

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



**Análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción en la
planta de Azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025**

Tesis presentada por el Bachiller:

De la Peña Bejarano, Sebastian Paul

ORCID: 0009-0000-9611-9329

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor:

Dr. Zevallos Gonzales, Wilbert Felipe

ORCID: 0000-0003-1249-6130

Arequipa- Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA INDUSTRIAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 24 de Octubre del 2025

Dictamen: 015084-C-EPII-2025

Visto el borrador del expediente 015084, presentado por:

2018221971 - DE LA PEÑA BEJARANO SEBASTIAN PAUL

Titulado:

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA
PLANTA DE AZÚCAR DE LA EMPRESA CHUCARAPI, AREQUIPA 2025**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO INDUSTRIAL

**29276357 - RODRIGUEZ SALAZAR OSWALDO RENE
DICTAMINADOR**



**40697050 - NIETO PEÑA VANESSA GLADYS
DICTAMINADOR**



**29653773 - CARRASCO BOCANGEL JULIO CESAR
DICTAMINADOR**



Análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción en la planta de Azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

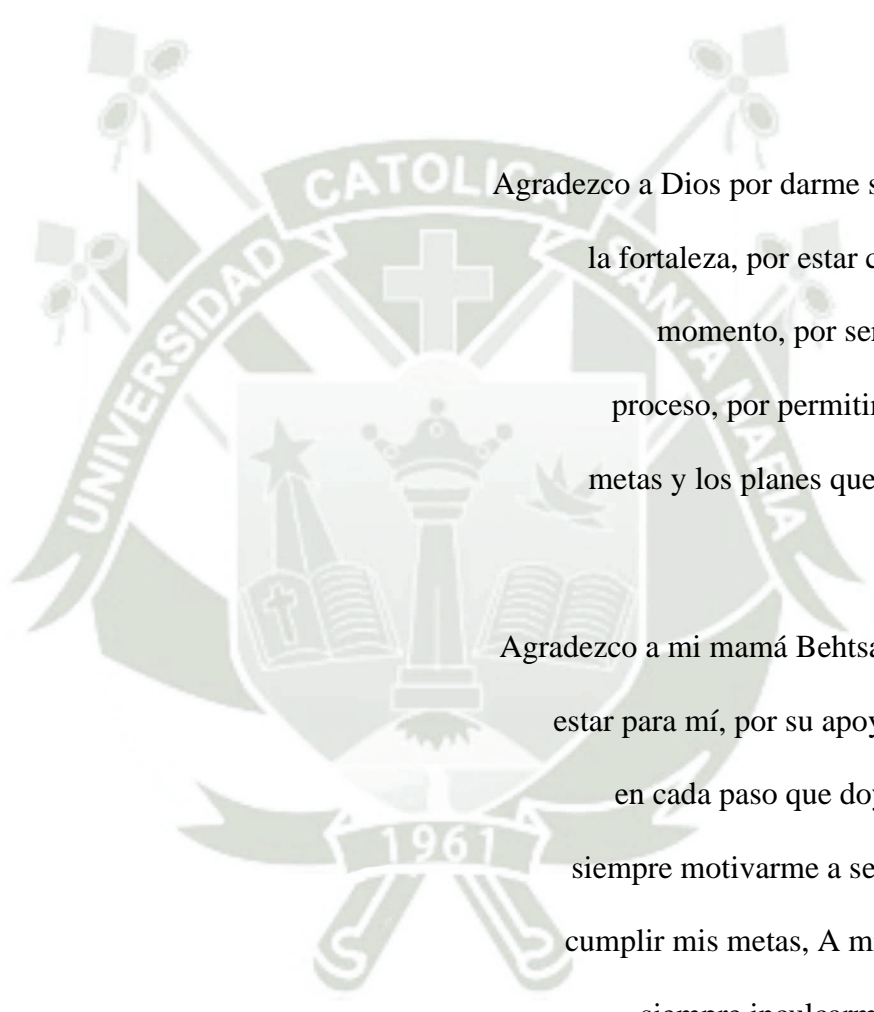
| | | |
|---|---|-----|
| 1 | repositorio.unsa.edu.pe | 4% |
| | Fuente de Internet | |
| 2 | Submitted to Universidad Católica de Santa María | 2% |
| | Trabajo del estudiante | |
| 3 | hdl.handle.net | 1% |
| | Fuente de Internet | |
| 4 | www.coursehero.com | 1% |
| | Fuente de Internet | |
| 5 | Submitted to Aliat Universidades | 1% |
| | Trabajo del estudiante | |
| 6 | repositorio.upn.edu.pe | <1% |
| | Fuente de Internet | |
| 7 | www.slideshare.net | <1% |
| | Fuente de Internet | |
| 8 | tesis.ucsm.edu.pe | <1% |
| | Fuente de Internet | |

Dedicatoria



A Dios, por permitirme estar aquí, por darme
salud y fuerza para cumplir esta meta
A mis padres, por siempre apoyarme
y permitirme alcanzar todos mis objetivos

Agradecimientos



Agradezco a Dios por darme salud, por darme la fortaleza, por estar conmigo en cada momento, por ser mi guía en este proceso, por permitirme cumplir mis metas y los planes que él tiene para mi vida.

Agradezco a mi mamá Behtsabet por siempre estar para mí, por su apoyo incondicional en cada paso que doy en mi vida por siempre motivarme a seguir creciendo a cumplir mis metas, A mi papá Pablo por siempre inculcarme el crecimiento profesional por brindarme el apoyo por darme la oportunidad de poder cumplir esta meta.

RESUMEN

Esta investigación se propuso analizar la capacidad instalada y sugerir cómo incrementar la producción en la planta de azúcar de Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. en Arequipa, Perú. El diagnóstico inicial reveló que la empresa opera al 57.9 % de su capacidad instalada, con un rendimiento promedio de extracción de 55 kg de azúcar por tonelada de caña, lo que corresponde a una eficiencia del 57.89 % en comparación con el máximo histórico de la planta. Esta situación provoca pérdidas económicas considerables, estimadas en S/ 5,878,656 al año, a causa de reprocesos, tiempos muertos y baja eficiencia operativa.

Para solucionar este problema, se usaron métodos de ingeniería industrial como estudios de tiempos, equilibrio de líneas, análisis de capacidad y diseño de procedimientos para las fases importantes de molienda, clarificación, evaporación, cristalización y centrifugado. Después, se midieron los tiempos de nuevo, mostrando reducciones de entre 0.75 % y 4.64 %. Esto permitió proyectar un aumento anual de producción de 1,287 toneladas más de azúcar, lo que se cree que equivale a S/ 2,895,750 de ingresos.

Se concluye que la implementación de procedimientos estandarizados y la gestión técnica de los procesos permiten mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos improductivos y aumentar la productividad de la planta, generando impactos económicos significativos y contribuyendo a la sostenibilidad de la empresa en el mercado azucarero.

Palabras clave: Capacidad instalada, estudio de tiempos, procedimientos estandarizados.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the installed capacity and suggest ways to increase production at the Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. sugar plant in Arequipa, Peru. The initial diagnosis revealed that the company operates at 57.9% of its installed capacity, with an average extraction yield of 55 kg of sugar per ton of cane, which corresponds to an efficiency of 57.89% compared to the plant's historical maximum. This situation causes considerable economic losses, estimated at S/ 5,878,656 per year, due to reprocessing, downtime, and low operational efficiency.

To solve this problem, industrial engineering methods such as time studies, line balancing, capacity analysis, and procedure design were used for the important stages of grinding, clarification, evaporation, crystallization, and centrifugation. The times were then measured again, showing reductions of between 0.75% and 4.64%. This made it possible to project an annual increase in production of 1,287 tons of sugar, which is believed to be equivalent to S/ 2,895,750 in revenue.

It is concluded that implementing standardized procedures and technical process management significantly improves operational efficiency, reduces idle times, and increases plant productivity, generating substantial economic impacts and contributing to the sustainability of the company in the sugar market.

Keywords: Installed capacity, time study, standardized procedures.

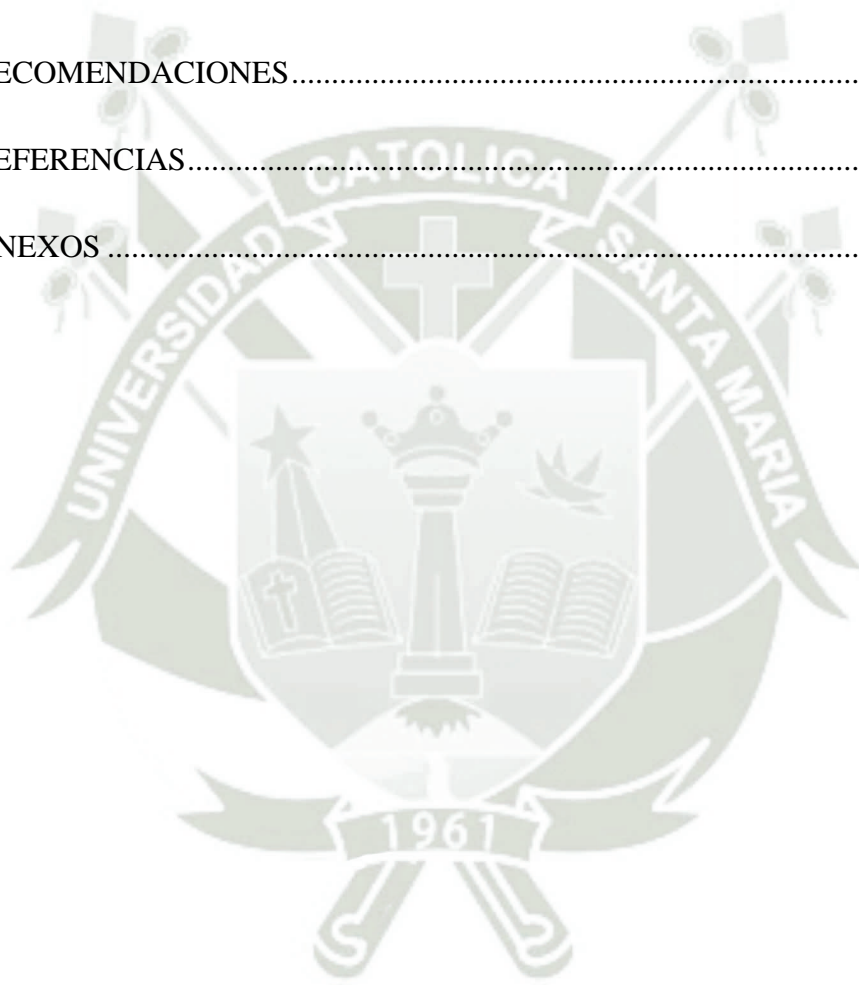
ÍNDICE

| | |
|--|---|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1. Planteamiento Operacional | 3 |
| 1.1. Descripción de la realidad de la problemática | 3 |
| 1.2. Formulación del Problema | 4 |
| 1.2.1. Problema General..... | 4 |
| 1.2.2. Problemas Específicos | 5 |
| 1.3. Objetivos de la Investigación..... | 5 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 5 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 5 |
| 1.4. Justificación | 6 |
| 1.4.1. Justificación Teórica | 6 |
| 1.4.2. Justificación Metodológica | 6 |
| 1.4.3. Justificación Práctica | 6 |
| a) Política, Económica y/o Social..... | 6 |
| b) Profesional, Académica y/o Personal | 7 |
| 1.5. Delimitación de la Investigación | 7 |
| 1.5.1. Delimitación Espacial | 7 |
| 1.5.2. Delimitación Social..... | 7 |
| 1.5.3. Delimitación Temporal | 7 |
| 1.5.4. Delimitación Conceptual | 7 |

| | | |
|---------|--|----|
| 1.6. | Hipótesis de la Investigación | 8 |
| 1.7. | Variables | 8 |
| 1.8. | Limitaciones..... | 9 |
| 1.9. | Metodología de la Investigación..... | 9 |
| 1.9.1. | Método de la Investigación..... | 9 |
| 1.9.2. | Tipo de Investigación..... | 9 |
| 1.9.3. | Nivel de la Investigación | 10 |
| 1.10. | Cobertura de estudio | 10 |
| 1.10.1. | Población..... | 10 |
| 1.10.2. | Muestra | 10 |
| 1.11. | Técnicas e instrumentos | 11 |
| 1.11.1. | Técnicas de la investigación | 11 |
| 1.11.2. | Instrumentos de la Investigación | 11 |
| 1.12. | Matriz de Consistencia..... | 13 |
| 1.13. | Marco Teórico..... | 15 |
| 1.13.1. | Antecedentes de la Investigación..... | 15 |
| 1.14. | Marco Conceptual y Legal..... | 20 |
| 1.14.1. | Eficiencia de una empresa | 20 |
| 1.14.2. | Capacitación..... | 20 |
| 1.14.3. | Implementación de indicadores | 21 |
| 1.14.4. | Disponibilidad de maquinaria..... | 22 |

| | |
|---|------------|
| 1.14.5. Productividad | 23 |
| 1.14.6. Cuello de botella | 23 |
| 1.14.7. Diseño de planta..... | 24 |
| 1.14.8. Estudio de movimientos y tiempos | 25 |
| 1.14.9. Balance de Materia | 26 |
| CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL..... | 27 |
| 2. Diagnóstico de la investigación | 27 |
| 2.1. Información de la empresa..... | 27 |
| 2.1.1. Reseña histórica | 27 |
| 2.1.2. Giro de negocio y principales productos | 27 |
| 2.1.3. Ubicación geográfica y alcance de mercado..... | 28 |
| 2.1.4. Organización de la planta de producción..... | 28 |
| 2.3. Cuantificación y Análisis de los Problemas Productivos | 45 |
| CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE PROYECTO | 71 |
| 3. Desarrollo de la investigación..... | 71 |
| 3.1. Introducción al Análisis de Capacidad | 71 |
| 3.2. Análisis de capacidad instalada | 74 |
| 3.3. Estudio de método y tiempos | 82 |
| 3.4. Propuesta de procedimiento estandarizado..... | 96 |
| CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 124 |
| 4. Cuantificación Técnica y Económica de la Propuesta de Mejora..... | 124 |

| | |
|---|------------|
| 4.1. Descripción de la cuantificación de la investigación..... | 124 |
| 4.2. Resumen Comparativo de Tiempos Antes y Después..... | 124 |
| 4.3. Incremento en Capacidad de Producción..... | 125 |
| 4.4. Análisis Económico del Incremento de Producción..... | 127 |
| CONCLUSIONES | 131 |
| RECOMENDACIONES..... | 133 |
| REFERENCIAS..... | 134 |
| ANEXOS | 139 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Operacionalización de variables..... | 8 |
| Tabla 2 Matriz de Consistencia | 13 |
| Tabla 3 Indicadores del proceso productivo..... | 46 |
| Tabla 4 Eficiencia de extracción de sacarosa | 47 |
| Tabla 5 Implicancias económicas..... | 48 |
| Tabla 6 Disponibilidad operativa | 49 |
| Tabla 7 Antigüedad y desgaste de equipos..... | 50 |
| Tabla 8 Reprocesos elevados..... | 52 |
| Tabla 9 Impacto económico y técnico global..... | 53 |
| Tabla 10 Causas – Método | 56 |
| Tabla 11 Causas – Máquina..... | 58 |
| Tabla 12 Causas – Mano de obra..... | 59 |
| Tabla 13 Causas – Materiales..... | 61 |
| Tabla 14 Causas – Medio ambiente..... | 62 |
| Tabla 15 Causas – Medición | 63 |
| Tabla 16 Matriz de priorización de causas | 67 |
| Tabla 17 Capacidad Instalada Teórica de la Planta..... | 76 |
| Tabla 18 Capacidad Real Utilizada en 2024 | 77 |
| Tabla 19 Brecha de Capacidad No Utilizada (2024)..... | 77 |
| Tabla 20 Valores de los indicadores de producción | 79 |
| Tabla 21 Tiempos de Operación Mensual (2024) | 80 |
| Tabla 22 Distribución Estimada de Horas Perdidas (Mensual)..... | 80 |
| Tabla 23 Rendimiento de Extracción en Planta (2024)..... | 81 |
| Tabla 24 Brecha Potencial de Producción de Azúcar (2024)..... | 81 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 25 Tiempos Observados en Molienda (min/ton) | 83 |
| Tabla 26 Tiempos Observados en Clarificación (min/ton) | 85 |
| Tabla 27 Tiempos Observados en Evaporación (min/ton) | 87 |
| Tabla 28 Tiempos Observados en Cristalización (min/ton) | 89 |
| Tabla 29 Tiempos Observados en Centrifugado (min/ton) | 91 |
| Tabla 30 Resumen de Tiempos Estándar por Proceso | 95 |
| Tabla 31 Procedimiento Estandarizado: Molienda..... | 99 |
| Tabla 32 Parámetros Técnicos Recomendados: Molienda..... | 100 |
| Tabla 33 Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton)..... | 101 |
| Tabla 34 Comparación de Tiempos Antes y Después de la Mejora..... | 103 |
| Tabla 35 Procedimiento Estandarizado - Clarificación..... | 105 |
| Tabla 36 Parámetros Técnicos Recomendado - Clarificación..... | 106 |
| Tabla 37 Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton) | 107 |
| Tabla 38 Comparación de Tiempos en Clarificación Antes y Después | 108 |
| Tabla 39 Procedimiento Estandarizado: Evaporación..... | 110 |
| Tabla 40 Parámetros Técnicos Recomendado - Evaporación | 111 |
| Tabla 41 Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton) | 111 |
| Tabla 42 Comparación de Tiempos en Evaporación Antes y Después | 113 |
| Tabla 43 Procedimiento Estandarizado – Cristalización..... | 115 |
| Tabla 44 Parámetros Técnicos Recomendados – Cristalización | 115 |
| Tabla 45 Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton)..... | 116 |
| Tabla 46 Comparación de Tiempos en Cristalización Antes y Después | 118 |
| Tabla 47 Procedimiento Estandarizado: Centrifugado..... | 119 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 48 Parámetros Técnicos Recomendados: Centrifugado | 120 |
| Tabla 49 Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton)..... | 121 |
| Tabla 50 Comparación de Tiempos en Centrifugado Antes y Después | 122 |
| Tabla 51 Resumen Comparativo de Tiempos Estándar Antes y Después..... | 125 |
| Tabla 52 Comparación de Capacidad Diaria Antes y Después (ton/día) | 126 |
| Tabla 53 Incremento Potencial en Producción de Azúcar..... | 127 |
| Tabla 54 Estimación de Ingresos Adicionales Anuales..... | 128 |
| Tabla 55 Proyección del flujo de caja | 130 |
| Tabla 56 Ficha de observación | 139 |
| Tabla 57 Cuestionario..... | 140 |
| Tabla 58 Instrumento de equipos..... | 142 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Organigrama de la empresa | 33 |
| Figura 2 Diagrama de análisis del proceso productivo | 44 |
| Figura 3 Diagrama de Ishikawa | 64 |
| Figura 4 Utilización de la Capacidad Instalada en 2024 | 72 |
| Figura 5 Comparación entre Capacidad Instalada y Capacidad Real (2024) | 73 |
| Figura 6 Mapa de procesos Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. | 73 |
| Figura 7 Diagrama SIPOC del proceso productivo | 153 |
| Figura 8 Matriz de Análisis de modo y efecto de fallas de cristalización | 154 |
| Figura 9 Imagen de la preparación de caña en la central azucarera Chucarapi | 155 |
| Figura 10 Imagen de los Molinos del proceso de molienda de la Central Azucarera Chucarapi | 155 |
| Figura 11 Imagen de la zona de encalamiento proceso de clarificación | 156 |
| Figura 12 Imagen clarificador principal proceso de Clarificación | 156 |
| Figura 13 Imagen Evaporadores proceso de Evaporación..... | 157 |
| Figura 14 Imagen cristalizadores de la empresa proceso de Cristalización | 157 |
| Figura 15 Imagen de tachos de miel de la empresa proceso de Cristalización..... | 158 |
| Figura 16 Imagen cristalizadores de la empresa proceso de Cristalización | 158 |
| Figura 17 Imagen zona envasado para proceso de envasado..... | 159 |
| Figura 18 Imagen almacén de producto terminado | 159 |

