
Llegadas de caña de azúcar a Trapiche

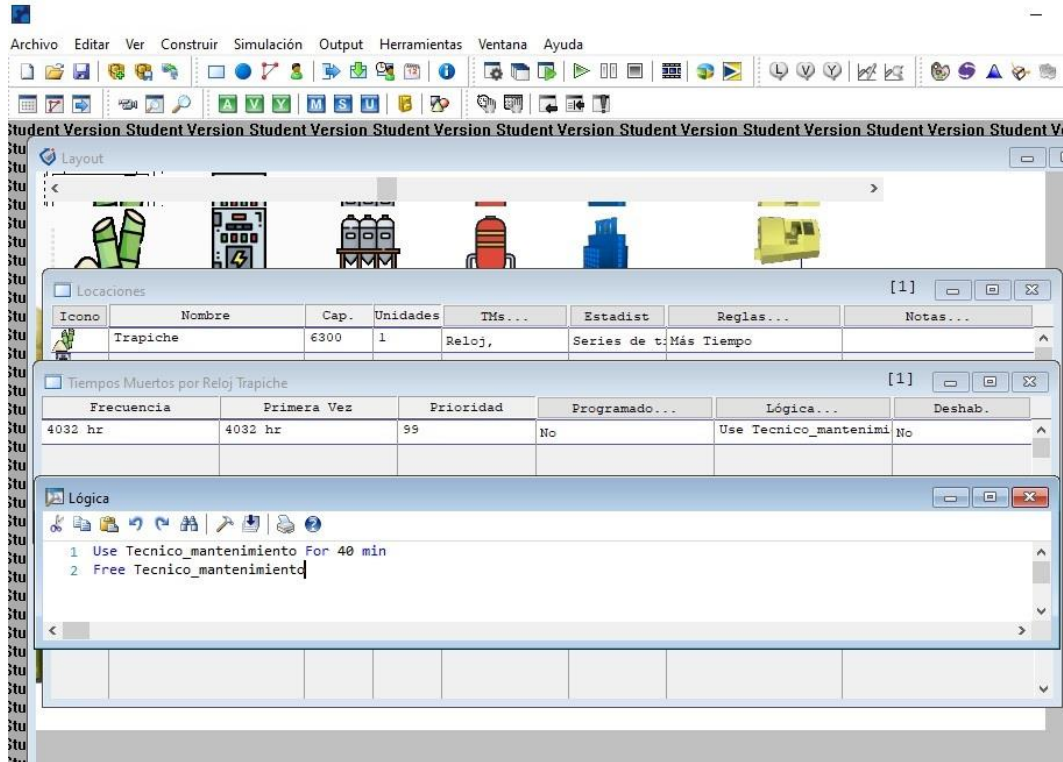


El siguiente paso de la simulación fue establecer las llegadas. Como la caña de azúcar era la única entidad analizada, se le asignó que llegara a Trapiche en 42 toneladas a una frecuencia horaria con un primer valor de tiempo de 0. Esto se hizo porque la simulación debía comenzar con la llegada inmediata de la caña de azúcar a Trapiche. La ocurrencia fue infinita, es decir, la caña de azúcar llegará infinitas veces al área de Trapiche, cumpliendo la simulación con la duración requerida.

Luego, se realizó lo siguiente para la configuración del mantenimiento preventivo:

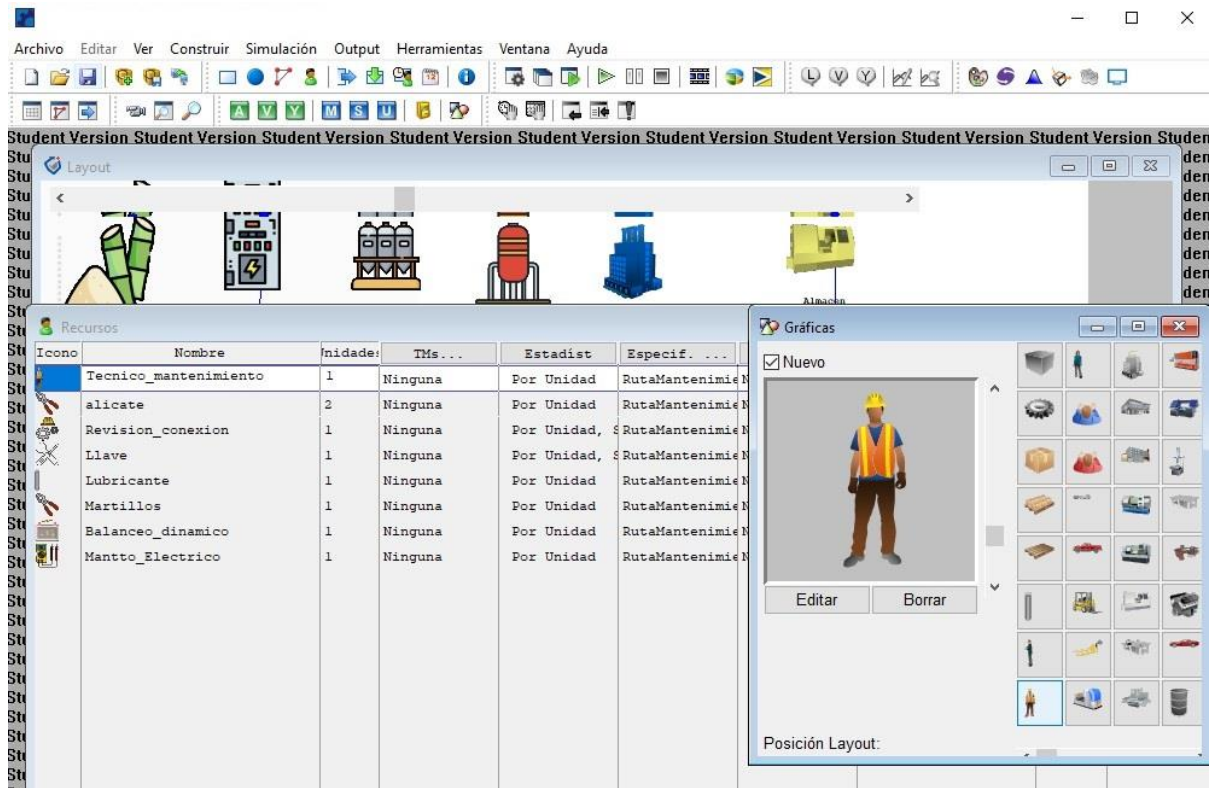
Figura 9

Mantenimiento preventivo del área de Trapiche



Luego, se programó la opción de reloj, que es la más práctica para el mantenimiento preventivo, para la configuración del mantenimiento preventivo de cada entidad. La lógica también fue programada para mostrar que el técnico de mantenimiento es utilizado durante 40 minutos y luego se le da vía libre para volver al área de mantenimiento. En el caso del Trapiche, se estableció una frecuencia de 4032 horas por primera vez para que parezca que es la primera vez que el técnico realiza el mantenimiento y no al inicio de la simulación. Para cada ubicación, se repitió el proceso y se asignó la frecuencia de mantenimiento adecuada aconsejada por la empresa.

Figura 10
Recursos del mantenimiento preventivo



En esta sección, se estableció cada recurso necesario para el mantenimiento preventivo, con una descripción de cómo utilizaría la ruta de mantenimiento, que se desarrolló previamente para conectar las máquinas de mantenimiento con las de producción. Utilizando la opción Lógica, estos recursos se programaron en lugares con el tiempo de uso especificado: Mantenimiento eléctrico, balanceo dinámico, lubricaciones, revisiones y conexiones y el uso de herramientas varias.

3.8.2. Elaboración de las tablas de reportes

Tabla 14
Reporte de simulación

Escenario	Réplica	Period.	Nombre	Tiempo Prog. (Min)	Cap	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Cont. Prom.	Cont. Máx.	Cont. Actual	% Utilización
Baseline	1	1	Trapiche	241920	6300	175644	51474.53	5376.5	6300	6300	85.34092
Baseline	1	1	Elaboración	241920	1	0	0	0	0	0	0
Baseline	1	1	Cristalización	241920	42	169344	417.0685	42	42	42	100
Baseline	1	1	Área de secado	241920	42	169302	417.157	41.999	42	42	99.99643
Baseline	1	1	Envasado	241920	50	169260	417.2457	41.997	42	42	83.99401
Baseline	1	1	Almacén	241920	42	169218	417.3343	41.996	42	42	99.9893
Baseline	1	1	panel de control molinos	241920	160	169176	60	6.0362	42	0	3.772612
Baseline	1	1	caña procesada	241920	1	0	0	0	0	0	0
Baseline	1	1	Mantenimiento	241920	1	0	0	0	0	0	0
Baseline	1	1	Zona Generador eléctrico	241920	1	0	0	0	0	0	0
Baseline	1	1	Motor2	241920	6300	175644	51474.53	5376.5	6300	6300	85.34092

En la Tabla 14 se presentan informaciones generales sobre el proceso de producción de la simulación de caña de azúcar, incluyendo capacidad, tiempo programado, insumos, contenido y porcentaje de utilización. Estas estadísticas muestran que el sistema funciona correctamente y que el mantenimiento preventivo es coherente con el método utilizado para producir caña de azúcar.

Tabla 15

Costos de las entidades

Escenario	Réplica	Period	Nombre	Und.	NoUso Costo	% NoUso Costo	Costo de Uso	% Costo de Uso	Total Costo	% Costo Total
Baseline	1	1	Tecnico mantenimiento	1	40320	35.72443	898.15	100	41218.2	36.23188
Baseline	1	1	alicate.1	1	824.363	0.730404	0	0	824.363	0.724638
Baseline	1	1	alicate.2	1	824.363	0.730404	0	0	824.363	0.724638
Baseline	1	1	alicate	2	1648.726	1.460808	0	0	1648.73	1.449275
Baseline	1	1	Revisión conexión	1	2060.908	1.826011	0	0	2060.91	1.811594
Baseline	1	1	Llave	1	2060.908	1.826011	0	0	2060.91	1.811594
Baseline	1	1	Lubricante	1	4121.815	3.652021	0	0	4121.82	3.623188
Baseline	1	1	Martillos	1	824.363	0.730404	0	0	824.363	0.724638
Baseline	1	1	Balanceo dinámico	1	41218.15	36.52021	0	0	41218.2	36.23188
Baseline	1	1	Mantto Eléctrico	1	20609.08	18.26011	0	0	20609.1	18.11594

Según la Tabla 15 la simulación en ProModel del mantenimiento preventivo en el área de producción, enumera los gastos de todas las entidades que componen el técnico de mantenimiento, los suministros y las piezas de recambio. La condición de uso para los recursos materiales y las piezas de recambio implica que sus costes se basan en el uso, no en la frecuencia de uso.

3.9. Evaluación económica y financiera el diseño de mejora

3.9.1. Inversión del proyecto

El proyecto de mejora en la empresa agroindustrial implicó costos relacionados con la implementación de una gestión de mantenimiento, 5S, VSM y el plan de capacitación en relación las etapas de quema y corte en línea de producción. Para planificar y programar el mantenimiento correctivo y las paradas de la planta, y para capacitar al personal, se decidió adquirir una impresora y utilizar una laptop personal para documentar todo lo pertinente. Además, se contempla la utilización de algunos suministros de oficina para guardar en formato impreso la documentación necesaria, como el manual de procedimientos en el área de trapiche y calderas, y la aplicación de los programas de capacitación. Se considera para 12 meses de aplicación. Para las herramientas del área de mantenimiento se tomó en cuenta lo siguiente:

Tabla 16

Inversión de herramientas de mejora en el área de mantenimiento

Inversión para el Plan de Manteniendo			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Laptop	2	S/ 2,469	S/ 4,938
Mesa escritorio	2	S/ 964	S/ 1,928
Silla Giratoria Ergonómica	2	S/ 459	S/ 918
Impresora	1	S/ 1,499	S/ 1,499
Insumos de papelería	1	S/ 1,100	S/ 1,100
Estantes metálicos	4	S/ 349	S/ 1,396
Total			S/ 11,779