INTRODUCCIÓN

La industria azucarera constituye un pilar económico relevante en diversas regiones del Perú, particularmente en el sur del país, donde empresas como la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. desempeñan un papel fundamental tanto en la producción local como en el abastecimiento parcial de mercados de exportación. Sin embargo, el sector enfrenta retos significativos, derivados de procesos productivos que operan por debajo de su capacidad instalada, altos niveles de reprocesos y tiempos improductivos que limitan la rentabilidad y la competitividad empresarial.

La empresa Chucarapi, ubicada en el distrito de Cocachacra, provincia de Islay, Arequipa, presenta un bajo nivel de aprovechamiento de su capacidad instalada, operando al 57.9 % durante el año 2024, lo cual se traduce en una pérdida de oportunidad para incrementar su participación en el mercado y reducir costos unitarios. Adicionalmente, su rendimiento promedio de extracción de sacarosa se encuentra en 55 kg por tonelada de caña, muy por debajo de los estándares históricos alcanzados por la planta, lo que impacta negativamente en los resultados económicos, generando pérdidas anuales que superan los cinco millones de soles.

Frente a esta problemática, la presente investigación se desarrolló con el propósito de analizar exhaustivamente la capacidad instalada y proponer mejoras basadas en herramientas de ingeniería industrial, tales como estudios de métodos y tiempos, balance de línea, y diseño de procedimientos estandarizados, con el fin de incrementar la producción y optimizar los recursos técnicos y humanos de la empresa.

El desarrollo de esta tesis incluye un diagnóstico detallado de la situación actual, la identificación de los principales cuellos de botella, la aplicación de métodos cuantitativos para determinar tiempos estándar y la proyección del impacto técnico y económico de las

propuestas planteadas. Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de procedimientos estandarizados permitió reducir los tiempos estándar en todas las etapas críticas, incrementando la capacidad de procesamiento y proyectando una producción anual adicional de 1,287 toneladas de azúcar, equivalente a ingresos estimados en S/ 2,895,750.

De este modo, la presente investigación no solo contribuye a resolver una problemática específica de la empresa, sino que también aporta evidencia sobre el impacto positivo que tienen las herramientas de ingeniería industrial en la mejora continua de procesos productivos en el sector azucarero.



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Planteamiento Operacional

1.1. Descripción de la realidad de la problemática

A nivel internacional, la producción internacional de azúcar ascendió a USD 32,796.9 millones, registrando un crecimiento el 2021 de 14.8% con respecto al año anterior. El principal comprador fue China concentrando un 7.9% del total seguido por Indonesia con un 7.5% y en tercer lugar Estados Unidos con un 6.9% del total. Por el lado de Latinoamérica Brasil fue el principal proveedor de azúcar con un 32.3% con un 32.3% convirtiéndolo en el país exportador más importante de la región.

En el entorno nacional, dentro de los años 2017 al 2021 las exportaciones peruanas se contrajeron en un promedio anual de 3.2% esto debido a la baja producción de cosechas en ese lapso. Para el año 2021 las exportaciones anuales acumularon 61.6 millones de dólares, menor que el año anterior por 12.5%. Cabe destacar que, de los tipos diferentes de azúcar, el Perú sigue priorizando los tipos de azúcar rubia, azúcar blanca, Panela y azúcar en polvo siendo la primera la de mayor participación con un 56% de las exportaciones totales. De igual forma se ven un decrecimiento del 8.2% el 2021 con relación al último año en donde se realizó este estudio.

En el ámbito local, la comercialización de azúcar es dominada por 3 departamento, La Libertad con 81.8%, Lima con un 10% y Piura con un 7.5% de las exportaciones nacionales. La ciudad de Arequipa cuenta con la planta de procesamiento de la Central Azucarera Chucarapi especializado en la producción de azúcar rubia. El mercado productor de Arequipa se limita solamente a atender el mercado local con bajos números de exportación solamente considerando el 10% para ventas extranjeras, esto por el bajo nivel comercial que le ha

brindado la zona y su presentación a nuevos mercados extranjeros limitando el conocimiento de su calidad y dulzor a comparación de otros tipos de azúcar.

La empresa Chucarapi, ubicada en la provincia de Islay, afronta problemas en cuanto a la eficiencia de sus procesos de producción de azúcar, esto debido a que no cuenta con flujos preestablecidos de producción generando altos tiempos de entrega reflejados en los indicadores de niveles de servicio menores al 90%. Adicional la empresa no cuenta con los controles suficientes para detectar fallas en la producción. Tanto así que del 100% de los productos terminados se ha detectado el 20% dentro de reprocesos agregando un aumento de lead time en tiempo de entrega a clientes entre 2 a 3 semanas más de las contractuales.

Para abordar este problema, se plantea una propuesta de análisis del proceso de la azúcar, utilizando herramientas de ingeniería, tales como: estudio de tiempos, balance de línea, layout de planta, implementación de indicadores, programas de capacitación y programas de mantenimiento preventivo. Esta propuesta permitirá la optimización de los procesos involucrados en la producción. Por lo tanto, la implementación de esta propuesta no solo mejoraría el desempeño de cada proceso, sino que también podría mejorar la eficiencia total de la empresa, la rentabilidad y productividad.

Por otro lado, si no se aborda el problema de orden productivo en los procesos de producción de azúcar, la empresa seguirá enfrentando pérdidas en su capacidad de producción y por ende una baja productividad. En adición, la falta de propuestas de mejora o rediseño de procesos podría poner en riesgo a largo plazo la sostenibilidad de la operación.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo incrementar la producción analizando la capacidad instalada de la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la situación actual del proceso de producción de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025?
- b) ¿Cómo se desarrollará el análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción de la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025?
- c) ¿Cuáles son los resultados técnicos y económicos del análisis de la capacidad y la propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

Realizar un análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar la situación actual del proceso de producción de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025.
- b) Desarrollar el análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción de la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025.
- c) Cuantificar los resultados técnicos y económicos del análisis de la capacidad y la propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

La idea de proponer un rediseño de procesos productivos en cualquier empresa de producción manufacturera a nivel industrial, tiene como base teórica la exploración de literatura, que deja en evidencia la gran importancia del estudio de teorías como las de: estudio de tiempos, balance de línea, layout de planta, indicadores, programa de capacitación, programa de mantenimiento preventivo; que traen como resultado el desempeño en general de cada proceso productivo de las empresas y con ello aumentar la posibilidad de mejorar la eficiencia productiva, con el fin de que la organización tenga mayores ingresos y sea destinada a generar valor.

1.4.2. Justificación Metodológica

Esta investigación se puede justificar metodológicamente en el uso de una perspectiva mixta, a través de la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos. Se emplearán fichas de observación a través de check lists que examinarán el proceso productivo desde inicio a fin. También se trabajará con encuestas formulando cuestionarios para poder hacer una recopilación de información cuantitativa, y a la vez se realizarán entrevistas para poder obtener puntos de vista de forma cualitativa, con la finalidad de comprender a detalle las características y factores de cada proceso productivo que determinan el nivel de eficiencia actual. En adición, se hará la revisión del análisis documental de cada etapa del proceso productivo, con el fin de obtener información cuantitativa.

1.4.3. Justificación Práctica

a) Política, Económica y/o Social

La investigación sobre el análisis de procesos en un sistema de producción puede tener un impacto en la economía de una organización, así como también puede tener un impacto a nivel del sector azucarero del país; que no solo contribuye a aumentar la eficiencia,

sino también la rentabilidad, si se aplica. Y también, de una forma social, porque permitirá mejorar el potencial de los colaboradores, de la misma manera, hacia los públicos en las relaciones públicas.

b) Profesional, Académica y/o Personal

Desde un enfoque profesional, esta investigación va a facilitar la toma de decisiones en la gestión de la producción, para afrontar problemas recurrentes. En el enfoque académico, se considera que los resultados y hallazgos guarden relevancia con los conocimientos e información existente sobre el rediseño de procesos productivos. A nivel personal, esta investigación contribuye a mi desarrollo como profesional, adquiriendo nuevas capacidades en un área de interés como lo es el análisis de procesos productivos.

1.5. Delimitación de la Investigación

1.5.1. Delimitación Espacial

La investigación se aplicará en una empresa azucarera, ubicada en la provincia de Islay, departamento de Arequipa.

1.5.2. Delimitación Social

La investigación contempla la participación de los 24 empleados del área de producción de la empresa azucarera.

1.5.3. Delimitación Temporal

La información recabada en este estudio tiene lugar desde enero a diciembre del 2024

1.5.4. Delimitación Conceptual

El presente estudio ocupa el análisis del proceso de producción de la azúcar con herramientas de ingeniería: estudio de tiempos, balance de línea, layout de planta, indicadores, programa de capacitación, programa de mantenimiento preventivo.

1.6. Hipótesis de la Investigación

Realizar un análisis de la capacidad y propuesta incrementará la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025.

1.7. Variables

Variable Dependiente: Incrementar la producción de la planta de azúcar

Variable Independiente: Capacidad de planta

Tabla 1

Operacionalización de variables

| Variable | Concepto | Dimensiones | Indicadores |
|---|--|--|---|
| Variable dependiente: Incrementar la producción de la planta de azúcar | El incremento de la producción es la forma en la que se manejan los recursos e insumos provistos para alcanzar un resultado deseado, (Tempus Quality, 2024) | Productividad operativa Producción por hora efectiva Tasa de reproceso | Toneladas procesadas / hora % de eficiencia productiva % de reprocesos o devoluciones |
| Variable independiente: Capacidad de planta | La propuesta de rediseño de proceso contribuye a mejorar los procesos en una empresa azucarera, para conseguir una reducción de costos y tiempos excesivos. (Oliveira, 2017) | Disponibilidad de maquinaria Capacidad instalada utilizada Tiempo operativo real | Horas perdidas por paradas de planta % de capacidad utilizada (producción real / capacidad instalada) % de disponibilidad de equipos |

1.8. Limitaciones

- Sólo se consideran los procesos desde la recepción de la materia prima hasta la obtención y ensaque del producto terminado.
- Sólo se tiene un límite máximo de 2 visitas a planta por mes.
- Falta del plano de layout de la planta de producción.
- Baja disponibilidad de tiempo de los jefes de producción.

1.9. Metodología de la Investigación

1.9.1. Método de la Investigación

La presente es una investigación mixta que está enfocada en las etapas del proceso de producción de azúcar y nos brinda una visión a profundidad sobre la situación actual de la planta de producción. En primer lugar, se empleará una ficha de observación que abarcará desde el inicio hasta el fin del proceso total. Luego, se realizarán entrevistas cualitativas con el superintendente y los jefes del área de producción, con el fin de recopilar las experiencias y puntos de vista sobre el sistema actual y el propuesto. Por último, se realizarán encuestas sobre cada etapa del proceso de producción hacia los empleados operadores de producción, conjuntamente con la revisión del análisis documental de cada etapa, para obtener datos cuantitativos sobre el proceso actual, como también sobre la propuesta.

1.9.2. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada porque abarca los conceptos básicos y fundamentos teóricos de las herramientas de ingeniería a desarrollar, para poder proponer una solución frente a la baja eficiencia del proceso productivo, esto, después de haber planteado la problemática que se quiere resolver. En otras palabras, se transformarán las bases teóricas en herramientas de solución para poder mejorar la eficiencia del proceso productivo en sí.

Además, es de tipo descriptiva y explicativa porque esta investigación va a describir la relación común entre la propuesta del análisis del proceso productivo de una planta azucarera y el incremento de la capacidad de producción que se obtendrá luego de haber desarrollado y aplicado las herramientas de mejora en la investigación en relación a la información recabada anteriormente sobre cada etapa del proceso productivo, en un punto de tiempo definido.

1.9.3. Nivel de la Investigación

El presente estudio tiene un nivel de diseño no experimental porque no se va a modificar intencionalmente la variable independiente, y también es transversal porque la recolección de datos es en un solo punto de tiempo establecido, tal como se describió previamente en la delimitación temporal de este estudio, para lograr analizar las variables.

1.10. Cobertura de estudio

1.10.1. Población

La población está conformada por todos los procesos, recursos técnicos y humanos que intervienen en la producción de azúcar en la empresa Chucarapi, incluyendo maquinaria, operarios, supervisores, registros productivos, y cada una de las etapas de producción: corte, separación y refinado.

1.10.2. Muestra

La muestra estará compuesta por los procesos productivos con mayor incidencia en los cuellos de botella y baja productividad, seleccionados mediante observación preliminar y revisión de reportes de producción. También se incluirá a los 24 operarios del área de producción, 2 jefes de producción y el superintendente de planta, ya que representan el núcleo de toma de decisiones y ejecución operativa.

1.11. Técnicas e instrumentos

1.11.1. Técnicas de la investigación

a) *Observación:*

La ficha de observación abarcará desde el proceso de recepción de la materia prima hasta el proceso de ensaque del producto terminado, para poder identificar las etapas o pasos de cada proceso y sus respectivos tiempos, además de tener un preámbulo de cómo se desempeñan actualmente.

b) *Entrevistas:*

La entrevista permitirá analizar a profundidad los procesos de producción, a la vez de identificar las problemáticas que existen y repercuten en cada proceso de producción, y será realizada hacia el superintendente y los jefes de producción.

c) *Encuestas:*

La encuesta se basará en un cuestionario que será aplicado a los 24 empleados que trabajan en el área de producción, con la finalidad de identificar las falencias actuales en cada proceso, así como también el desempeño de cada uno de ellos detalladamente.

d) *Análisis Documental:*

Se revisará el análisis documental que abarca el proceso productivo de azúcar mediante las hojas de producción para analizar los registros de los factores y condiciones en las cuales los procesos se desarrollan y como han ido trabajando en la actualidad, y las mejoras que estos podrían tener.

1.11.2. Instrumentos de la Investigación

a) **Fichas de Observación:**

El instrumento utilizado es la ficha de observación, apoyado con un check list adicional.

b) Instrumentos de Análisis Documental:

El instrumento utilizado en este caso será el requerimiento de la documentación de los procesos productivos de azúcar, así como también los manuales de operación de cada uno de ellos.



1.12. Matriz de Consistencia

Tabla 2

Matriz de Consistencia

| ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE AZUCAR DE LA EMPRESA CHUCARAPI, AREQUIPA 2025 | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|---|--|---------------------------------|---|---|---|---|--|
| TÍTULO: | Formulación del problema | | Objetivos | | Hipótesis | Variables | Definición | Dimensión | Indicadores | Aspectos metodológicos | | |
| | Problema principal | Problemas específicos | Objetivo Principal | Objetivos Específicos | Hipótesis Principal | | | | | | | |
| ¿Cómo realizar un análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025? | ¿Cuál es la situación actual del proceso de producción de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025? | Realizar un análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025 | Evaluar la situación actual del proceso de producción de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025. | Realizar un análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025. | Variable dependiente: Incrementar la producción de la planta de azúcar | El incremento de la producción es la forma en la que se manejan los recursos e insumos provistos para alcanzar un resultado deseado, (Tempus Quality, 2024) | Capacitación | Personal Capacitado / Total de Personal | Diseño y tipo de investigación: | | | |
| | | | | | | | | | | ¿Cómo se desarrollará el análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción de la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025? | Desarrollar el análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción de la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025. | Investigación Aplicada / Descriptiva y Explicativa |
| | | | | | | | | | | | | |
| | ¿Cuáles son los resultados técnicos y económicos del análisis de la capacidad y la propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025? | Realizar un análisis de la capacidad y propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025 | . Cuantificar los resultados técnicos y económicos del análisis de la capacidad y la propuesta para incrementar la producción en la planta de azúcar de la empresa Chucarapi, Arequipa 2025 | Variable independiente: Capacidad de planta | | La propuesta de rediseño de proceso contribuye a mejorar los procesos en una empresa azucarera, para conseguir una reducción de costos y tiempos excesivos. (Oliveira, 2017) | Disponibilidad de la maquinaria | Tiempo productivo / Tiempo disponible | Etapas del proceso productivo de azúcar | | | |
| | | | | | | | | | | Productividad | Toneladas Procesadas / Hora | Técnicas e instrumentos |
| | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | Diseño de Planta | Área productiva (m ²) / Total del Área (m ²) | Observación y análisis documental. |
|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|--|---|
| | | | | | | | | | INSTRUMENTOS |
| | | | | | | | | | Fichas de observación, e instrumentos de análisis documental. |



1.13. Marco Teórico

1.13.1. Antecedentes de la Investigación

Internacionales

Fernández (2021) en su investigación sobre ensilados químicos y biológicos como una alternativa de aprovechamiento integral y sustentable de los residuos pesqueros en Argentina, durante la etapa de procesamiento y comercialización de los productos generan residuos orgánicos los cuales se usan para la elaboración de harina y aceite de pescado, las zonas donde se llevan a cabo estas actividades se observan que los residuos son mayores. Para evitar el impacto que pueda generar, se busca aprovechar estos residuos desde el punto de vista económico y ambiental, se busca que la producción de harina y aceite cuente con una buena calidad nutricional. Además, el autor presentó los métodos de producción de ensilados, su composición nutricional y su uso como insumo alimenticio o fertilizante en los campos de la acuicultura y agronomía.

Los procesos de prensados son necesarios para garantizar una buena calidad y rendimiento de la harina de pescado. Por ello para Daswani, et al. (2022) realizan un análisis del proceso de prensado de la harina de pescado con técnicas de aprendizaje automático, estas herramientas permiten minimizar los costos y permiten optimizar y, mejorar el aprovechamiento de la materia prima, asegurando la calidad. La empresa Corpesca S.A, se dedica a la elaboración de harina y aceite de pescado, ofreciendo un producto de calidad. Y actualmente, la empresa busca mejorar el proceso productivo, que se ve afectado por la variabilidad en las condiciones y características de la materia prima, esto hace que los trabajadores decidan continuamente sobre los parámetros que se deben usar en el proceso productivo. La implementación de nuevas técnicas automatizadas requiere un sistema de recolección y almacenamiento de datos que permita mejorar el modelo propuesto, esto va permitir dejar de depender de la experiencia de los operadores de la planta.

En la investigación de Alarcón y Romero (2020), se presenta un plan de mantenimiento preventivo para la empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado, en la ciudad e Santa Elena, Este diseño no descuida la seguridad, a su vez, busca optimizar la productividad de la empresa. La tesis ha generado información adicional, que ha permitido identificar los problemas y realizar los ajustes necesarios a los procedimientos y evitar fallos para mejorar la productividad de la planta. El diseño considera un plan de mantenimiento preventivo, este cuenta con procesos de mantenimiento de los equipos, asimismo se considera que se debe contar con un personal capacitado o expertos en el manejo de los equipos, también contempla programaciones con fecha y horario, para los mantenimientos que se deben realizar durante el año.

El mantenimiento autónomo es una metodología de la gestión de la producción que se enfoca en mejorar y agilizar los procesos de mantenimiento que optimizan los equipos y maquinarias del área de trabajo. Acuña (2023) determina la relación de la aplicación del mantenimiento autónomo para aumentar la productividad en la Empresa EXALMAR S.A. Su tesis fue de tipo aplicativo, de diseño no experimental, el nivel investigación fue correlacional. La investigación fue realizada a través de encuestas, entrevistas a los colaboradores de la empresa y esto permitió identificar los problemas. Con la implementación de mantenimiento autónomo, se logró involucrar al personal en los cuidados de las máquinas y equipos, y la producción llegó a alcanzar hasta 58,703.53 T.M de harina de pescado y 2,555.79 T.M. en aceite de pescado. Estos cambios de automatización en el mantenimiento de equipos mejoraron la calidad del servicio de mantenimiento, así como la planificación y el control de los mismos.

La investigación realizada por Barzola (2023) en Guayaquil, tuvo como objetivo determinar la influencia de la innovación en la rentabilidad de una empresa productora de harina de pescado. La tesis fue de tipo básica, de diseño no experimental, correlacional causal descriptivo de corte transversal. Para su desarrollo, se usó encuestas, que contaron con una muestra de 23 ejecutivos, la encuesta tuvo un nivel de confiabilidad de 95% siendo válida por expertos, los resultados estadísticos indicaron un coeficiente de correlación ($\rho=75$) lo que indica una correlación positiva alta. La investigación concluye que la innovación y la práctica de mejoras en la compañía muestran resultados positivos de rentabilidad, siendo la innovación directamente proporcional a la rentabilidad.

Nacionales

En la investigación desarrollada en Pimentel, Perú, por Delgado Araujo y Núñez Huamán (2016), se propone mejorar la productividad en la fabricación de azúcar en la empresa AGROPUCALÁ S.A.A. Considerando la importancia de esta industria en el mercado nacional, se planteó la necesidad de optimizar los procesos de producción para mejorar la eficiencia y la competitividad.

El principal objetivo de la investigación fue diseñar un sistema de gestión por procesos que impacte en la productividad del proceso de fabricación de azúcar. El estudio, de corte no experimental, se enfocó en simular y diagnosticar procesos específicos. Se analizaron los procesos críticos de las áreas de trapiche, elaboración y calderas, donde se detectaron pérdidas importantes de materia prima y en los tiempos de molienda.

Los datos revelan un aumento en la productividad de la materia prima, que ascendió de 1.74 BLS/(TM de caña) a 2.06 BLS/(TM de caña). De forma similar, se observó una mejora en la productividad del tiempo de molienda, pasando de 103.41 TM de caña/hora a 135.73 TM de caña/hora operativa. Los autores concluyeron que la implementación de

metodologías como Kaizen, 5S y BPM permitió optimizar el proceso productivo y mejorar el desempeño operativo de la empresa

En la investigación desarrollada en Arequipa, Perú, por Alejandro Pinto Guillén (2020), se propone mejorar la eficiencia en el proceso de producción de aceitunas de mesa en la empresa agroindustrial “La Sureñita”. Dada la importancia del sector agroindustrial en la economía local, la investigación se enfocó en optimizar la planificación y el control de la producción para reducir costos y mejorar la calidad del producto.

El principal objetivo fue determinar la factibilidad técnica, económica y social de una propuesta de mejora basada en técnicas de ingeniería industrial. La investigación incluyó un diagnóstico del proceso productivo y la identificación de problemas clave, como la falta de planificación en la producción, el alto índice de devoluciones y el inadecuado control de calidad.

El estudio implementó herramientas como balance de línea, redistribución de planta y planificación de requerimientos de materia prima. Se propuso ajustar el flujo de trabajo en forma de “U”, reduciendo la distancia recorrida por los operarios de 51.5 metros a 23 metros, con lo que se disminuyó el tiempo de procesamiento. Asimismo, se estableció un punto de reorden y se calculó el lote económico de pedido para mejorar el abastecimiento de insumos.

En cuanto a control de calidad, se introdujo un plan de muestreo y una matriz de caracterización de calidad para guiar a los operarios en la estandarización del producto. Como resultado, se redujo el índice de devoluciones y se optimizó el proceso productivo.

El análisis económico determinó que la inversión en la mejora fue de S/. 9,670, con un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 1,363.01, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 22% y una relación beneficio/costo de 1.14, lo que confirmó la viabilidad del proyecto

La gestión de calidad permite mejorar la productividad, a través de un conjunto prácticas y estrategias que garanticen que los productos cumplan con los estándares de

calidad. De acuerdo con la investigación de Gil y Tisnado (2023) sobre la mejora de la productividad en la planta pesquera, en la ciudad de Chimbote. Utilizando una metodología con enfoque cuantitativo y un diseño pre experimental, se establecen las formas de mejorar la gestión de la calidad en la actividad del proceso de harina. Después de realizar la implementación de las mejoras se identificó que los indicadores de eficiencia y eficacia lograron incrementarse en 16.8 % y 16.4% respectivamente, esto con respecto a la data inicial dentro de la empresa pesquera.

El control de calidad forma parte de un proceso que busca garantizar que un producto cuenta con las especificaciones de calidad. Rojas (2022) propone la implementación de medidas de control de calidad para el proceso de producción de la harina de pescado en la empresa Tecnológica de Alimentos S.A. (TASA) tienen una planta en Atico, ubicada en la Provincia de Caraveli, lo que se busca con el control de calidad es minimizar los peligros existentes dentro del proceso, de esa forma se garantiza un producto inocuo que cumpla con las exigencias del cliente. Esta tesis sirve de apoyo para futuras implementaciones en la gestión de calidad alimentaria, permitiendo la mejora en los procesos productivos de la elaboración de harina de pescado, a su vez esto les permite abrirse y competir en el mercado internacional.

En la investigación desarrollada en La Libertad, Perú, por Carlos Dávalos Jiménez (2020), se propone mejorar la productividad en el proceso de producción de azúcar en una empresa agroindustrial. Considerando la importancia de esta actividad en la economía regional y nacional, se planteó la necesidad de optimizar los procesos para incrementar la eficiencia y reducir pérdidas económicas.

El principal objetivo de la investigación fue determinar el impacto de una propuesta de mejora en la productividad del proceso de producción de azúcar. La investigación fue de tipo experimental aplicada e incluyó un diagnóstico para identificar las principales causas de

baja productividad. Se priorizaron cuatro factores críticos: deficiente planeamiento de materiales, falta de tiempos estándar de producción, inadecuada gestión de proveedores y falta de supervisión del proceso.

A partir del diagnóstico, se propusieron mejoras basadas en la implementación de un sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP), un estudio de tiempos, una mejor gestión de proveedores y un programa de supervisión del proceso. Como resultado, la productividad mejoró en 3.25 toneladas de azúcar por hora, lo que representó un incremento en la utilidad anual de S/ 7,764.91.

El análisis económico determinó que la inversión en la mejora fue viable, con un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 13,490.57, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 75.44% y una relación beneficio/costo de 1.02, con un periodo de recuperación de la inversión en 2.8 años. Los indicadores confirmaron la factibilidad de la propuesta de mejora

1.14. Marco Conceptual y Legal

1.14.1. Eficiencia de una empresa

Es la capacidad de una empresa para alcanzar su objetivos y metas con eficiencia, aprovechando los recursos al máximo y reduciendo sus costos. En otras palabras, es la capacidad de una empresa para hacer un mejor uso de sus recursos, como tiempo, dinero y mano de obra, para generar bienes y servicios de alta calidad, al menor costo posible y en el menor tiempo posible. Es fundamental para cualquier empresa mantener su competitividad en un entorno empresarial competitivo. Además, el rendimiento no se limita a la reducción de costos, sino también a aumentar la calidad y el valor proporcionados a los clientes (López, 2023)

1.14.2. Capacitación

La Capacitación significa la preparación de la persona en el cargo. Es una actividad sistemática, planificada y permanente cuyo objetivo es preparar, desarrollar e integrar los

recursos humanos al proceso productivo, mediante la entrega de conocimientos, desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para mejorar el desempeño de los colaboradores en sus actuales y futuros cargos y adaptarlos a los nuevos requisitos del entorno. El fin de la capacitación es lograr que los empleados se desenvuelvan con facilidad en el área laboral, y que sean capaces de asumir retos, aportando conocimientos, logrando que las empresas innoven (Obando, 2020).

El desarrollo y la formación del capital humano son centrales para la cultura de una organización. Esto asegura que los empleados obtengan las habilidades necesarias para su trabajo dentro de la empresa. Esta inversión en la personal mejora el ambiente laboral, ya que los empleados sienten que la compañía valora su contribución y está comprometida con su avance profesional (Esan, 2017).

1.14.3. Implementación de indicadores

El uso de métricas o indicadores de desempeño en la gestión de personal ayuda a la organización a avanzar en aspectos centrales como la productividad, la rentabilidad, el compromiso de los empleados, el posicionamiento estratégico y la transparencia. Estos indicadores son clave ya que permiten cuantificar y observar los procesos de gestión del departamento de Recursos Humanos y los comportamientos individuales y grupales (Louffat, 2017)

De acuerdo con Monroy y Sambaqueba (2017), la implementación de métricas en una organización aporta diversos beneficios operativos y estratégicos:

- Apoyo a la estrategia: Ayudan a la planeación estratégica, fijando metas y objetivos claros, y apoyando la creación de políticas corporativas a mediano y largo plazo.
- Identificación de problemas: Permiten detectar áreas o actividades institucionales con fallos de gestión, como el uso ineficiente de recursos,

retrasos en la entrega de bienes o servicios, y errores en la asignación de personal.

- **Corrección y ajuste:** Facilitan ajustes internos y la redefinición de planes de acción, basándose en el análisis de la diferencia entre el rendimiento real y el planeado, corrigiendo así incoherencias entre las operaciones diarias y los propósitos de la entidad.
- **Racionalización de recursos:** Hacen viable la distribución de recursos de forma más justificada y precisa, usando los indicadores de desempeño como argumento.
- **Creación de incentivos:** Posibilitan la implementación de sistemas de recompensa o incentivos ligados al rendimiento, a nivel institucional, de equipo o individual.
- **Aumento de transparencia y compromiso:** Establecen mayor transparencia en el manejo de fondos, lo cual ayuda a aumentar el compromiso con los resultados por parte de la gerencia y los mandos intermedios.

1.14.4. Disponibilidad de maquinaria

La disponibilidad de un activo o equipo indica cuánto tiempo está operativo y listo para su función principal. Es una medida de rendimiento que evalúa el desempeño de los componentes en un periodo dado, considerando su fiabilidad (operación sin fallos), mantenibilidad (facilidad de reparación) y el soporte logístico necesario (Alberti, 2020).

Para calcular la disponibilidad de maquinaria, se utiliza la fórmula básica:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \left(\frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo total}} \right) \times 100$$

- **Tiempo productivo:** Es el tiempo durante el cual la máquina está funcionando de manera efectiva para la producción, es decir, el tiempo programado menos el tiempo de paradas no planificadas.
- **Tiempo disponible:** Es el tiempo total durante el cual la máquina debería estar disponible para trabajar, incluyendo tanto el tiempo productivo como cualquier tiempo de inactividad planificado (por mantenimiento programado, por ejemplo).

1.14.5. Productividad

La productividad es un indicador económico que indica la capacidad que tienen las empresas de utilizar sus recursos para producir bienes o servicios que sean rentables (Santander, 2024).

La fórmula para calcular la productividad en términos de toneladas por hora (toneladas/hora) es bastante directa y se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Productividad} \left(\frac{\text{toneladas}}{\text{hora}} \right) = \frac{\text{Cantidad de toneladas producidas}}{\text{Tiempo empleado en horas}}$$

Esta fórmula es utilizada principalmente en industrias donde la producción se mide en tonelada

1.14.6. Cuello de botella

Un cuello de botella en la producción es una punta que ralentiza todo el proceso de trabajo e impide o interrumpe el flujo de producción. Por lo general, este problema se origina por la falta de conocimiento del proceso, lo cual afecta directamente su ejecución (Sydle, 2024).

La fórmula para calcular el cuello de botella basado en el tiempo muerto respecto al tiempo total se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Cuello de botella} = \frac{\text{Tiempo muerto}}{\text{Tiempo total}}$$

Donde:

- **Tiempo muerto:** Es el tiempo en el que el sistema no está produciendo debido a paradas no planificadas, esperas, fallos o cualquier otro motivo que detenga la producción.
- **Tiempo total:** Es el tiempo total disponible para la producción, que incluye el tiempo de operación efectiva y cualquier otro tiempo planificado o no planificado.

1.14.7. Diseño de planta

El diseño de plantas industriales implica organizar el espacio físico, tanto para establecer nuevas instalaciones como para mejorar las existentes. Este proceso es realizado por profesionales especializados que buscan maximizar la eficiencia y la productividad de la planta (Manufacturan Latam, 2024)

De acuerdo al portal Manufacturan Latam (2024) podemos considerar los siguientes pasos para el diseño de una planta:

1. **Análisis de requerimientos:** Se lleva a cabo un estudio exhaustivo de los requerimientos del proyecto, que abarca la producción esperada, los recursos indispensables, las regulaciones pertinentes y las metas del proyecto, considerando sus restricciones.
2. **Diseño conceptual:** Se desarrolla un plan que establece la distribución general de la planta, la ubicación estratégica de los equipos y la maquinaria, así como los flujos de materiales y personal. Se toma en cuenta la eficiencia en la producción, la mejora de los recursos y la seguridad de los empleados.
3. **Diseño detallado:** Se genera un plan detallado de la planta. Esto incluye la selección de equipos y maquinaria, sistemas de control, logística interna,

distribución de espacios e infraestructura. Se consideran los estándares de seguridad, medio ambiente y requisitos operativos de mantenimiento.

4. **Construcción e instalación:** La construcción e instalación de la planta se realizan según el diseño. Esto incluye la colocación de equipos y maquinaria, la edificación de la infraestructura y la implementación de sistemas de control y automatización.
5. **Inicio y pruebas:** Se activa la planta y se hacen pruebas a conciencia para asegurar que los equipos trabajen bien, que los procesos sean eficientes y que se sigan los estándares de calidad y seguridad fijados.
6. **Operación y mantenimiento:** Cuando la planta está funcionando, se opera y se mantienen los equipos y sistemas de forma regular. También se gestionan los recursos y se busca mejorar los procesos para que la eficiencia y la productividad se mantengan a largo plazo.