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Inversión de capacitaciones del área de mantenimiento

Capacitaciones			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitador especialista en el área de mantenimiento	3	S/ 2,500	S/ 7,500
Auditor especialista en temas de mantenimiento preventivo	1	S/ 2,500	S/ 2,500
Total			S/ 10,000

Fuente: Elaboración propia

Mientras tanto, las herramientas implementadas en el área de producción se tomaron en cuenta lo siguiente:

Tabla 18

Inversión de herramientas de mejora en el área de producción

Inversión para el VSM, 5S y Plan de capacitaciones en línea de quemado y cortado			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Contenedores	8	S/ 149	S/ 1,191
Stikers para identificación (Paquete)	7	S/ 35	S/ 245
Estantes metálicos	3	S/ 349	S/ 1,047
Laptop	2	S/ 2,469	S/ 4,938
Mesa escritorio	3	S/ 964	S/ 2,892
Silla Giratoria Ergonómica	2	S/ 459	S/ 918
Impresora	1	S/ 1,499	S/ 1,499
Insumos de papelería	1	S/ 1,100	S/ 1,100
Total			S/ 13,830

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19
Inversión de las capacitaciones para el área de producción

Descripción	Capacitaciones		
	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capitador y auditor especialista en tema producción	4	S/ 2,500	S/ 10,000
Auditor especialista en tema producción	2	S/ 2,500	S/ 5,000
Total			S/ 15,000

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se determinó la inversión total:

Tabla 20
Inversión de las herramientas de mejora

Área	Herramientas	Inversión
Mantenimiento	Plan de mantenimiento preventivo	S/ 21,779
Producción	VSM, 5S y Plan de capacitaciones	S/ 28,830
Total		S/ 50,609

Fuente: Elaboración propia

3.9.2. Estado de resultados

Se realizó una proyección del estado de resultados a 12 meses, tomando en cuenta los ingresos del proyecto de mejora, los costos de inversión operativa, la depreciación de los equipos adquiridos calculada utilizando la tasa máxima de depreciación anual de 18% especificada por la SUNAT para los equipos de procesamiento de datos, y el impuesto a la renta de 29,5% definido por la SUNAT.

3.9.3. Flujo de caja proyectado

Al proyectar el flujo de caja a 12 meses se tuvo en cuenta la utilidad después de impuestos del estado de resultados, la depreciación del equipo y el flujo de caja neto global negativo de S/. 50,609 para el período 0.

Tabla 21

Flujo de caja proyectado a 12 meses

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Egresos													
Inversión de herramientas	S/ 25,609	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0
Plan de mantenimiento preventivo	S/ 11,779												
VSM, 5S y Plan de capacitaciones	S/ 13,830												
Costos operativos (Capacitaciones)	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000
Total de egresos	S/ 50,609	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000	S/ 25,000
Ingresos													
Beneficios del Plan de mantenimiento preventivo		S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646	S/ 9,646
Beneficios del VSM, 5S y Plan capacitaciones		S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467	S/ 22,467
Total de ingresos	S/ 0	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113	S/ 32,113
Flujo anual de la caja	-S/ 50,609	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113	S/ 7,113

3.9.4. Cálculo del VAN y TIR

De acuerdo con Molina y Del Carpio (2004), para establecer un COK en un proyecto de inversión, se deben considerar las tasas del 16% y 30% para determinar la sensibilidad del proyecto con base en estas tasas, considerando que la primera es la versión optimista y la segunda es la que genera un VAN menor, se consideró un COK o Costo de Oportunidad del 18% anual, el cual trabajado en meses será de 1.5%.

Tabla 22

Indicadores económicos

VNA	S/ 77,583.73
VAN	S/. 26,974.53
TIR	9%
PRI	8
B/C	1.53

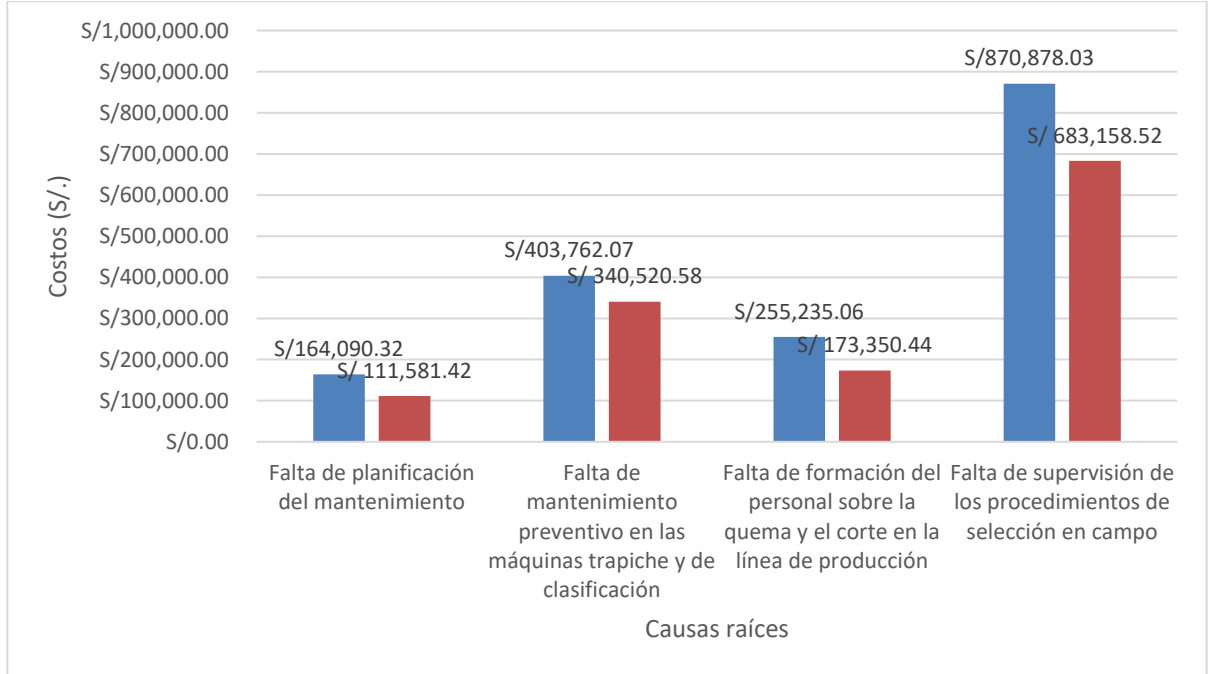
Según indicadores en la tabla 23, arrojan valores significativos como:

- El proyecto es rentable, ya que su VAN es superior a cero (S/26.974,53)
- Existe un TIR de 9% mayor al COK de 1.5%.
- El B/C es de 1,53, lo que significa que por cada sol invertido, la inversión retornará a S/0,53.
- El periodo de retorno de la inversión será de 8 meses.
- Se concluye el proyecto es rentable.

3.9.5. Costos actuales vs mejorado de las causas raíces seleccionadas

Figura 11

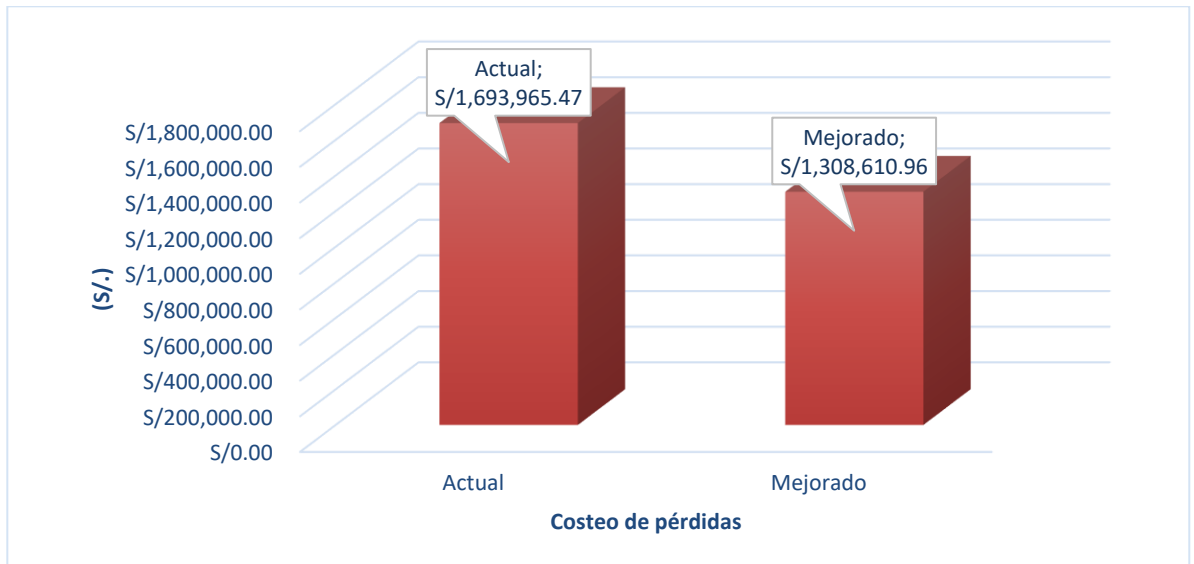
Pérdida monetaria actual y mejorada de las causas raíces