1.14.8. Estudio de movimientos y tiempos

El estudio de movimientos busca identificar y ajustar o remover elementos redundantes que puedan impactar la productividad, la seguridad y la calidad en la producción. Por otro lado, un estudio de tiempos se centra en precisar el tiempo necesario para completar un proceso, actividad, tarea o paso específico. Estos dos elementos conforman el análisis del trabajo. A finales del siglo XIX, se comenzaron a examinar los tiempos asociados con tareas laborales, desarrollando el concepto de tarea. Influenciados por esto, una pareja de esposos realizó estudios de movimientos que complementaron estos trabajos. Aunque estos estudios perdieron popularidad a finales del siglo XX, en la actualidad han recuperado su importancia, convirtiéndose en una herramienta esencial para el análisis y mejora de los procesos de manufactura (Andrade et al., 2019).

1.14.9. Balance de Materia

Un balance de masa implica cálculos para rastrear todas las sustancias en un proceso de transformación. Esto se basa en la ley de conservación de la masa, que establece que la materia cambia de forma, pero se conserva. Este balance funciona como una contabilidad de los materiales involucrados en el proceso, donde las sustancias pueden entrar, salir, generarse, acumularse o consumirse. Un proceso puede ser cualquier conjunto de operaciones que resultan en una transformación física o química de una o más sustancias, y puede estar compuesto por una o varias unidades de proceso, que son lugares donde se llevan a cabo esas operaciones. Para elaborar los balances de masa, se requiere información sobre las cantidades de las sustancias (en masa, moles o volumen), sus flujos (velocidades másicas, molares o volumétricas), las composiciones de las mezclas y las condiciones de operación, como presiones y temperatura (Londoño, 2015).

CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL

2. Diagnóstico de la investigación

2.1. Información de la empresa

2.1.1. Reseña histórica

Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. es una empresa peruana con más de 100 años de historia en la industria azucarera del país. Sus operaciones se encuentran en el sur de Perú, en el valle de Tambo, distrito de Cocachacra, provincia de Islay, departamento de Arequipa. La empresa se fundó a principios del siglo XX, y desde entonces se ha establecido como uno de los centros azucareros más importantes en el sur del país.

En la década de 1960, la producción de azúcar de la planta abastecía principalmente al mercado del sur peruano, con eventual participación en exportaciones. No obstante, tras la reforma agraria de 1968, la empresa pasó a ser gestionada por sus trabajadores. Durante este proceso, entre 1970 y 1971, se conformó inicialmente un comité temporal, el cual fue sucedido por una cooperativa que administró la planta hasta el 17 de mayo de 1993. Posteriormente, la empresa cambió su estructura societaria y adoptó la figura de sociedad anónima bajo la denominación actual de Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A.

2.1.2. Giro de negocio y principales productos

La empresa desarrolla actividades integrales vinculadas al cultivo, cosecha y procesamiento de caña de azúcar. Su giro de negocio se centra principalmente en la producción y comercialización de azúcar rubia, destinada principalmente al mercado local, aunque mantiene una participación menor en exportaciones. La organización se dedica a la producción y venta de derivados de la caña de azúcar, como alcohol industrial y melaza;

además, participa en el comercio internacional a través de la importación y exportación de materias primas agrícolas.

La empresa busca mantener altos estándares de calidad en todos sus productos, cumpliendo con exigencias del mercado nacional y regional. Su capacidad instalada le permite atender la demanda local y participar en nichos de exportación cuando las condiciones de mercado son favorables

2.1.3. Ubicación geográfica y alcance de mercado

Las instalaciones de producción de la planta se ubican en el departamento de Arequipa, Perú. La planta está precisamente en el distrito de Cocachacra, provincia de Islay, en el kilómetro 1042 de la carretera Panamericana Sur. La empresa se dedica principalmente a satisfacer la demanda del mercado interno, enfocándose en abastecer la región sur de Perú. Sin embargo, mantiene una limitada participación en mercados de exportación, representando aproximadamente un 10% de su producción total. Las principales limitantes para ampliar su mercado externo se relacionan con aspectos de posicionamiento comercial, presentación de sus productos y conocimiento del mercado internacional.

2.1.4. Organización de la planta de producción

2.1.4.1. Organigrama de la organización

La empresa presenta una estructura organizacional de tipo funcional, característica de empresas industriales, la cual permite agrupar actividades por áreas especializadas, facilitando la coordinación y el control de las operaciones tanto agrícolas como fabriles.

En la cúspide jerárquica se encuentra la Junta General de Accionistas, encargada de definir las decisiones estratégicas de la empresa. Inmediatamente debajo, el Directorio actúa

como órgano de gobierno corporativo, estableciendo lineamientos para la gestión empresarial. La Gerencia General, ubicada en el tercer nivel jerárquico, es la encargada de la dirección ejecutiva, coordinación y supervisión global de las operaciones.

La Gerencia General supervisa varias áreas, las cuales se organizan en tres grupos principales:

Área Administrativa

Incluye departamentos clave para la gestión interna y financiera de la organización, tales como:

- Contabilidad: gestiona los registros contables, estados financieros y cumplimiento tributario.
- Costos e Impuestos: analiza los costos de producción y proyecciones fiscales.
- Recursos Humanos: maneja procesos de selección, contratación, capacitación y bienestar del personal.
- Logística y Almacén de Materiales: administra el abastecimiento, almacenamiento y distribución de insumos.
- Ventas y Caja Chucarapi: realiza actividades comerciales y control de ingresos.
- Sistemas: mantiene la infraestructura tecnológica que soporta la operación.
- Seguridad y Vigilancia: salvaguarda los bienes, instalaciones y personal.
- Servicios Generales: brinda soporte en actividades complementarias a la producción, como mantenimiento básico, limpieza, entre otros.

Este bloque proporciona soporte y estabilidad a las áreas operativas, asegurando la adecuada gestión de recursos económicos, humanos y materiales.

Área Fabril

Es el núcleo industrial de la empresa, encargado del procesamiento de la caña de azúcar y de la fabricación de sus productos derivados. Se subdivide en:

- **Elaboración Azúcar/Alcohol:** dirige las operaciones de transformación de la caña en productos terminados, bajo la supervisión de Jefes de Turno.
- **Operarios de Producción:** ejecutan las tareas directas en las líneas de proceso.
- **Productos Terminados:** gestiona almacenamiento y despacho del producto final.
- **Mantenimiento y Electricidad:** garantiza la continuidad operativa de los equipos mediante mantenimiento correctivo y preventivo.
- **Laboratorio de Calidad:** supervisa el cumplimiento de los estándares de calidad en cada etapa del proceso.

Esta área se encuentra estructurada para asegurar eficiencia productiva, control de calidad y cumplimiento de los objetivos de producción.

Área Agrícola (Campo)

Agrupar las actividades relacionadas con el cultivo y la cosecha de la caña de azúcar, destacando las siguientes funciones:

- **Maquinaria Agrícola y Transporte:** opera y mantiene los equipos utilizados en labores agrícolas y transporte interno.
- **Taller de Mecánica:** brinda soporte técnico y mecánico a la maquinaria.
- **Cosecha:** ejecuta la recolección de caña en el campo.
- **Administración de Cultivo:** planifica y gestiona las labores agrícolas, manejo de fertilización, riego y control de plagas.

- Topografía y Mayordomos: supervisan y gestionan las áreas cultivadas, garantizando el aprovechamiento de la tierra.
- Laboratorio Entomológico: realiza monitoreos para el control de plagas y enfermedades agrícolas.
- Operarios Agrícolas: constituyen la fuerza laboral encargada de ejecutar las labores agrícolas.

Esta área representa la base de la operación, ya que de su eficiencia depende la disponibilidad y calidad de la materia prima para el proceso fabril.

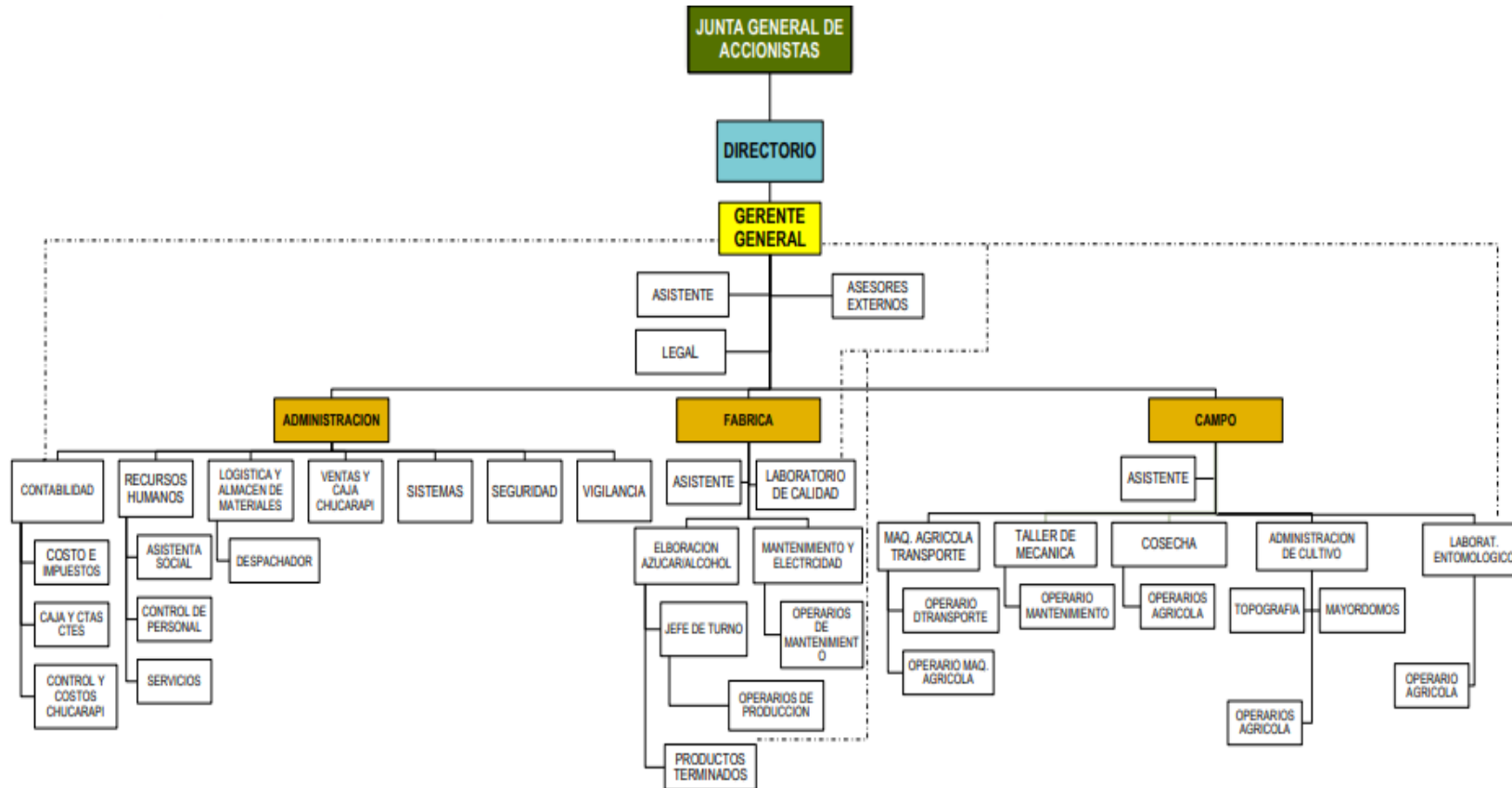
Observaciones del Organigrama

- El organigrama muestra claridad en la definición de funciones, lo cual es favorable para establecer responsabilidades y líneas de mando.
- Existe una adecuada separación entre actividades administrativas, fabriles y agrícolas, lo que facilita la especialización y la eficiencia en cada área.
- Se identifican niveles jerárquicos bien definidos, lo que contribuye a mantener el orden y la disciplina organizacional.
- El área de mantenimiento aparece tanto en la fábrica como en campo (a través del taller de mecánica), lo que sugiere una integración técnica transversal para garantizar la operatividad de la maquinaria en ambas áreas.
- La existencia de áreas como laboratorio de calidad y laboratorio entomológico refleja la importancia que la empresa otorga tanto a la calidad del producto final como al manejo fitosanitario del cultivo.
- La estructura revela oportunidades de mejora, principalmente en la integración tecnológica y digitalización de procesos, lo cual podría fortalecer la comunicación interáreas y optimizar la gestión operativa.

La estructura organizacional de la empresa está diseñada para responder a los retos de la producción agroindustrial, combinando procesos agrícolas y fabriles en una misma cadena de valor. No obstante, existe espacio para fortalecer aspectos relacionados con la digitalización, integración de procesos y gestión basada en indicadores, temas que precisamente forman parte de las propuestas de mejora planteadas en esta investigación.



Figura 1
Organigrama de la empresa



Nota. Proporcionado por la empresa Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A.

2.1.4.2 Principales recursos técnicos y humanos

La empresa cuenta con recursos técnicos y humanos que constituyen la base operativa y estratégica de su funcionamiento. Estos recursos son determinantes para garantizar la continuidad de las operaciones agrícolas e industriales y para alcanzar los niveles de productividad que la empresa proyecta.

Recursos Técnicos

Los recursos técnicos están conformados por la infraestructura, maquinaria, equipos e instalaciones que permiten desarrollar las actividades productivas. Dentro de los principales recursos técnicos de la empresa, se identifican los siguientes:

- Planta de procesamiento industrial: equipada con líneas de producción para la elaboración de azúcar rubia y alcohol industrial. Incluye áreas específicas para molienda, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugado, secado y envasado del producto terminado.
- Maquinaria agrícola: conformada por tractores, cortadoras de caña, camiones de transporte interno y maquinaria auxiliar, destinada a labores de preparación de tierras, siembra, mantenimiento y cosecha de la caña de azúcar. Esta maquinaria es clave para asegurar el abastecimiento constante de materia prima hacia la planta industrial.
- Taller de mecánica y mantenimiento: destinado a la reparación y mantenimiento de maquinaria tanto agrícola como industrial, contribuyendo a minimizar tiempos de parada y garantizar la disponibilidad de los equipos.
- Laboratorio de calidad: equipado con instrumentos para el control de calidad de los productos en las distintas fases del proceso productivo. Realiza análisis

fisicoquímicos para asegurar que el azúcar y los subproductos cumplan con las especificaciones técnicas y normativas.

- Laboratorio entomológico: ubicado en el área agrícola, orientado al monitoreo y control de plagas que puedan afectar el cultivo de la caña de azúcar, asegurando el rendimiento agrícola y la sanidad de la materia prima.
- Sistemas de seguridad y vigilancia: conformados por dispositivos electrónicos y personal de seguridad encargados de proteger las instalaciones, equipos y productos terminados.
- Infraestructura de almacenamiento: tanto de materias primas como de producto terminado, diseñada para preservar la calidad de los insumos y productos elaborados hasta su comercialización.
- Sistemas informáticos y de gestión: empleados para el registro de datos productivos, control de costos, gestión administrativa y logística, aunque se ha identificado la oportunidad de optimizar su integración y digitalización para una mejor toma de decisiones.

Recursos Humanos

En cuanto al talento humano, la empresa posee una dotación aproximada de 291 trabajadores, distribuidos entre personal administrativo, operativo y técnico. Sus principales grupos de personal son:

- Gerencia General: responsable de la dirección estratégica y de la coordinación de las distintas áreas funcionales.
- Personal administrativo: comprende áreas como contabilidad, finanzas, recursos humanos, logística, ventas, sistemas, seguridad y servicios generales. Este grupo se encarga de la gestión y soporte de las operaciones productivas.

- Área fabril: está conformada por operarios de producción, jefes de turno, personal de mantenimiento y técnicos del laboratorio de calidad. Sus funciones son esenciales para el procesamiento industrial de la caña de azúcar, el control de calidad del producto y el mantenimiento de la maquinaria e instalaciones.
- Área agrícola (campo): incluye operarios agrícolas, mecánicos de taller, operarios de maquinaria agrícola y transporte, topógrafos y personal técnico especializado como el laboratorio entomológico. Este personal es responsable de todas las labores relacionadas con el cultivo, mantenimiento y cosecha de la caña de azúcar, actividades fundamentales para garantizar el suministro de materia prima.
- Asesores externos: Profesionales externos son contratados temporalmente para ofrecer apoyo técnico, legal o estratégico en campos concretos, como procesos de producción, proyectos de mejora, asesoramiento legal o gestión ambiental.

La compañía ha detectado que es necesario mejorar la preparación de su gente, sobre todo en métodos actuales para manejar procesos, cuidado preventivo y utensilios para estudiar datos. Esto da la opción estratégica de bajar las repeticiones, alzar el buen funcionamiento y afianzar una costumbre de progreso seguido.

En resumen, la empresa cuenta con recursos técnicos y humanos que apoyan de manera firme sus operaciones productivas. No obstante, la organización reconoce que es importante mejorar el empleo de sus equipos y seguir capacitando a su personal técnico, para así lograr sus metas de aumentar la producción y ser más competitiva en el mercado del azúcar.

2.2. Proceso de producción actual

La empresa lleva a cabo un proceso industrial continuo para transformar la caña de azúcar en azúcar rubia. Adicionalmente, se obtienen subproductos como alcohol industrial, melaza y bagazo, que son clave tanto para su comercialización como para el autoabastecimiento de la planta. Este proceso involucra una serie de operaciones físicas y mecánicas enfocadas en extraer la mayor cantidad de sacarosa posible y reducir los residuos.

A continuación, se detalla cada fase del proceso de producción dentro de la planta.

2.2.1. Recepción y Transporte de la Caña

Tras su cosecha, la caña de azúcar se traslada rápidamente en camiones de gran tamaño a la planta procesadora. Este transporte veloz es vital, ya que la sacarosa se degrada por enzimas y microbios si la caña se almacena mucho tiempo. Al llegar a la planta, los camiones se pesan para registrar el peso total. Luego, se usan grúas para descargar la caña sobre mesas metálicas, distribuyéndola de manera uniforme para su limpieza y preparación.

2.2.2. Preparación de la Caña

La preparación de la caña es fundamental para una extracción de jugo más eficaz en el proceso de molienda. En esta etapa:

- La caña de azúcar se lava a fondo con chorros de agua a presión para quitar tierra, polvo, restos de plantas y cenizas que podrían contaminar el jugo o causar un mayor desgaste en la maquinaria.

- Después, la caña se mueve mediante sistemas mecánicos hacia los fragmentadores. Inicialmente, se realiza un corte para reducir el tamaño de las cañas. Luego, los trozos se hacen uniformes con equipos niveladores, algo esencial para alimentar los molinos de forma constante.
- En el desfibrador, la caña se somete a un proceso mecánico para romper los nudos y la estructura fibrosa. Esto produce una masa con textura similar al algodón. El desfibrado ayuda a liberar el jugo en la molienda, lo que aumenta el porcentaje de extracción.

2.2.3. Proceso de molienda

La molienda constituye la actividad central en toda operación industrial, proceso que se ejecuta mediante un trapiche que integra un tándem con cuatro molinos en serie. Cada molino está dotado de tres masas de acero, que ejercen sobre la caña presiones cercanas a 4000 psi. La función de estos molinos es comprimir el material desfibrado, separando el jugo rico en sacarosa del residuo fibroso, conocido como bagazo.

El jugo que se extrae en esta etapa contiene entre un 10 % y 15 % de sólidos solubles, siendo la eficiencia de extracción alcanzada por la planta cercana al 90 %, lo cual es un valor aceptable dentro de los estándares de la industria azucarera. Sin embargo, este rendimiento podría optimizarse aún más mediante ajustes en los parámetros de operación y en el estado de conservación de la maquinaria.

Por su parte, el bagazo que sale del último molino es conducido a las calderas para ser utilizado como combustible. Este aprovechamiento energético es de gran importancia para la empresa, ya que permite generar vapor —en torno a 15,000 kilogramos por hora—

, utilizado tanto para procesos industriales como para la generación de electricidad, contribuyendo a la autosuficiencia energética y a la reducción de costos operativos.

2.2.4. Proceso de clarificación

Tras su extracción, el jugo crudo presenta impurezas que incluyen sólidos en suspensión, compuestos coloides y pequeñas partículas de tierra. Para purificar este jugo se lleva a cabo la clarificación, que es una combinación de procesos físicos y químicos. Los pasos fundamentales en esta fase son:

- **Sedimentación inicial:** el jugo es depositado en tanques donde se deja en reposo para permitir que las partículas más pesadas se asienten en el fondo.
- **Alcalinización:** se añaden reactivos químicos, generalmente cal, para ajustar el pH del jugo. Este tratamiento facilita la precipitación de impurezas orgánicas e inorgánicas.
- **Calentamiento:** el jugo es llevado a temperaturas cercanas a su punto de ebullición para acelerar la coagulación de sustancias coloidales.
- **Tanque de flasheo:** el jugo se somete a una reducción repentina de presión, lo cual provoca la pérdida de 3 a 4 °C y transforma el flujo del jugo de turbulento a laminar, favoreciendo la separación de partículas suspendidas.
- **Clarificadores:** grandes contenedores permiten que los sólidos se asienten, produciendo un líquido clarificado. Los sólidos decantados forman la cachaza, la cual es posteriormente retirada.

La cachaza se conduce a filtros rotatorios al vacío recubiertos por finas mallas metálicas, que permiten el paso del jugo clarificado mientras retienen los sólidos. Este subproducto, rico en nutrientes, es reutilizado como fertilizante en los campos de cultivo, cerrando el ciclo de aprovechamiento integral de la caña.

2.2.5. Proceso de evaporación

El jugo clarificado contiene aún un alto contenido de agua, por lo que se somete a la etapa de evaporación. Este proceso se realiza bajo condiciones de vacío, lo que reduce significativamente el punto de ebullición, evitando la caramelización de los azúcares y protegiendo la calidad del producto.

En esta fase, se logra eliminar cerca del 75 % del agua presente en el jugo, aumentando su concentración de sólidos solubles de 18 °Brix a aproximadamente 85 °Brix. El producto resultante, conocido como meladura, presenta una consistencia densa y es la base para la posterior cristalización de la sacarosa.

2.2.6. Proceso de cristalización

La cristalización consiste en inducir la formación de cristales de azúcar a partir de la meladura concentrada. Este proceso se lleva a cabo en tachos al vacío, donde se controla cuidadosamente la temperatura, presión y agitación. Durante el cocimiento, se agregan pequeñas cantidades de cristales semilla para promover el crecimiento de cristales de sacarosa de tamaño y forma uniforme.

Esta etapa está orientada principalmente a la obtención de azúcar rubia, producto que constituye la mayor parte de su producción y que responde a la demanda del mercado local y en menor medida, a exportaciones.

2.2.7. Proceso de centrifugación

La mezcla de cristales y miel madre obtenida en la cristalización se somete a centrifugación. Este proceso se efectúa en centrifugadoras industriales, que giran a

velocidades de alrededor de 900 revoluciones por minuto. La fuerza centrífuga separa el líquido (miel madre) de los cristales sólidos de sacarosa.

Posteriormente, los cristales son lavados con agua para eliminar residuos de miel adheridos a su superficie. Las mieles separadas pueden recircularse nuevamente a los tachos para una segunda cristalización o ser destinadas a la producción de alcohol etílico en la destilería, maximizando así el aprovechamiento de subproductos.

2.2.8. Proceso de secado

Los cristales de azúcar, una vez separados y lavados, presentan todavía cierta humedad superficial. Para alcanzar las condiciones óptimas de almacenamiento y comercialización, el azúcar es sometido a secado con aire caliente. Este tratamiento reduce el contenido de humedad a niveles seguros, evitando aglomeraciones y garantizando la fluidez del producto.

Tras el secado, el azúcar es clasificado en función del tamaño de los cristales, utilizando tamices y equipos de clasificación, lo cual permite cumplir con las especificaciones comerciales y de calidad exigidas por el mercado.

2.2.9. Proceso de envasado

Una vez seco y clasificado, el azúcar es transportado a través de sistemas mecánicos, como elevadores y bandas transportadoras tipo “saltamontes”, hasta tolvas de almacenamiento. Antes del envasado, el azúcar pasa por un tamiz para eliminar impurezas gruesas o partículas aglomeradas.

El producto final se envasa en diversas presentaciones según las necesidades del mercado:

- Bolsas de 50 kilogramos
- Bolsas de 25 kilogramos
- Bolsas de 10 kilogramos
- Bolsas de 5 kilogramos
- Bolsas de 1 kilogramo

Este rango de formatos permite a la empresa atender tanto a clientes industriales como al comercio minorista.

2.2.10. Productos Derivados y Aprovechamiento Integral

El proceso productivo de Chucarapi no solo se limita a la obtención de azúcar. Se generan subproductos de gran valor económico y ambiental:

- Bagazo: utilizado como combustible en las calderas, generando vapor para procesos industriales y electricidad, lo cual disminuye la dependencia de fuentes externas de energía.
- Melaza: rica en azúcares no cristalizables, destinada a la producción de alcohol y otros usos industriales y agrícolas.
- Cachaza: subproducto del proceso de clarificación, empleado como abono en los campos de cultivo, lo que reduce costos de fertilización y contribuye a la sostenibilidad ambiental.

2.2.11. Consideraciones Técnicas y Oportunidades de Mejora

Si bien el proceso productivo actual en Chucarapi está estructurado y es funcional, se identifican áreas con posibilidades de optimización, tales como:

- Reducción de reprocesos, actualmente alrededor del 20 % de la producción terminada.

- Disminución de tiempos muertos en la molienda y otras etapas críticas.
- Implementación de sistemas digitales de monitoreo en tiempo real para el control de variables de proceso.
- Incremento de la eficiencia de extracción en la molienda.
- Mejor integración de los procesos fabriles y agrícolas mediante indicadores de gestión.

Estas oportunidades serán objeto de análisis y propuesta en capítulos posteriores, buscando incrementar la productividad y rentabilidad de la planta.

En síntesis, el proceso productivo de la empresa refleja un sistema industrial consolidado que, si bien alcanza niveles aceptables de rendimiento, enfrenta desafíos relacionados con eficiencia operativa, modernización tecnológica y reducción de pérdidas productivas. La atención a estos aspectos es clave para fortalecer su posición en el mercado azucarero y garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

2.2.12. Diagrama de análisis del proceso productivo

- El proceso muestra un alto número de operaciones, lo cual es lógico para un proceso industrial de transformación de materia prima agrícola.
- Se evidencia una adecuada reutilización de subproductos, como bagazo y cachaza, lo que refleja una gestión integrada de recursos y sostenibilidad.
- La presencia de varias inspecciones intermedias demuestra un compromiso con el control de calidad en distintas etapas.
- El número de transportes también es considerable, lo que podría indicar oportunidades de mejora en layout o flujos internos para reducir tiempos muertos y costos.

- No se registran demoras explícitas en el flujo productivo, aunque los reprocesos identificados en otras partes del estudio (20 % de producto) podrían implicar tiempos adicionales no visibles en el DAP base.

Figura 2

Diagrama de análisis del proceso productivo

| Símbolo | Tipo de Actividad | # Actividades |
|--------------|-------------------|---------------|
| • | Operaciones | 9 |
| → | Transporte | 3 |
| ■ | Verificaciones | 2 |
| ▽ | Almacenamiento | 1 |
| D | Esperas | 0 |
| TOTAL | | 15 |

| Nº | Actor | Descripción de la Actividad | • | → | ■ | D | ▽ |
|----|------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1 | Transportista | Carga de caña y transporte a planta | | X | | | |
| 2 | Operador Báscula | Pesaje y descarga de caña | X | | X | | |
| 3 | Operador Lavado | Lavado de caña | X | | | | |
| 4 | Operador Molino | Troceado, desfibrado y molienda | X | | | | |
| 5 | Supervisor | Inspección del jugo | | | X | | |
| 6 | Operador Clarif. | Clarificación y separación de cachaza | X | | | | |
| 7 | Operador Transf. | Transporte a evaporador | | X | | | |

| | | | | | | | |
|----|---------------------|---|---|--|---|--|---|
| 8 | Operador Evap. | Evaporación de jugo (obtención de meladura) | X | | | | |
| 9 | Operador Crist. | Cristalización | X | | | | |
| 10 | Operador Centrif. | Centrifugación del azúcar | X | | | | |
| 11 | Operador Transporte | Traslado al área de secado | | | X | | |
| 12 | Operador Secado | Secado y clasificación del azúcar | X | | | | |
| 13 | Operador Envasado | Envasado de azúcar en diferentes presentaciones | X | | | | |
| 14 | Almacenero | Almacenamiento del azúcar en stock | | | | | X |
| 15 | Jefe Planta | Revisión general de documentación del proceso | | | X | | |

Nota. Elaboración propia

2.3. Cuantificación y Análisis de los Problemas Productivos

La empresa cuenta con una trayectoria centenaria en la industria azucarera peruana. No obstante, en la actualidad atraviesa una serie de dificultades técnicas y organizativas que afectan de forma considerable su rendimiento operativo y económico. Estas limitaciones se manifiestan tanto en la capacidad de producción diaria como en el

rendimiento de extracción de azúcar, factores determinantes para la rentabilidad y competitividad de la empresa.

La presente sección desarrolla un análisis exhaustivo de la cuantificación de los problemas detectados en la planta, presentando cifras, porcentajes y comparaciones que permiten dimensionar la magnitud de las deficiencias existentes.

2.3.1. Rendimiento Operacional de la Planta

La empresa tiene una capacidad de molienda instalada de 500 toneladas por día. En condiciones ideales, esta capacidad permitiría la utilización completa de los activos industriales, produciendo azúcar suficiente para cubrir el mercado local y algunas exportaciones. Sin embargo, en 2024, el volumen mensual promedio de caña procesada fue de 5103 toneladas, lo que resulta en una molienda diaria de alrededor de 284 toneladas. Esto representa una utilización de solo el 57.9 % de la capacidad instalada, reflejando una brecha operativa significativa de 42.1 % respecto al potencial de diseño de la planta.

Tabla 3
Indicadores del proceso productivo

| Indicador | Valor |
|---|-------|
| Capacidad instalada diaria (ton) | 500 |
| Producción promedio diaria real (ton) | 284 |
| Porcentaje de utilización de capacidad (%) | 57.9 |
| Pérdida de rendimiento respecto a capacidad (%) | 42.1 |

Fuente. Elaboración propia

Esta brecha implica que prácticamente dos quintas partes del potencial productivo de la planta no están siendo aprovechadas. Esto afecta la economía de escala y genera un costo fijo mayor por cada tonelada de azúcar producida, impactando directamente en el margen de utilidad de la empresa.

2.3.2. Eficiencia de Extracción de Sacarosa

Históricamente, la planta ha alcanzado rendimientos de extracción de hasta 95 kg de azúcar por tonelada de caña procesada, considerado como el máximo rendimiento técnico bajo condiciones óptimas de operación y calidad de materia prima. Sin embargo, los datos del año 2024 muestran que la planta únicamente ha conseguido obtener un rendimiento promedio de 55 kg de azúcar por tonelada, equivalente a una eficiencia de 57.89 % respecto al máximo potencial.

Tabla 4
Eficiencia de extracción de sacarosa

| Indicador | Valor |
|---|-------|
| Rendimiento máximo histórico (kg azúcar/ton caña) | 95 |
| Rendimiento actual (kg azúcar/ton caña) | 55 |
| Eficiencia actual respecto al máximo (%) | 57.89 |
| Pérdida de rendimiento (%) | 42.11 |

Fuente. Elaboración propia

Implicaciones económicas:

- Por cada tonelada de caña procesada, se están dejando de obtener 40 kg de azúcar respecto al rendimiento máximo histórico.

- A un precio promedio de S/. 2.40 por kilogramo de azúcar, esto implica una pérdida potencial de S/. 96.00 por tonelada de caña procesada.
- Multiplicado por el volumen mensual de molienda (5103 toneladas), la empresa deja de percibir aproximadamente S/. 489,888.00 mensuales.

Tabla 5
Implicancias económicas

| Concepto | Valor estimado (S/.) |
|--------------------------------|----------------------|
| Pérdida por tonelada de caña | 96.00 |
| Toneladas procesadas mensuales | 5,103 |
| Pérdida mensual estimada | 489,888.00 |

Fuente. Elaboración propia

Estas cifras evidencian el impacto económico que representa la pérdida de eficiencia en la extracción de sacarosa, situación que requiere intervenciones urgentes para revertirse.

2.3.3. Disponibilidad de Tiempo Operativo

Durante el año 2024, la planta contó con un promedio mensual de 720 horas programadas de operación. Sin embargo, únicamente 391 horas fueron utilizadas de manera efectiva, mientras que 329 horas se perdieron mensualmente, lo que representa 45.70 % del tiempo disponible.

Tabla 6
Disponibilidad operativa

| Concepto | Horas mensuales | % sobre total |
|----------------------------|-----------------|---------------|
| Horas programadas | 720 | 100.00 |
| Horas efectivas trabajadas | 391 | 54.30 |
| Horas perdidas | 329 | 45.70 |

Fuente. Elaboración propia

Principales causas de pérdida de tiempo:

- Fallas mecánicas: principalmente en el tándem de molienda y equipos auxiliares.
- Demoras por falta de repuestos: retrasos en la adquisición de componentes críticos.
- Trabajos correctivos no planificados: intervenciones emergentes que podrían evitarse con mantenimiento preventivo.
- Inactividad por falta de caña: derivada de deficiencias en la logística de cosecha y transporte.

2.3.4. Detalle de Problemas Identificados

A continuación, se detallan las deficiencias específicas identificadas en el proceso productivo, organizadas según su naturaleza técnica y organizativa.

A. Antigüedad y desgaste de equipos

Gran parte de los equipos clave en el proceso, como molinos, bombas, transmisiones y calderas, presentan más de 20 años de uso continuo, lo cual supera el ciclo de vida útil recomendado por los fabricantes. Este envejecimiento provoca:

- Reducción de la eficiencia de extracción.
- Mayor frecuencia de fallas mecánicas.
- Costos crecientes de reparación y repuestos.

Tabla 7

Antigüedad y desgaste de equipos

| Indicador | Valor |
|---|----------|
| Antigüedad promedio de los equipos (años) | >20 |
| Eventos de falla mensual (molienda) | ≥ 8 |
| Tiempo detenido por evento (horas) | 4 - 12 |

Fuente. Elaboración propia

B. Mantenimiento reactivo

La planta opera bajo un enfoque correctivo, interviniendo equipos solo tras producirse una falla. Esto genera:

- 421 horas mensuales perdidas.
- Costos adicionales por reparaciones urgentes.
- Riesgo de daños mayores en equipos críticos.

C. Ausencia de monitoreo en tiempo real

Actualmente, no existen sistemas digitales que permitan monitorear variables críticas, tales como:

- Flujo de jugo.
- Temperatura y presión en etapas clave.

- Rendimientos parciales por fase.

La falta de información en tiempo real impide anticipar problemas, generar alertas y adoptar decisiones oportunas. Esto incrementa los riesgos de paradas imprevistas y reprocesos costosos.

D. Falta de control de procesos intermedios

El proceso productivo carece de instrumentos adecuados para medir:

- Cuánta caña se convierte efectivamente en jugo.
- Rendimientos específicos en cada etapa.
- Desperdicios generados en forma de jugos residuales o melazas.

La carencia de estos datos impide localizar los puntos de mayor pérdida y limita las posibilidades de implementar acciones correctivas basadas en evidencia.

E. Reprocesos elevados

Se ha identificado que alrededor del 20 % de la producción requiere ser reprocesada, debido principalmente a:

- Deficiencias en cristalización.
- Problemas de pureza del jugo.
- Variaciones en la granulometría del producto final.

Tabla 8
Reprocesos elevados

| Indicador | Valor estimado |
|-------------------------------|----------------|
| Tasa de reprocesos (%) | 20 |
| Incremento en tiempo de ciclo | +2 a +3 días |

Los reprocesos implican:

- Consumo adicional de energía.
- Mayor desgaste mecánico.
- Incremento de costos unitarios de producción.
- Demora en los tiempos de entrega al cliente.