3.9.6. Comparación de costeo de pérdidas actual vs mejorado

Figura 12

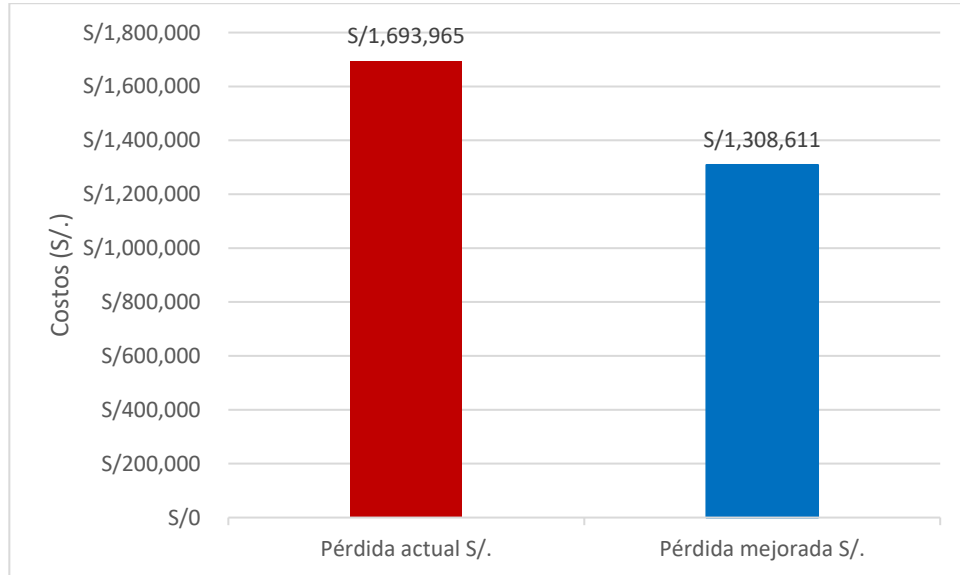
Pérdida actual vs mejorado



3.9.7. Comparación de porcentajes de costos operativos

Figura 13

Costes de pérdidas totales actual y mejorado en áreas producción y mantenimiento



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

- En relación con el objetivo de diagnosticar el estado actual de una empresa agroindustrial, se determinó que las principales causas de los gastos operativos son la falta de formación del personal sobre la quema y el corte en la línea de producción, falta de supervisión de los procedimientos de selección en campo, la falta de mantenimiento preventivo en las máquinas trapiche y de clasificación, así como una planificación insuficiente del mantenimiento, la falta de orden y limpieza, y una planificación y gestión inadecuadas de la producción. Así, lo asegura González (2016), donde señala en su investigación que los gastos operativos de una empresa agroindustrial y la mejora del diseño tienen una gran relación. Los principales problemas de la empresa eran las averías inesperadas de las máquinas y los reprocesamientos. Además, había un 5% de horas de parada de planta debido a paradas de máquinas por falta de mantenimiento, lo que le costaba a la empresa S/. 30 718,80 semestralmente. Por otro lado, Gonzales (2020) afirmó que la empresa en la que realiza su investigación tiene un exceso de paradas intempestivas, lo cual genera una reducción de la producción diaria, generando problemas de confiabilidad y mantenibilidad, invirtiendo en repuestos y reparaciones en un 30% del costo de inversión de la capacidad total instalada.
- Sobre el objetivo de identificar los métodos y herramientas de ingeniería industrial para el diseño de la mejora en la empresa agroindustrial, se implementó un Plan de Mantenimiento Preventivo, 5'S, VSM, y Plan de Capacitación en los procesos de quema y corte en producción, obteniendo un ahorro en pérdidas de S/. 385,354.51 anuales. Este resultado concuerda con la investigación de Cruz et al., (2020), que diseñó un plan de mantenimiento preventivo, Kardex vsm y balance de línea como

herramientas en los ámbitos de producción y mantenimiento y ahorraron S/. 33.031,53 como consecuencia. De la misma manera, según Paredes (2017), las mejoras permitieron aumentar la disponibilidad de los equipos del 91,4% al 95,7%, lo que generó unos ingresos de 2.006.983 soles en el transcurso de los 8 años para los que se preveía el flujo de caja. Dado lo anterior, se puede asumir que el uso de un plan de mantenimiento preventivo, que eleva la tasa de producción de la máquina en la empresa a 2%, mientras que disminuye la tasa de producción no alcanzada a 0.2% y produce un ahorro de S/. 13,3820, tiene una relación sustancial.

- Se planteó como tercer objetivo simular el diseño de mejora con el software ProModel. En ese sentido, Orozco (2016) analiza en su artículo el diseño y despliegue de entornos industriales asistidos por simulación de procesos tras examinar cómo empresas de todo el mundo han optado por utilizar el conocimiento de situaciones simuladas en su planificación estratégica. Dado lo anterior, se puede asumir que los recursos materiales y repuestos en la simulación realizada con el software ProModel se encuentran en estado de uso, por lo que su precio de utilización no se calcula en función del tiempo o capacidad de uso. Utilizando estos datos para generar el resultado, se puede calcular que el costo anual simulado de mantenimiento preventivo para el área de fresado es de S/. 115,410.8 soles.
- Durante la evaluación económica del objetivo 4 se descubrieron indicadores como un VAN de S/. 26,974.53, una TIR del 9%, un PRI de 8 y un beneficio/coste (B/C) de 1,53. Estos resultados son comparables a los de Saldaña (2019), quien obtuvo en su estudio un VAN de S/. 20,622.77, un costo beneficio de 1.48 considerando un tasa COK mensual de 1.39% . Igual de relevantes son los resultados de Mosqueira y Garcia (2021), quienes encontraron que su idea es lucrativa al obtener una TIR de 66.05%, un VAN de S/. 682,652.72 y un B/C de 2.24.

4.2. Conclusiones

- Se determino que la hipótesis planteada al principio es aceptada, ya que hubo una disminución en los costos operativos en un 23% de la empresa agroindustrial, reduciendo de S/ 1,693,965.47 a S/ 1,308,610.96 en pérdidas anuales.
- Se encontró que al implementar herramientas como un Plan de Mantenimiento Preventivo, 5'S, VSM, y Plan de Capacitación en los procesos de quema y corte, se reducen los costos operativos de la empresa agroindustrial, resultando en un beneficio financiero en forma de disminución de pérdidas monetarias de S/ 385,354.51soles.
- Se evaluó el estado actual de los departamentos de producción y mantenimiento en una empresa agroindustrial, siendo los problemas de la empresa el Exceso de residuos en las etapas de producción, Averías en las máquinas de trapiche y clasificación, Generación de reprocesos en la producción, Paradas imprevistas en la cadena de montaje, Retrasos prolongados en la producción, Demoras por desplazamientos, con un costo total de S/. 1,693,965.47 anual.
- Se desarrollo un Plan de Mantenimiento Preventivo, 5'S, VSM y un Plan de Formación como parte del diseño de mejora en los departamentos de producción y mantenimiento de una empresa agroindustrial con el fin de ahorrar gastos operativos.
- Se utilizó el software ProModel para modelar el plan de mejora y recopilar amplia información sobre la simulación del proceso de producción de caña de azúcar, incluida la capacidad, el tiempo programado, los insumos, el contenido y el porcentaje de utilización. Según estas estadísticas, el sistema funciona correctamente y el mantenimiento preventivo sigue el ritmo del proceso de producción de caña de azúcar. Para la simulación del mantenimiento preventivo en el área de producción, se muestran los costes de todas las entidades que hacen las veces de técnico de mantenimiento, suministros y piezas de repuesto. Los recursos materiales y las piezas

de recambio están sujetos a restricciones de uso, lo que significa que sus costes vienen determinados por los periodos de utilización y no por los tiempos de uso. Tras la incorporación de estos datos, el costo de mantenimiento preventivo anual simulado para el área de mantenimiento disminuyó en un 12%.

- Se determinó que el proyecto es rentable porque su valor actual neto (VAN) es de S/26.974,54, con una tasa interna de retorno (TIR) de 9% superior al coste de capital (COK) mensual, que es del 1.5%, y una relación beneficio-coste (B/C) de 1,53, el cual significa que por cada sol invertido, la inversión retornará en S/0,53. También se determinó que el periodo de amortización de la inversión será de 8 meses.