F. Déficit de capacitación técnica

Buena parte del personal operativo se basa en el conocimiento empírico adquirido a lo largo de años de experiencia. No obstante:

- Existe escasa formación formal en operación eficiente de maquinaria.
- Los operadores desconocen herramientas modernas de análisis de procesos.
- Las acciones de mejora resultan difíciles de implementar sin personal capacitado.

G. Pérdida de conocimiento técnico tradicional

Muchos procedimientos, técnicas de ajuste de maquinaria y estrategias de operación óptima han quedado en la memoria de operarios antiguos. La falta de documentación técnica ha ocasionado:

- Riesgo de pérdida de conocimientos clave al retirarse el personal experimentado.

- Variabilidad operativa entre turnos.
- Dificultad para estandarizar procesos.

H. Ausencia de estandarización y de indicadores

No se cuenta con manuales ni protocolos escritos que estandaricen las operaciones de planta. Esto ocasiona:

- Disparidad en resultados entre distintos turnos.
- Imposibilidad de aplicar prácticas de mejora continua.
- Carencia de datos estadísticos confiables para la toma de decisiones.

2.3.5. Impacto Económico y Técnico Global

Las consecuencias de estas deficiencias son significativas y se reflejan en los costos de operación, productividad y sostenibilidad de la empresa.

Tabla 9
Impacto económico y técnico global

| Impacto | Consecuencia |
|---------------------------------|--|
| Baja utilización de capacidad | Mayores costos fijos por tonelada producida |
| Menor rendimiento de extracción | Pérdidas económicas por materia prima desaprovechada |
| Paradas frecuentes | Pérdida de horas productivas y aumento de costos |
| Reprocesos elevados | Incremento de costos operativos y desgaste de maquinaria |
| Falta de monitoreo y datos | Imposibilidad de gestionar mejoras basadas en evidencia |

Fuente. Elaboración propia

Estimación de impacto económico anual:

Considerando la pérdida promedio mensual por menor rendimiento:

- Pérdida mensual estimada: S/. 489,888.00
- Pérdida anual aproximada: S/. 5,878,656.00

Este monto equivale a aproximadamente el 15-20 % de las ventas anuales de la planta, lo que dimensiona la magnitud del problema.

Del análisis realizado, se concluye que la planta está operando muy por debajo de su capacidad y de su rendimiento técnico óptimo. Las principales causas identificadas son:

- Maquinaria envejecida y obsoleta.
- Carencia de programas de mantenimiento preventivo.
- Ausencia de monitoreo en tiempo real.
- Deficiencias en gestión de procesos.
- Escasa formación técnica del personal.
- Falta de procedimientos documentados.

Estos factores están interrelacionados y conforman un círculo vicioso que perpetúa la baja productividad y los altos costos operativos. Para revertir esta situación, se requiere implementar propuestas de mejora técnica, organizativa y tecnológica, las cuales serán objeto de desarrollo en capítulos posteriores de este trabajo.

2.3.5 Análisis de Causas del Bajo Rendimiento y Utilización de Capacidad Instalada

El análisis realizado en los apartados previos ha permitido establecer que la empresa opera actualmente con un aprovechamiento muy por debajo de su capacidad instalada, así como con un rendimiento de extracción de azúcar considerablemente menor al potencial técnico de la planta. Si bien los indicadores numéricos permiten dimensionar la magnitud del problema, resulta indispensable comprender las causas profundas que lo generan, ya que esto constituye la base para diseñar soluciones efectivas y sostenibles.

Para este análisis, se empleó el Diagrama de Ishikawa, también llamado de Causa y Efecto. Esta herramienta ayuda a organizar las causas posibles de un problema en categorías claras, lo que ayuda a encontrarlas y decidir cuáles son las más importantes para actuar primero. Se usa seguido en ingeniería industrial porque divide problemas complicados en partes más fáciles de manejar, concentrándose en los factores que más influyen en el resultado.

Este estudio muestra las causas encontradas en la planta industrial, clasificadas según las 6M: Método, Máquina, Mano de Obra, Materiales, Medio Ambiente y Medición.

2.3.5.1. Método

Una causa importante de ineficiencia en la planta es la ausencia de métodos estandarizados para las actividades operativas. La planta carece de manuales de procedimiento e instructivos técnicos que detallen cómo realizar operaciones críticas, como el ajuste de molinos, la calibración de equipos o los criterios de calidad en cada etapa del proceso. Esto provoca que cada turno trabaje bajo criterios personales o de experiencia, lo que lleva a resultados inconsistentes, variación en la calidad del producto y errores repetitivos que podrían evitarse con procedimientos claros.

La ausencia de uniformidad se manifiesta, por ejemplo, en variaciones notables en el rendimiento de extracción entre turnos. Mientras en algunos casos se logra acercarse a 65 kg de azúcar por tonelada de caña, en otros turnos el rendimiento desciende a menos de 50 kg, sin que exista un análisis documentado que explique las causas de estas variaciones.

Adicionalmente, se ha identificado que las actividades de mantenimiento se realizan bajo un enfoque netamente correctivo. En lugar de planificar intervenciones preventivas basadas en cronogramas y registros técnicos, las reparaciones se llevan a cabo únicamente cuando los equipos fallan. Esto incrementa las paradas no programadas y genera costos significativamente más altos, pues las intervenciones de emergencia suelen implicar tiempos prolongados y adquisición urgente de repuestos, a menudo a precios superiores.

Finalmente, se evidencia una deficiente gestión de los procesos intermedios, ya que no se registra de manera sistemática la cantidad de caña que ingresa a los molinos, ni se controla con precisión el flujo de jugo en cada etapa. Esta carencia de control impide conocer con certeza dónde se están generando las mayores pérdidas de sacarosa y limita la capacidad de la empresa para enfocar sus esfuerzos de mejora en las áreas más críticas.

Tabla 10
Causas – Método

| Causas – Método | Descripción |
|--|---|
| Ausencia de procedimientos estandarizados | No existen manuales ni instructivos formales, lo que genera variabilidad entre turnos. |
| Mantenimiento reactivo | Las reparaciones se realizan solo tras una falla, elevando tiempos muertos y costos de reparación. |
| Deficiente gestión de procesos intermedios | No se mide ni controla de forma precisa el rendimiento de cada etapa ni el flujo de caña procesada. |

Fuente. Elaboración propia

2.3.5.2. Máquina

La situación de la maquinaria en la planta constituye una de las causas más relevantes que explican el bajo rendimiento global de la planta. Gran parte de los equipos clave, incluyendo molinos, bombas, reductores de velocidad y calderas, presentan más de veinte años de uso continuo. Este envejecimiento genera una serie de problemas:

- Disminución en la eficiencia de extracción de jugo, ya que las superficies de contacto en los molinos se encuentran desgastadas, disminuyendo la capacidad de prensado.
- Incremento en la frecuencia de fallas mecánicas, tales como roturas de ejes, fisuras en estructuras metálicas, o fallos en los sistemas de rodamientos.
- Elevación de los costos de mantenimiento, debido a la dificultad para encontrar repuestos originales de equipos obsoletos, lo que en muchos casos obliga a fabricar piezas de manera artesanal, incrementando el costo y el tiempo de las reparaciones.

Durante el año 2024, se registraron en promedio 8 eventos mensuales de fallas importantes en el tándem de molienda, cada uno de los cuales representó entre 4 y 12 horas de detención. Esto equivale a más de 30 a 60 horas de pérdida de producción mensual solo en este componente crítico, sin contar las paradas adicionales que se producen en otros equipos.

Un aspecto crítico adicional es la falta de repuestos críticos en stock. Ante cualquier avería importante, la empresa se ve obligada a detener la producción mientras se consiguen las piezas necesarias, lo cual implica costos elevados no solo por la inactividad, sino también por penalidades asociadas a retrasos en los pedidos de clientes o compromisos contractuales.

Tabla 11
Causas – Máquina

| Causas – Máquina | Descripción |
|--------------------------------------|---|
| Antigüedad de los equipos | Gran parte de los equipos supera los 20 años de uso continuo, lo que disminuye su eficiencia. |
| Fallas mecánicas frecuentes | Se producen averías en ejes, rodamientos o cuchillas, deteniendo la producción durante horas. |
| Falta de repuestos críticos en stock | La escasez de repuestos obliga a detener la planta mientras se consiguen piezas, prolongando paradas. |

Fuente. Elaboración propia

2.3.5.3. Mano de Obra

El recurso humano de la planta es uno de sus activos más valiosos, pero también presenta importantes limitaciones que impactan directamente en el desempeño productivo. Si bien muchos de los operarios poseen gran experiencia empírica acumulada durante años de trabajo, existe un déficit considerable en formación técnica formal. Esto significa que una parte importante del personal desconoce principios básicos de operación industrial, análisis de variables de proceso o interpretación de indicadores de eficiencia.

La falta de formación técnica tiene como consecuencia que los operarios no siempre sean capaces de identificar desviaciones del proceso en etapas tempranas. Por ejemplo, durante la operación de los tachos de cristalización, algunos trabajadores ajustan los parámetros únicamente “a ojo”, basados en su experiencia, lo que puede generar inconsistencias en la calidad del azúcar y en el tamaño de los cristales producidos.

Otra causa relevante es la pérdida progresiva de conocimientos técnicos tradicionales. No existe un sistema estructurado de documentación de saberes, ni protocolos escritos que recojan las prácticas exitosas aprendidas por personal veterano. Así, técnicas clave como el ajuste óptimo de la presión de los molinos, o la correcta calibración de los sistemas de vapor, están siendo gradualmente olvidadas a medida que los trabajadores más experimentados se retiran o son reasignados.

Finalmente, se observa una falta de cultura de mejora continua. El personal no ha sido entrenado ni incentivado para participar activamente en programas de mejora de procesos, ni para proponer soluciones a los problemas detectados. Esto limita la capacidad de la empresa para implementar cambios sostenibles y genera un ambiente donde las mismas fallas se repiten constantemente.

Tabla 12
Causas – Mano de obra

| Causas – Mano de Obra | Descripción |
|--|--|
| Bajo nivel de capacitación técnica | Muchos operarios no cuentan con formación técnica formal sobre procesos industriales. |
| Pérdida de conocimientos tradicionales | No existe documentación formal que conserve saberes aprendidos por personal con experiencia. |
| Falta de cultura de mejora continua | El personal no ha sido incentivado para proponer soluciones ni participar en procesos de mejora. |

Fuente. Elaboración propia

2.3.5.4. Materiales

La variabilidad en la calidad de la materia prima es otro de los factores críticos que afectan la eficiencia del proceso productivo en la empresa. Las características de la caña de azúcar que llega a la planta presentan fluctuaciones significativas en cuanto a contenido de sacarosa, niveles de impurezas y grado de humedad. Esto tiene un impacto directo en el rendimiento de extracción, ya que cañas con bajo contenido de sacarosa o con alto contenido de agua producen jugo menos concentrado, obligando a un mayor esfuerzo energético en etapas como la evaporación.

Por otro lado, existen problemas de logística en el abastecimiento de caña, especialmente durante épocas de lluvias, cuando las condiciones de los caminos agrícolas impiden el acceso de los camiones a ciertas parcelas. Esto genera retrasos en el transporte y provoca períodos en los que la planta se queda sin materia prima, obligando a detener la producción de manera parcial o total.

Asimismo, se ha identificado que la caña que llega a la planta presenta altos niveles de tierra, cenizas y otras impurezas. Esto incrementa el trabajo en la etapa de lavado y causa un desgaste acelerado en los equipos mecánicos, particularmente en los molinos, donde las partículas abrasivas actúan como agentes erosivos que disminuyen la vida útil de las superficies de prensado.

Tabla 13
Causas – Materiales

| Causas – Materiales | Descripción |
|-------------------------------------|---|
| Variabilidad en calidad de la caña | Diferencias en contenido de sacarosa y humedad afectan el rendimiento de extracción. |
| Problemas de abastecimiento de caña | La caña no llega en tiempo por problemas logísticos, obligando a detener la planta. |
| Altos niveles de impurezas | La caña llega con tierra, cenizas y otros residuos, generando desgaste en equipos y reprocesos. |

Fuente. Elaboración propia

2.3.5.5. Medio Ambiente

El entorno físico en el que opera la empresa presenta condiciones que influyen negativamente en la estabilidad de su producción. Durante la temporada de cosecha, las lluvias intensas pueden paralizar completamente las labores agrícolas, imposibilitando tanto la cosecha como el transporte de la caña hacia la planta. Esto genera interrupciones en el flujo de materia prima y obliga a la planta a suspender su operación, incrementando los costos fijos por tonelada de azúcar producida.

Además, las altas condiciones de humedad ambiental favorecen la fermentación prematura de la caña almacenada, lo cual reduce significativamente el contenido de sacarosa disponible para el proceso de extracción. Esto implica no solo pérdidas en el rendimiento, sino también la generación de jugos con mayor contenido de impurezas, lo que dificulta las etapas de clarificación y cristalización.

Por otro lado, la planta está situada en una zona agrícola expuesta a altos niveles de polvo y partículas en el ambiente. Esta condición incrementa el desgaste mecánico de la maquinaria, especialmente en componentes móviles, y eleva la frecuencia de mantenimiento requerido para mantener la planta operativa.

Tabla 14
Causas – Medio ambiente

| Causas – Medio Ambiente | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Clima adverso en épocas de cosecha | Lluvias intensas detienen cosecha y transporte de caña, interrumpiendo el suministro de materia prima. |
| Humedad elevada | La humedad favorece la fermentación prematura de la caña, reduciendo el contenido de sacarosa. |
| Presencia de polvo y suciedad | La ubicación de la planta en zona agrícola genera polvo que acelera el desgaste de maquinaria. |

Fuente. Elaboración propia

2.3.5.6. Medición

Uno de los puntos más críticos identificados en la planta es la ausencia de sistemas de medición y monitoreo en tiempo real. Actualmente, la planta opera prácticamente sin datos automatizados que permitan conocer variables esenciales como el flujo de jugo, temperaturas, presiones o rendimientos parciales en cada etapa del proceso. Esta carencia limita la capacidad de los operadores y de la gerencia técnica para anticiparse a fallas o desviaciones del proceso.

Además, no se cuenta con indicadores clave de desempeño (KPI) que permitan evaluar objetivamente la eficiencia global de la planta. Sin estos indicadores, resulta imposible determinar con precisión cuáles son las áreas de mayor pérdida o qué equipos contribuyen en mayor medida a las detenciones de producción.

Por último, los datos que se registran en la planta suelen hacerse de forma manual y presentan inconsistencias o errores frecuentes. Esto no solo impide realizar análisis estadísticos confiables, sino que también genera desconfianza en la información disponible, retrasando la toma de decisiones técnicas.

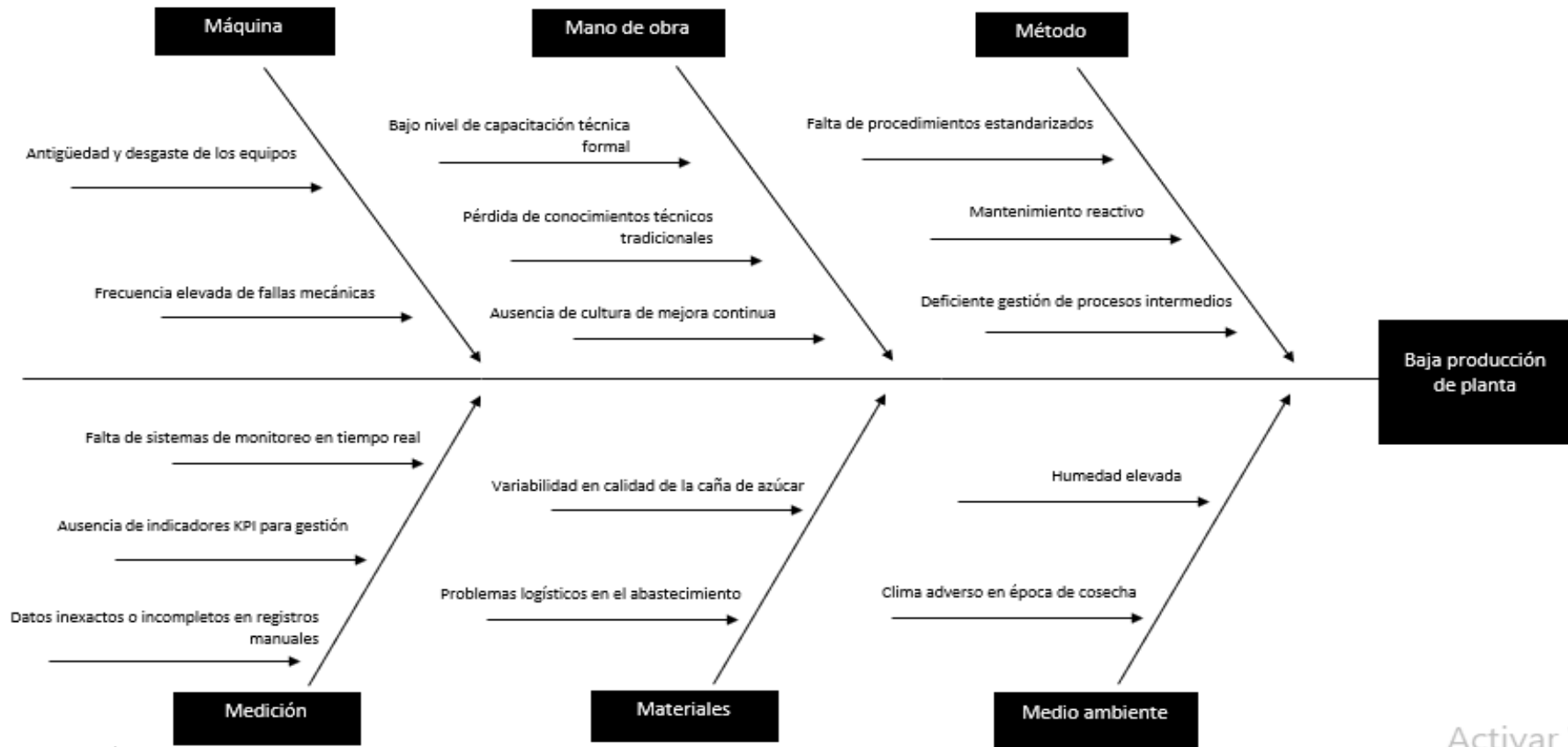
Tabla 15
Causas – Medición

| Causas – Medición | Descripción |
|---------------------------------|--|
| Falta de sistemas automatizados | No existen dispositivos que monitoreen en tiempo real variables críticas como presión o flujo de jugo. |
| Ausencia de indicadores KPI | No se cuenta con métricas estandarizadas para evaluar rendimiento por etapa o eficiencia global. |
| Datos inexactos o incompletos | Registros manuales presentan errores y no son confiables para análisis técnico. |

Fuente. Elaboración propia

2.3.5.7. Diagrama de Ishikawa

Figura 3
Diagrama de Ishikawa



Activar V

Nota. Elaboración propia

El análisis realizado permite concluir que el bajo rendimiento y la subutilización de la capacidad instalada en la empresa no se deben a un único factor aislado, sino a una compleja interacción de causas técnicas, organizativas y ambientales. Cada una de las categorías analizadas ejerce una influencia directa sobre la eficiencia productiva, y sus efectos se potencian mutuamente, generando un escenario donde los problemas se perpetúan y tienden a agravarse con el tiempo.