REFERENCIAS

- Alvarado Cesme, M. M., & Rovira Ojeda, K. J. (2018). Propuesta tecnológica para el control y gestión de la producción en la empresa perfectoplast S.A. [Tesis profesional, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad Guayaquil.
- Armas García, N. R. (2019). Propuestas de gestión en procesos y recursos humanos, plan de mantenimiento y plan de manejo de residuos para reducir los costos operacionales del área matricería de Sulpol SAC. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte.
- Arroyo Vaca, C. S., & Obando Quito, R. F. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 4(10), 59-69.
<https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id240>
- Campos-López, O.; Tolentino-Eslava, G.; Toledo-Velázquez, M. y Totentino-Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. ISSN: 1665-0654
- Codex Alimentarius (1999). Principios Generales de Higiene de los Alimentos. CAC/RCP-1 (1969), Rev. 3 (1997), enmendado en 1999. Recuperado de http://www.fao.org/ag/agn/cdfruits_es/others/docs/cac-rcp1-1969.pdf
- Estremadoyro Pacheco, M. K. (2022). Mejora de la gestión operativa en la producción de leche en la empresa Agroindustria Chachani SAC empleando la metodología Lean Manufacturing. [Título profesional, Universidad Católica San Pablo]. Repositorio institucional de la Universidad Católica San Pablo.
- García Cantó, M. y Amador Gandia, A. (2019). Cómo aplicar “Value Stream Mapping” (VSM). *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(2), pp. 68-83. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.68-83>.

- García Tocto, J. E., & Mosqueira Carmona, A. A. (2021). Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir los costos operacionales en la empresa Industria Molinera Bustamante EIRL. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte.
- Gasca, M.; Camargo, L. y Medina, B. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n4/art14.pdf>
- Gonzales Chamba, J. M. (2020). Plan de mantenimiento para mejorar la producción en el área de trapiche de la azucarera Agropucala SAA. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- González, A. C. L. (2015). Proceso administrativo. Grupo editorial patria.
- Himmelblau, D. M. (2021). Análisis y simulación de procesos. Reverté.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2001). NTP 577: Sistema de gestión preventiva: revisiones de seguridad y mantenimiento de equipos. Recuperado de: https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_577.pdf/8d3ecc3b-98d6-4927-8020-b516740c76fb
- International Organization for Standardization (2018). Norma ISO 45001:2018 Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es>.
- Leyva Reyes, K. F., & Rosales Herrera, M. A. (2018). Análisis de los costos indirectos de fabricación para la determinación del costo de producción de la línea de " Productos A" en la empresa EFP SAC, distrito de Breña-Periodo 2017.

- Lizarzaburu, E. (2015). La gestión de la calidad en Perú: un estudio de la norma ISO 9001, sus beneficios y los principales cambios en la versión 2015. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/1872/187244133006.pdf>
- Mendoza S. & Cordon J. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y planificado para la empresa arcillas de Colombia E&M SAS. [Título profesional, Universidad Francisco de Paula Santander]. Repositorio digital de la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Meneses Huiza, N. A., & Lastra Veliz, F. V (2020). Propuesta de mejora del proceso productivo en la línea de barnizado para reducir los altos costos de producción en una empresa maderera mediante el uso de las técnicas SMED, 5'S y Mantenimiento Preventivo. [Título profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ministerio de salud (1998). Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas. Decreto Supremo N° 007-98-SA. Recuperado de:
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/284610/256394_DS007-1998.pdf20190110-18386-1q4l45y.pdf
- Oliva, K., Arellano, M., López, M. y Soler, K. (2010). Sistemas de información para la gestión de mantenimiento en la gran industria del estado Zulia. Revista Venezolana de Gerencia, 15(49), 125-140. ISSN 1315-9984
- Paredes Diaz, F. M. (2017). Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción para incrementar la rentabilidad de la empresa de confecciones Danpar EIRL. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte.

- Rodríguez, C., Ortiz, A. y Izquierdo, H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista venezolana de gerencia*, 18(61), 86-104.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004>
- Rashuaman, D. (2019). Análisis Y Diseño De Letrina Ecológica Para Mejorar Las Condiciones De Salubridad En Concepción. [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana de los Andes]. Repositorio institucional de la Universidad Peruana de los Andes
- Saldaña Cabellos, D. A. (2019). Propuesta de mejora en el área de producción para reducir los costos operativos de la línea de producción de espárrago blanco fresco en la empresa Agroindustrial Tal SA. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte.
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>
- Cruz, A., Iparraguirre, D., Lozano, E., Parimango, L. & Castillo, R. (2020). Diseño de plan de mantenimiento preventivo, Kardex, VSM Y Balance de línea para reducir costos. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 7(2).
<https://doi.org/10.26495/icti.v7i2.1498>

ANEXOS

Anexo 1 Plan de capacitación del personal

PLAN DE CAPACITACIÓN												
Contenido de la capacitación			Cronograma Capacitación	Indicador Cumplimiento	Instructor	N° Horas	Indicador Cobertura			Indicador de Eficacia		
Temario	Objetivo	Alcance	Fecha Programada	% Cumplimiento	Competencia del entrenador	Duración de la capacitación	Numero de asistentes a capacitación	Numero total de trabajadores programados	% Cobertura	Numero trabajadores evaluados	Número de evaluaciones eficaces	% de evaluaciones eficaces
Introducción al proceso de quema y corte de caña de azúcar	Conocimiento del proceso de producción de azúcar	Personal directo	1 Sem/ 2 Sem 2022	90%	Especialista en tema de procesos	1h	250	250	100.00%	250.00	200.00	80.00%
Riesgos y peligros asociados con la quema y corte de caña de azúcar	Que los trabajadores entiendan los riesgos inherentes a la quema y corte de caña de azúcar, y cómo evitar accidentes.	Personal directo	1 Sem/ 2 Sem 2022	100%	Especialista en tema de procesos	1 h	85	90	94.44%	85.00	68.00	80.00%
Equipo de protección personal	Verificar el buen uso de EPP	Personal directo	1 Sem/ 2 Sem 2022	100%	Especialista en tema de procesos	1 h	90	90	100.00%	90.00	72.00	80.00%
Procedimientos de seguridad:	Responsabilidades de Gerencia, mandos medios y trabajadores	Personal directo	1 Sem/ 2 Sem 2022	100%	Especialista en tema de procesos	1 h	87	90	96.67%	87.00	69.60	80.00%
Primeros auxilios	Conocimiento en manejo de prestación de primeros auxilios	Personal directo	1 Sem/ 2 Sem 2022	90%	Especialista en tema de procesos	1 h	90	90	100.00%	90.00	72.00	80.00%
Mantenimiento y reparación de equipos	Divulgar las funciones y obligaciones	Personal directo	1 Sem/ 2 Sem 2022	90%	Especialista en tema de procesos	1h	90	90	100.00%	90.00	72.00	80.00%
Medidas de seguridad medioambiental	Dar a conocer los riesgos biológicos, en el cual están expuestos en salidas de campo y áreas de trabajo	Personal directo	1 Sem/ 2 Sem 2022	90%	Especialista en tema de procesos	8h	30	30	100.00%	30.00	24.00	80.00%
Higiene postural	Mantener posturas de trabajo adecuadas	Personal directo	1 Sem/ 2 Sem 2022	90%	Especialista en tema de procesos	1h	88	90	97.78%	88.00	70.40	80.00%

Anexo 2 Auditoria de 5S

AUDITORÍA 5S																																		
Empresa :		Auditor :																																
Area:		Dia :																																
Sistema de puntuación 0 Inexistente - La pregunta no se apoya en ninguna realidad. 1 Insuficiente - El cumplimiento es inferior al 40%. 2 Bueno - Hay un cumplimiento superior al 40% pero inferior al 90%. 3 Excelente - El grado de cumplimiento es superior al 90%.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="color: #1a3d4d;">Objetivo</th> <th style="color: #1a3d4d;">Real</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1ª s</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2ª s</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3ª s</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4ª s</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5ª s</td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: #1a3d4d; color: white;"><td style="text-align: center;">Total</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Objetivo	Real	1ª s			2ª s			3ª s			4ª s			5ª s			Total													
	Objetivo	Real																																
1ª s																																		
2ª s																																		
3ª s																																		
4ª s																																		
5ª s																																		
Total																																		
1ª s Separar y eliminar innecesarios	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td>Los artículos que no son necesarios se mantienen separados de los que sí lo son.</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td>Se han separado los residuos de los componentes esenciales.</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td>Se ha utilizado la etiqueta para identificar los productos que no son esenciales.</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td>Se han retirado las cajas de embalaje de los materiales.</td><td></td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: #1a3d4d; color: white;"><td colspan="2" style="text-align: right;">Total</td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	1	Los artículos que no son necesarios se mantienen separados de los que sí lo son.	X				2	Se han separado los residuos de los componentes esenciales.	X				3	Se ha utilizado la etiqueta para identificar los productos que no son esenciales.	X				4	Se han retirado las cajas de embalaje de los materiales.		X			Total				1				
1	Los artículos que no son necesarios se mantienen separados de los que sí lo son.	X																																
2	Se han separado los residuos de los componentes esenciales.	X																																
3	Se ha utilizado la etiqueta para identificar los productos que no son esenciales.	X																																
4	Se han retirado las cajas de embalaje de los materiales.		X																															
Total				1																														
2ª s Situarse e identificar necesarios	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td>¿Las herramientas necesarias están dispuestas y colocadas correctamente?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td>¿Están las herramientas necesarias ordenadas y colocadas correctamente?</td><td></td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td>¿Están mal colocados los objetos personales y la ropa de los empleados?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td>¿Están las mercancías ordenadas y contenidas en sus embalajes o cajas?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: #1a3d4d; color: white;"><td colspan="2" style="text-align: right;">Total</td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	1	¿Las herramientas necesarias están dispuestas y colocadas correctamente?	X				2	¿Están las herramientas necesarias ordenadas y colocadas correctamente?		X			3	¿Están mal colocados los objetos personales y la ropa de los empleados?	X				4	¿Están las mercancías ordenadas y contenidas en sus embalajes o cajas?	X				Total				1				
1	¿Las herramientas necesarias están dispuestas y colocadas correctamente?	X																																
2	¿Están las herramientas necesarias ordenadas y colocadas correctamente?		X																															
3	¿Están mal colocados los objetos personales y la ropa de los empleados?	X																																
4	¿Están las mercancías ordenadas y contenidas en sus embalajes o cajas?	X																																
Total				1																														
3ª s Suprimir la suciedad	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td>¿El área se encuentra libre de basura y comida?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td>¿Se realizó la limpieza correctamente?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td>¿Considera que el estado de limpieza de las instalaciones es adecuado?</td><td></td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td>¿Los pisos se mantienen en buen estado sin acumulaciones de agua u otros fluidos?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: #1a3d4d; color: white;"><td colspan="2" style="text-align: right;">Total</td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	1	¿El área se encuentra libre de basura y comida?	X				2	¿Se realizó la limpieza correctamente?	X				3	¿Considera que el estado de limpieza de las instalaciones es adecuado?		X			4	¿Los pisos se mantienen en buen estado sin acumulaciones de agua u otros fluidos?	X				Total				1				
1	¿El área se encuentra libre de basura y comida?	X																																
2	¿Se realizó la limpieza correctamente?	X																																
3	¿Considera que el estado de limpieza de las instalaciones es adecuado?		X																															
4	¿Los pisos se mantienen en buen estado sin acumulaciones de agua u otros fluidos?	X																																
Total				1																														
4ª s Señalizar	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td>¿Están organizados y son uniformes los archivos de los archivadores?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td>¿Se cumplen los requisitos mínimos de temperatura, iluminación, polvo y vibraciones?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td>¿Se puede reciclar la basura?</td><td></td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td>¿Los extintores están bien etiquetados, son accesibles y visibles en el lugar donde se encuentran?</td><td></td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: #1a3d4d; color: white;"><td colspan="2" style="text-align: right;">Total</td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">2</td><td></td></tr> </tbody> </table>	1	¿Están organizados y son uniformes los archivos de los archivadores?	X				2	¿Se cumplen los requisitos mínimos de temperatura, iluminación, polvo y vibraciones?	X				3	¿Se puede reciclar la basura?		X			4	¿Los extintores están bien etiquetados, son accesibles y visibles en el lugar donde se encuentran?		X			Total				2				
1	¿Están organizados y son uniformes los archivos de los archivadores?	X																																
2	¿Se cumplen los requisitos mínimos de temperatura, iluminación, polvo y vibraciones?	X																																
3	¿Se puede reciclar la basura?		X																															
4	¿Los extintores están bien etiquetados, son accesibles y visibles en el lugar donde se encuentran?		X																															
Total				2																														
5ª s Sostener y respetar	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td>¿Hay obstáculos en la zona?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td>En general, ¿cree que la oficina está ordenada y bien gestionada?</td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td>¿Los grupos de trabajo se reúnen a tiempo?</td><td></td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td>¿Examinan todo con regularidad?</td><td></td><td style="text-align: center;">X</td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: #1a3d4d; color: white;"><td colspan="2" style="text-align: right;">Total</td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">2</td><td></td></tr> </tbody> </table>	1	¿Hay obstáculos en la zona?	X				2	En general, ¿cree que la oficina está ordenada y bien gestionada?	X				3	¿Los grupos de trabajo se reúnen a tiempo?		X			4	¿Examinan todo con regularidad?		X			Total				2				
1	¿Hay obstáculos en la zona?	X																																
2	En general, ¿cree que la oficina está ordenada y bien gestionada?	X																																
3	¿Los grupos de trabajo se reúnen a tiempo?		X																															
4	¿Examinan todo con regularidad?		X																															
Total				2																														