La maquinaria envejecida, la falta de procedimientos estandarizados, la carencia de sistemas de medición y monitoreo, las deficiencias en la capacitación del personal y las limitaciones en la calidad de la materia prima constituyen un entramado de causas que explica las elevadas pérdidas productivas y económicas identificadas en los apartados anteriores.

Identificar con precisión estas causas es clave para mejorar continuamente, ya que permite enfocar los esfuerzos de la compañía en las áreas más importantes, priorizar la inversión y crear soluciones que funcionen, tanto en lo técnico como en lo organizativo. En el Diagrama de Ishikawa (Figura 3), se resume visualmente la relación entre el problema principal y las causas encontradas. Esto servirá como base para crear ideas de mejora, que se tratarán más adelante.

2.3.6. Matriz de priorización de causas

En cualquier empresa industrial, si se encuentran varias causas que originan problemas grandes en la producción, es clave priorizar cuáles se atenderán primero. La Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. no es la excepción, pues enfrenta un conjunto de factores interrelacionados que han derivado en bajo rendimiento productivo y subutilización de su capacidad instalada.

Priorizar las causas ayuda a decidir dónde enfocar los recursos, el trabajo y las inversiones, asegurando que las acciones tomadas tengan el mayor impacto posible en la eficiencia y la productividad de la planta. Para este propósito, se ha creado una Matriz de Priorización de Causas, que evalúa cada causa identificada según tres criterios clave:

- Impacto en el desempeño → Mide cómo la causa influye directamente en la producción y la eficiencia.
- Facilidad de solución → Evalúa qué tan difícil es resolver la causa en términos técnicos, económicos o administrativos.
- Urgencia → Determina la necesidad de actuar rápido para prevenir problemas mayores.

Cada criterio se califica del 1 al 5, siendo 5 el valor máximo. La suma de estas calificaciones ayuda a ordenar las causas según su prioridad.

Para esto se evaluarán todas las causas estudiadas:

- C1 → Falta de procedimientos estandarizados
- C2 → Mantenimiento reactivo
- C3 → Deficiente gestión de procesos intermedios
- C4 → Antigüedad y desgaste de los equipos
- C5 → Frecuencia elevada de fallas mecánicas
- C6 → Falta de repuestos críticos en stock
- C7 → Bajo nivel de capacitación técnica formal
- C8 → Pérdida de conocimientos técnicos tradicionales
- C9 → Ausencia de cultura de mejora continua
- C10 → Variabilidad en calidad de la caña de azúcar

- C11 → Problemas logísticos en el abastecimiento
- C12 → Presencia elevada de impurezas en la caña
- C13 → Lluvias torrenciales que interrumpen la cosecha
- C14 → Humedad elevada que favorece fermentación de caña
- C15 → Polvo y suciedad que aceleran el desgaste mecánico
- C16 → Falta de sistemas de monitoreo en tiempo real
- C17 → Ausencia de indicadores KPI para gestión
- C18 → Datos inexactos o incompletos en registros manuales

Tabla 16
Matriz de priorización de causas

| Nº | Causa | Impacto (1-5) | Facilidad de Solución (1-5) | Urgencia (1-5) | Total, Puntos |
|----|--|------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|
| C1 | Falta de procedimientos estandarizados | 5 | 4 | 5 | 14 |
| C2 | Mantenimiento reactivo | 4 | 3 | 4 | 11 |
| C3 | Deficiente gestión de procesos intermedios | 4 | 3 | 4 | 11 |
| C4 | Antigüedad y desgaste de los equipos | 5 | 2 | 5 | 12 |
| C5 | Frecuencia elevada de fallas mecánicas | 5 | 3 | 5 | 13 |
| C6 | Falta de repuestos críticos en stock | 4 | 4 | 5 | 13 |

| Nº | Causa | Impacto (1-5) | Facilidad de Solución (1-5) | Urgencia (1-5) | Total, Puntos |
|-----|--|------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|
| C7 | Bajo nivel de capacitación técnica formal | 4 | 5 | 4 | 13 |
| C8 | Pérdida de conocimientos técnicos tradicionales | 3 | 3 | 3 | 9 |
| C9 | Ausencia de cultura de mejora continua | 3 | 4 | 3 | 10 |
| C10 | Variabilidad en calidad de la caña de azúcar | 4 | 2 | 5 | 11 |
| C11 | Problemas logísticos en el abastecimiento | 4 | 3 | 4 | 11 |
| C12 | Presencia elevada de impurezas en la caña | 4 | 3 | 4 | 11 |
| C13 | Lluvias torrenciales | 3 | 1 | 5 | 9 |
| C14 | Humedad elevada que favorece fermentación | 3 | 2 | 4 | 9 |
| C15 | Polvo y suciedad que aceleran el desgaste mecánico | 3 | 3 | 3 | 9 |
| C16 | Falta de sistemas de monitoreo en tiempo real | 5 | 3 | 5 | 13 |
| C17 | Ausencia de indicadores KPI | 4 | 4 | 4 | 12 |

| Nº | Causa | Impacto (1-5) | Facilidad de Solución (1-5) | Urgencia (1-5) | Total, Puntos |
|-----|--|------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|
| C18 | Datos inexactos en registros manuales | 4 | 4 | 4 | 12 |

Fuente. Elaboración propia

El análisis indica que las causas con la puntuación más alta son:

- C1 – Falta de procedimientos estandarizados (14 puntos)
- C5 – Frecuencia elevada de fallas mecánicas (13 puntos)
- C6 – Falta de repuestos críticos en stock (13 puntos)
- C7 – Bajo nivel de capacitación técnica formal (13 puntos)
- C16 – Falta de sistemas de monitoreo en tiempo real (13 puntos)

Estas causas resaltan debido a su gran impacto directo en la eficiencia productiva y a la necesidad de abordarlas con rapidez, dado que se vinculan con las áreas críticas de operación y manejo técnico.

La carencia de procedimientos estandarizados (C1) surge como la causa de mayor importancia, ya que no solo incide en la variabilidad del proceso, sino que imposibilita la implementación de mejoras, dificulta la capacitación técnica y aumenta los errores operativos. Igualmente, la ausencia de sistemas de monitoreo en tiempo real (C16) imposibilita la reacción oportuna ante desviaciones en el proceso, lo que perpetúa las pérdidas.

Por otro lado, aunque factores como lluvias torrenciales (C13) o humedad elevada (C14) poseen gran impacto estacional, su facilidad de solución es baja, dado que son

variables externas de difícil control. Por ello, aunque importantes, no aparecen como las primeras prioridades de intervención interna. Para indoles de este estudio se realizará el desarrollo de la causa con mayor puntaje en la matriz, en este caso será:

- C1 – Ausencia de procedimientos estandarizados

Esta acción se dirige a las causas de mayor influencia e impacto, generando beneficios técnicos y económicos para la empresa. En los siguientes capítulos, se presentarán propuestas concretas para abordar estas causas prioritarias.

Las causas priorizadas son cruciales debido a su impacto en la eficiencia productiva y la rentabilidad de la planta. El análisis de su recurrencia en distintos procesos productivos revela su presencia en las etapas de molienda y clarificación, convirtiéndola en un cuello de botella generalizado. Si no se aborda, la planta seguirá operando por debajo de su capacidad instalada, lo que restringe el aumento de la producción y la disminución de los costos unitarios. Por lo tanto, esta causa se prioriza como el eje central de la propuesta de mejora.

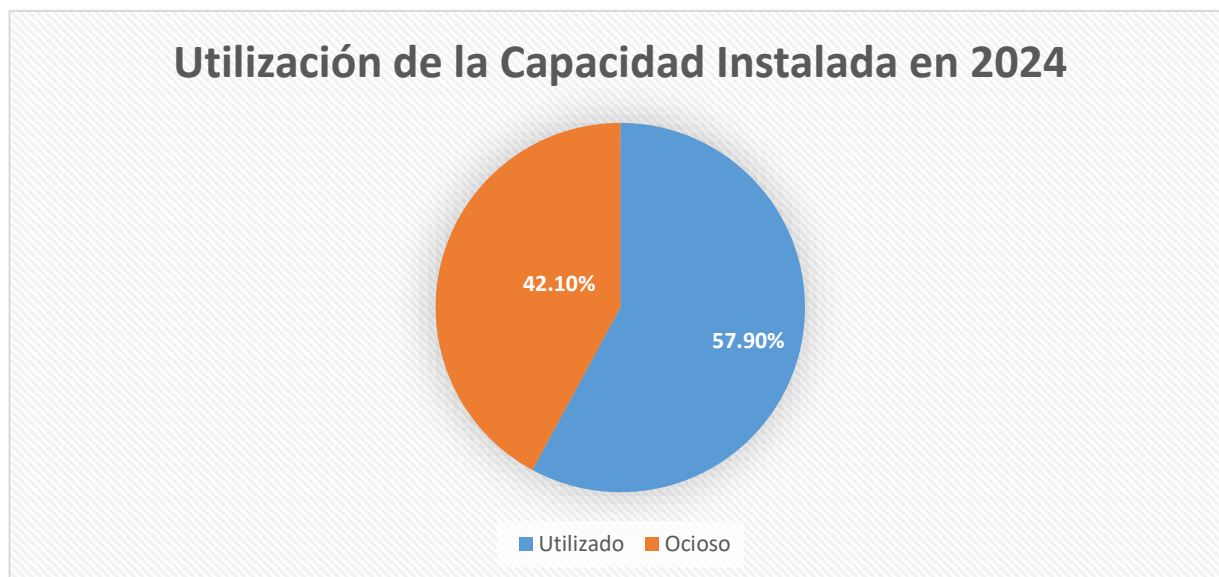
CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE PROYECTO

3. Desarrollo de la investigación

3.1. Introducción al Análisis de Capacidad

En la industria azucarera, el análisis de la capacidad de producción es clave para la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad. Este análisis ayuda a conocer el potencial máximo de una planta y a identificar las diferencias entre el rendimiento teórico y el práctico. En el caso de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A., este punto es muy importante. El análisis anterior mostró que la planta no está operando a su máxima capacidad, lo que afecta su rendimiento económico y técnico.

Según los datos técnicos del departamento de producción, la planta puede procesar 500 toneladas de caña de azúcar al día. No obstante, los registros de 2024 indican que la molienda diaria promedio fue de 284 toneladas, lo que representa un uso del 57.9% de la capacidad instalada y un 42.1% de capacidad ociosa. Esta diferencia es significativa y evidencia un alto nivel de ineficiencia productiva.

Figura 4*Utilización de la Capacidad Instalada en 2024*

Nota. Elaboración propia

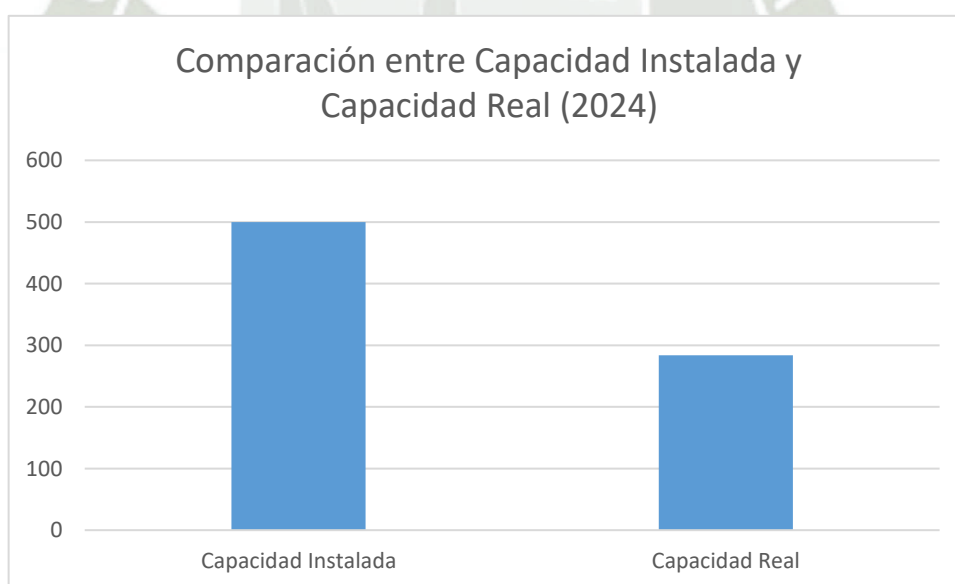
La existencia de esta brecha tiene implicancias profundas para la empresa, tanto en el ámbito técnico como económico. Desde el punto de vista económico, operar por debajo de la capacidad instalada incrementa el costo unitario de producción, dado que los costos fijos deben distribuirse entre una menor cantidad de producto, disminuyendo los márgenes de ganancia y afectando la competitividad de la empresa en el mercado nacional y potencialmente en mercados de exportación.

En el aspecto técnico, la subutilización de la capacidad genera situaciones tales como maquinaria parada, recursos humanos subempleados y mayor exposición a pérdidas por cambios bruscos en la demanda o en las condiciones climáticas. Además, mantiene a la empresa en una situación vulnerable ante fluctuaciones del mercado, pues limita su capacidad de respuesta para incrementar rápidamente la producción si las condiciones del entorno lo requieren.

El análisis desarrollado en la presente investigación ha identificado múltiples causas que contribuyen a esta problemática. Sin embargo, una de las causas más relevantes es la falta de procedimientos estandarizados (C1). La carencia de protocolos y manuales técnicos claros genera:

- Variabilidad en la forma en que los operarios realizan sus actividades.
- Incremento de tiempos improductivos por descoordinación entre procesos.
- Elevadas tasas de reprocesos, particularmente en etapas críticas como la cristalización y centrifugado.
- Mayores índices de fallas mecánicas, derivadas de una operación inadecuada de los equipos.

Figura 5
Comparación entre Capacidad Instalada y Capacidad Real (2024)



Nota. Elaboración propia

Para lograr el objetivo central de esta investigación, que es aumentar la producción de azúcar, es crucial superar las deficiencias existentes. Esto implica analizar la capacidad

instalada y su uso actual, y además, sugerir soluciones técnicas y de organización que permitan explotar al máximo el potencial de producción de la planta.

Este capítulo presenta un análisis detallado de la capacidad productiva de la empresa. Se usarán herramientas de ingeniería industrial, como estudios de métodos y tiempos, análisis de balance de línea, definición de procedimientos estándar e indicadores clave de desempeño (KPIs). El objetivo es proponer mejoras concretas y sustentadas técnicamente para la producción de azúcar y la sostenibilidad económica de la empresa.

Dicha labor está directamente alineada con el segundo objetivo específico de la presente investigación y constituye la base sobre la cual se edificará, en capítulos posteriores, la cuantificación técnica y económica de los beneficios esperados.

3.2. Análisis de capacidad instalada

En la gestión industrial, la determinación de la capacidad instalada es fundamental, ya que establece los límites físicos y técnicos de una planta, así como la diferencia entre su capacidad de producción teórica y su producción real. En la empresa en estudio, este análisis es especialmente importante porque existe una diferencia notable entre la capacidad técnica de la planta y su rendimiento real. Este hecho ha sido una constante durante los últimos años, lo que ha limitado la competitividad de la empresa en el mercado nacional y ha generado pérdidas económicas importantes.

En 2024, los datos muestran que la producción de la planta no alcanzó su nivel esperado. A pesar de tener la capacidad de moler 500 toneladas de caña al día, el promedio diario fue de 284 toneladas, lo que significa que solo se usó el 57.9% de la capacidad total. Esto deja inactivo cerca del 42.1% de la instalación, lo que afecta los costos de producción, las ganancias y el uso eficiente de los recursos de la empresa.

Una baja tasa de uso de la capacidad instalada refleja problemas estructurales en la organización. Inicialmente, esto señala la falta de procedimientos operativos estandarizados, donde las diferencias en los métodos de trabajo entre turnos crean importantes cambios en el rendimiento y reducen la eficiencia general. También, varios factores restringen el uso completo del potencial productivo de las instalaciones. Estos incluyen: pausas por fallas mecánicas, poca coordinación entre el departamento agrícola y el área de producción, y una baja integración de Indicadores Clave de Rendimiento (KPI).

Esta diferencia entre la capacidad instalada y la producción real afecta tanto a la técnica como a la economía. Técnicamente, implica un uso ineficiente de maquinaria especializada, sistemas de transporte interno y personal, que podrían producir más. En términos económicos, esto quiere decir que los costos fijos de la planta se dividen entre menos productos, lo que aumenta el costo de producción por unidad y disminuye las ganancias de la empresa.