Anexo 3 Cronograma de limpieza

CRONOGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE BAÑOS																								
SEDE			LUGAR																		TIPO DE BAÑOS			
Empresa agroindustrial			Area de producción																		M	F	Mixto	
BAÑO FUERA DE SERVICIO	SI		NO		DÍAS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN																			
	LOS SIGUIENTES ELEMENTOS SE ENCUENTRAN LIMPIOS/EN FUNCIONAMIENTO:																							
		DIA: 19-Dic			DIA: 20-dic			DIA: 21- dic			DIA: 22-dic			DIA: 23-dic			DIA: 25-dic			DIA: 26-dic				
		SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA		
EXTERIOR	Limpia de Paredes	X			X				X			X			X			X			X			
	Limpia de Corredores		X			X			X			X			X			X			X			
	Limpia de Puerta de ingreso	X			X			X			X			X			X		X		X			
INTERIOR	Pisos	X			X			X			X			X			X			X				
	Paredes	X			X			X			X			X			X			X				
	Techos	X			X				X		X			X			X			X				
	Puertas y divisiones	X			X			X			X			X			X			X				
	Espejos	X				X		X			X					X		X		X				
	Lavamanos	X				X		X			X			X			X			X				
	Interruptores de iluminación		X		X			X			X			X					X		X			
	Sanitarios	X			X			X			X			X			X			X		X		
	Canecas		X		X						X			X			X			X			X	
	Dispensador de jabón de manos	X			X			X			X			X			X			X		X		
	Dispensador de toallas para manos	X				X		X			X			X			X			X			X	
	Secador de manos	X					X	X			X			X			X			X		X		
KIT DE DESINFECCIÓN	Jabon para manos	X			X			X			X			X			X			X				
	Desinfectante en aerosol, atomizador, alcohol	X			X			X			X			X		X			X		X			
	Escobas, cepillo, traperos y valde	X			X			X			X					X	X			X				
	Jabon para piso y desinfectante para baños	X			X			X			X			X			X			X				
	Estopa	X				X				X	X			X			X		X		X			
ELEMENTOS DE BIOSEGURIDAD	El personal usa tapabocas	X			X			X			X					X	X			X				
	El personal usa guantes de nitrilo	X			X			X			X			X			X			X				
	El personal usa elementos impermeables	X				X			X		X			X			X			X				
	El personal usa Protección visual	X			X				X	X			X			X			X		X			
HORA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	Hora Limpieza y Desinfección	HORA:			HORA:			HORA:			HORA:			HORA:			HORA:			HORA:				
	Nombres y Apellidos del Responsable																							
Detallar condiciones y/o recomendaciones (si aplica)																								

Anexo 4 Analisis de criticidad

Maquinaria	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad	Costo de Mtto.	Impacto a SAH	Consecuencia	Total	Jerarquización
Trituradora	7	5	3	1	1	17	119	SEMICRÍTICO
Extractor	0	8	3	1	4	29	0	NO CRÍTICO
Divididora	3	10	3	1	4	35	105	SEMICRÍTICO
Prensadora	4	5	3	2	4	21	84	SEMICRÍTICO
Escurreidora	0	0	0	0	0	0	0	NO CRÍTICO
Rebajadora	6	0	0	0	0	0	0	NO CRÍTICO
Clarificadora	2	0	0	0	0	0	0	NO CRÍTICO
Caldera	1	9	3	1	4	32	32	NO CRÍTICO
Horno al vacío	2	10	3	1	1	32	64	SEMICRÍTICO
Centrifugadora	2	4	2	1	1	10	20	NO CRÍTICO
Secadora	2	9	3	1	1	29	58	SEMICRÍTICO
Desenpolvadora	0	0	0	0	0	0	0	NO CRÍTICO
Envasadora manual	1	0	0	0	0	0	0	NO CRÍTICO
Plancha	0	5	3	1	4	20	0	NO CRÍTICO

Anexo 6 Plan de mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO									
INSTALACIÓN/MÁQUINA	ELEMENTOS A REVISAR			PARÁMETROS A CONTROLAR			PRUEBAS A EJECUTAR		
	Enumerar Elementos	Periodicidad Revisión	Periodicidad Informe	Enumerar Parámetros	Periodicidad Revisión	Periodicidad Informe	Enumerar Pruebas	Periodicidad Pruebas	Periodicidad Informe
Trituradora									
Extractora									
Divididora									
Prensadora									
Escurreadora									
Rebajadora									
Clarificadora									
Caldera									
Horno al vacío									
Centrifugadora									
Secadora									
Desenpolvadora									
Envasadora manual									
Plancha									

Anexo 8 Control de Produccion (VSM)