Esta situación presenta una oportunidad considerable para mejorar. Aumentar la producción para usar mejor la capacidad actual no solo haría un uso más eficiente de los recursos, sino que también impulsaría la competitividad de la empresa, mejoraría su posición en el mercado y fortalecería su situación económica. Para lograr esto, es clave identificar las diferencias actuales, entender sus causas y crear planes de mejora basados en métodos de ingeniería industrial.

En esta sección, se examina la capacidad operativa de la planta, tanto en su nivel instalado como en su grado de uso. Se evalúan las pérdidas, tanto en producción como económicas, para usarlas como base en las propuestas de mejora que se harán más adelante. Para ello, se muestran cálculos detallados y comparaciones numéricas con datos de 2024, incluyendo estimaciones técnicas cuando no se disponga de información directa.

3.2.1. Capacidad instalada teórica

La planta tiene una capacidad instalada para procesar 500 toneladas diarias de caña de azúcar, operando de forma continua en tres turnos de 8 horas. Este dato permite calcular su capacidad teórica:

- Capacidad diaria: 500 t caña/día
- Capacidad mensual: 15,000 t caña/mes (500×30)
- Capacidad anual: 180,000 t caña/año (500×360)

Tabla 17

Capacidad Instalada Teórica de la Planta

| Indicador | Valor |
|--------------------------------------|-----------------|
| Capacidad instalada diaria (t caña) | 500 |
| Capacidad instalada mensual (t caña) | 15,000 |
| Capacidad instalada anual (t caña) | 180,000 |
| Turnos de operación | 3 turnos de 8 h |

Fuente. Elaboración propia

3.2.2. Capacidad instalada real utilizada en 2024

Del análisis de los registros de 2024 se obtiene que la producción real fue de 284 toneladas diarias en promedio.

Producción real:

- Producción diaria: 284 t caña/día

- Producción mensual: 8,520 t caña/mes (284×30)
- Producción anual: 102,240 t caña/año (284×360)

Tabla 18

Capacidad Real Utilizada en 2024

| Indicador | Valor |
|--------------------------------------|---------|
| Producción diaria promedio (t caña) | 284 |
| Producción mensual promedio (t caña) | 8,520 |
| Producción anual (t caña) | 102,240 |
| % de utilización de capacidad | 57.90% |

Fuente. Elaboración propia

3.2.3. Brecha de Capacidad No Utilizada

La brecha de capacidad ociosa se calcula como la diferencia entre la capacidad instalada y la capacidad real utilizada.

Cálculos:

- Brecha diaria: $500 - 284 = 216$ t/día
- Brecha mensual: $216 \times 30 = 6,480$ t/mes
- Brecha anual: $216 \times 360 = 77,760$ t/año

Tabla 19

Brecha de Capacidad No Utilizada (2024)

| Indicador | Valor |
|----------------------------|-------|
| Brecha diaria (t caña/día) | 216 |

| | |
|-----------------------------|--------|
| Brecha mensual (t caña/mes) | 6,480 |
| Brecha anual (t caña/año) | 77,760 |
| % capacidad ociosa | 42.10% |

Fuente. Elaboración propia

3.2.4. Análisis de producción azúcar

Uno de los impactos más importantes de la subutilización de la capacidad es la menor producción de azúcar. En 2024, la planta obtuvo un rendimiento promedio de 55 kg de azúcar por tonelada de caña, aunque técnicamente podría alcanzar 95 kg/ton bajo condiciones óptimas.

Considerar que el rendimiento de 95 kg/ton se toma como dato técnico máximo obtenido en años anteriores en campañas con buena calidad de caña y condiciones operativas estables. Es un dato razonable en la industria azucarera para plantas de tecnología convencional.

Producción real de azúcar (2024):

$$\text{Producción azúcar real (t)} = \frac{102,240 \times 55}{1000} = 5,623.2$$

Producción teórica (capacidad total):

$$\text{Producción azúcar teórica (t)} = \frac{180,000 \times 95}{1000} = 17,100$$

Diferencia (brecha):

$$\text{Brecha (t)} = 17,100 - 5,623.2 = 11,476.8$$

Tabla 20

Valores de los indicadores de producción

| Indicador | Valor (t azúcar/año) |
|--------------------------------------|----------------------|
| Producción real | 5,623.20 |
| Producción teórica (capacidad total) | 17,100 |
| Diferencia (brecha) | 11,476.80 |

Fuente. Elaboración propia

3.2.5. Análisis de pérdida económica

El impacto económico se calculó considerando un precio promedio de S/ 2.40 por kilogramo de azúcar, según valores promedio del mercado en Perú en los últimos dos años.

Cálculo de pérdida económica:

$$\text{Pérdida anual (S/)} = 11,476.8 \times 1000 \times 2.40 = 27'544,320.00$$

3.2.6. Análisis de Tiempos de Operación

Uno de los principales factores que explica la menor utilización de la capacidad instalada es la existencia de tiempos improductivos, es decir, horas en las que la planta está detenida por fallas mecánicas, falta de materia prima, limpieza, o reprocesos.

Suposición técnica razonada:

- Horas planificadas mensuales: 720 h (30 días × 24 h)
- Horas efectivas trabajadas: 391 h (dato real aproximado obtenido en diagnóstico previo)
- Horas perdidas: 329 h

Tabla 21

Tiempos de Operación Mensual (2024)

| Indicador | Horas/mes | % |
|----------------------------|-----------|---------|
| Horas planificadas | 720 | 100.00% |
| Horas efectivas trabajadas | 391 | 54.30% |
| Horas perdidas | 329 | 45.70% |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 22

Distribución Estimada de Horas Perdidas (Mensual)

| Causa | Horas/mes | % |
|--------------------------|-----------|--------|
| Fallas mecánicas | 140 | 42.50% |
| Falta de caña | 80 | 24.30% |
| Reprocesos | 60 | 18.20% |
| Limpiezas no programadas | 29 | 8.80% |
| Otras causas | 20 | 6.20% |
| Total | 329 | 100% |

Fuente. Elaboración propia

3.2.7. Impacto de Mejorar el Rendimiento de Extracción

Uno de los factores más relevantes que inciden en la producción de azúcar es el rendimiento de extracción, entendido como la cantidad de azúcar obtenida por tonelada de caña procesada. Este indicador es clave para evaluar la eficiencia del proceso industrial y su impacto directo en los resultados económicos de la empresa.

Según los datos obtenidos en 2024, la planta logró un rendimiento promedio de extracción de 55 kg de azúcar por cada tonelada de caña procesada. Este valor es significativamente inferior al rendimiento técnico máximo que la planta ha logrado en campañas anteriores, el cual se sitúa en torno a 95 kg de azúcar por tonelada de caña, bajo condiciones óptimas de operación y calidad de materia prima.

La diferencia entre estos valores exhibe un posible margen técnico de mejora. Sin embargo, es importante notar que este margen no es todavía una mejora real, si no solo indica la distancia entre el estado actual y el máximo potencial que se podría lograr al mejorar las técnicas y operaciones.

Tabla 23

Rendimiento de Extracción en Planta (2024)

| Indicador | Valor (kg/ton caña) |
|--------------------------------------|---------------------|
| Rendimiento promedio actual (2024) | 55 |
| Rendimiento técnico máximo histórico | 95 |
| Diferencia (potencial técnico) | 40 |

Fuente. Elaboración propia

Esta diferencia en el rendimiento tiene implicaciones importantes, pues implica que, por cada tonelada de caña molida, se pierden hasta 40 kg de azúcar. Esto representa una pérdida considerable cuando se multiplica por el total de caña procesada cada año.

Cálculo de la diferencia de producción:

La pérdida de azúcar relacionada con este bajo rendimiento puede calcularse a partir del volumen real de caña procesada en 2024, que fue de 102,240 toneladas. Esta diferencia potencial no es una proyección de mejora real, sino solo una estimación de la cantidad de azúcar que no se obtiene debido a las condiciones actuales.

$$\text{Brecha potencial (t azúcar/año)} = \frac{102,240 \times 40}{1000} = 4,089.6 \text{ t/año}$$

Tabla 24

Brecha Potencial de Producción de Azúcar (2024)

| | |
|--------------------------------------|---------|
| Volumen caña procesada (t/año) | 102,240 |
| Diferencia rendimiento (kg/ton caña) | 40 |

| | |
|------------------------------------|----------|
| Brecha potencial de azúcar (t/año) | 4,089.60 |
|------------------------------------|----------|

Fuente. Elaboración propia

El análisis sugiere que, sin modificar la capacidad de molienda actual, la producción de azúcar podría aumentar si se mejora el rendimiento de extracción acercándolo al máximo técnico posible. Este margen es teórico y depende de factores operativos, tecnológicos y de la calidad de la materia prima, que se estudiarán más adelante en esta investigación. Por consiguiente, esta sección solo describe la situación actual y mide la diferencia técnica posible. Los valores exactos de mejora se tratarán en el capítulo de propuestas de mejora.

3.3. Estudio de método y tiempos

Para mejorar la eficiencia y productividad industrial, el estudio de métodos y tiempos resulta crucial. Esta herramienta ayuda a detectar ineficiencias, suprimir actividades redundantes y fijar tiempos estándar fiables. Estos últimos son esenciales para la planificación, la estimación de costes y la evaluación de la capacidad productiva.

En la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A., los estudios iniciales muestran que la variabilidad en los métodos de trabajo es una razón clave para la baja en el uso de la capacidad instalada (57.9 %). Esto se debe en gran parte a la falta de procedimientos estandarizados, lo que genera diferencias significativas en los tiempos de ejecución entre operarios y turnos, afectando directamente el volumen de producción diario.

En consecuencia, se optó por conducir un análisis de métodos y tiempos en las fases clave de la producción azucarera. El objetivo fue medir los tiempos operativos reales, detectar las diferencias presentes y fijar tiempos estándar que sirvan de referencia para proponer mejoras más adelante.

Para cada etapa se efectuaron 10 observaciones cronometradas, A continuación, se presentan los resultados del estudio, con su respectivo análisis técnico.

3.3.1. Proceso de Molienda

a) Descripción del Proceso

La molienda es la primera etapa fundamental del proceso azucarero. En esta fase, la caña es introducida al tándem de molinos para extraer el jugo azucarado. La eficiencia de este proceso impacta directamente en el rendimiento de extracción y, por ende, en la cantidad de azúcar producida.

b) Observaciones Cronometradas

Se realizaron 10 mediciones del tiempo necesario para procesar una tonelada de caña en el primer molino. Los valores registrados fueron los siguientes:

Tabla 25
Tiempos Observados en Molienda (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 1.9 |
| 2 | 2.05 |
| 3 | 1.8 |
| 4 | 1.95 |
| 5 | 2.1 |
| 6 | 2 |
| 7 | 1.85 |
| 8 | 2.15 |
| 9 | 1.92 |
| 10 | 2.08 |

Fuente. Elaboración propia

c) Análisis de Variabilidad

Se observa una variabilidad considerable entre los tiempos mínimos y máximos (1.80 y 2.15 min/ton respectivamente). Esta diferencia, aunque aparentemente pequeña en cada tonelada, se amplifica exponencialmente cuando se analiza en volúmenes diarios o anuales.

Ejemplo de impacto:

- Diferencia máxima vs mínima → 0.35 min/ton
- A 284 ton/día → diferencia de 99.4 minutos/día (~1.66 horas).
- En 360 días → casi 600 horas perdidas anualmente solo por variabilidad en molienda.

Este análisis demuestra la necesidad de estandarizar el método de alimentación y operación del molino para reducir dispersiones.

c) Cálculo de Tiempo Promedio Observado (TO)

$$TO = \frac{19.80}{10} = 1.98 \text{ min/ton}$$

e) Índice de Ritmo (IR)

Se evaluó un ritmo de trabajo de 105 %, ligeramente superior al ritmo normal, debido a la experiencia de algunos operarios en el turno observado.

d) Tiempo Normal (TN)

$$TN = TO \times \frac{IR}{100} = 1.98 \times 1.05 = 2.079 \text{ min/ton}$$

e) Tolerancia

Se aplicó una tolerancia del 15 %, contemplando pausas breves, fatiga y situaciones imprevistas:

$$TE - TN \times 1.15 - 2.079 \times 1.15 - 2.391 \text{ min/ton}$$

El tiempo estándar obtenido para la molienda es 2.391 min/ton. Comparando con el promedio observado (1.98 min/ton), se aprecia que los operarios están trabajando en algunos turnos por debajo del estándar, aunque también existen valores por encima de 2.10 min/ton. Esto confirma la dispersión y la urgencia de definir métodos estandarizados.

Si se lograra estabilizar el tiempo de molienda en torno a 2.00 min/ton, la planta podría procesar más caña cada día. Por ejemplo:

- A tiempo estándar actual (2.391 min/ton): capacidad = 25.08 ton/hora
- Si se lograra 2.00 min/ton → capacidad = 30.00 ton/hora

Incremento potencial = +19.6 % en molienda.

3.3.2. Proceso de Clarificación

a) Observaciones Cronometradas

Se realizaron 10 mediciones del tiempo necesario para procesar una tonelada de caña en el primer molino. Los valores registrados fueron los siguientes:

Tabla 26

Tiempos Observados en Clarificación (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 1.25 |

| | |
|----|------|
| 2 | 1.4 |
| 3 | 1.35 |
| 4 | 1.3 |
| 5 | 1.42 |
| 6 | 1.28 |
| 7 | 1.38 |
| 8 | 1.29 |
| 9 | 1.45 |
| 10 | 1.33 |

Fuente. Elaboración propia

b) Análisis

En clarificación, los tiempos son más homogéneos, variando entre 1.25 y 1.45 min/ton. Esto refleja un proceso menos dependiente del factor humano, pues está más automatizado. Aun así, los pequeños excesos de tiempo podrían deberse a acumulación de impurezas o variaciones en la temperatura del jugo.

c) Cálculo de Tiempos

- $TO = 1.345 \text{ min/ton}$
- $IR = 100 \% \rightarrow$ ritmo normal.
- $TN = 1.345 \text{ min/ton}$
- $TE = 1.345 \times 1.15 = 1.547 \text{ min/ton}$

d) Análisis Interpretativo

Aunque la clarificación presenta poca variabilidad, incluso reducir solo 0.10 min/ton tendría impacto importante.

Ejemplo:

- $0.10 \text{ min/ton} \times 284 \text{ t/día} = 28.4 \text{ minutos/día}$

- En 360 días → 170.4 horas/años recuperables para producción.

3.3.3. Proceso de Evaporación

a) Observaciones Cronometradas

Tabla 27

Tiempos Observados en Evaporación (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 2.6 |
| 2 | 2.45 |
| 3 | 2.5 |
| 4 | 2.7 |
| 5 | 2.55 |
| 6 | 2.4 |
| 7 | 2.65 |
| 8 | 2.48 |
| 9 | 2.58 |
| 10 | 2.52 |

Fuente. Elaboración propia

b) Análisis

La evaporación es una etapa crítica porque concentra el jugo para su posterior cristalización. Los tiempos son más altos que en otras etapas y la variabilidad es significativa (2.40 a 2.70 min/ton). Esto podría indicar:

- Suciedad en intercambiadores de calor.
- Diferencias en el flujo de vapor.
- Operación no estandarizada.

c) Cálculos

- TO = 2.583 min/ton
- IR = 95 % → ritmo levemente bajo.
- TN = 2.454 min/ton
- TE = 2.822 min/ton

d) Análisis Interpretativo

Evaporación es una de las principales áreas de oportunidad. Con solo reducir tiempos en 0.3 min/ton:

- $0.3 \text{ min} \times 284 \text{ t/día} = 85.2 \text{ min/día}$
- En 360 días → 510 horas/año de producción adicional.

3.3.4. Proceso de cristalización

a) Descripción del Proceso

La cristalización es una de las etapas más delicadas en la producción de azúcar, pues en ella se forma físicamente el cristal. Su desempeño está altamente influenciado por parámetros como la pureza del jugo, la temperatura, y el tiempo de cocción. Cualquier desviación en este proceso puede derivar en la necesidad de reprocesar meladuras, incrementando tiempos improductivos y costos operativos.

b) Observaciones Cronometradas

Se registraron 10 observaciones de tiempo requerido para cristalizar el volumen equivalente a una tonelada de caña procesada:

Tabla 28

Tiempos Observados en Cristalización (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 3.1 |
| 2 | 3.35 |
| 3 | 3.2 |
| 4 | 3.4 |
| 5 | 3.25 |
| 6 | 3.3 |
| 7 | 3.15 |
| 8 | 3.5 |
| 9 | 3.18 |
| 10 | 3.3 |

Fuente. Elaboración propia

c) Análisis de Variabilidad

Se aprecia una variabilidad moderada entre las observaciones, fluctuando de 3.10 a 3.50 min/ton. Las causas probables incluyen:

- Diferencias en temperatura de masa cocida.
- Variaciones en pureza del jugo.
- Ausencia de protocolos fijos para el punto de corte del cristal.

Esta etapa es muy sensible a criterios subjetivos del operario, lo que justifica su estandarización para evitar reprocesos.

d) Cálculo de Tiempo Promedio Observado (TO)

$$TO = \frac{32.73}{10} = 3.273 \text{ min/ton}$$

e) Índice de Ritmo (IR)

Se ha estimado un ritmo de trabajo de 100 %, ya que el proceso depende más de variables fisicoquímicas que de velocidad manual.

f) Tiempo Normal (TN)

$$TN = 3.273 \times 1.00 = 3.273 \text{ min/ton}$$

g) Tolerancia

Se aplica un 15 % para fatiga y eventuales imprevistos:

$$TE = 3.273 \times 1.15 = 3.764 \text{ min/ton}$$

El tiempo estándar en cristalización es 3.764 min/ton. Este proceso es uno de los principales cuellos de botella, pues cualquier aumento de 0.20 min/ton, multiplicado por la producción diaria (284 ton/día), genera 56.8 minutos de retraso por día. Anualmente esto significa 341 horas improductivo.

Esta situación explica en parte el bajo uso de la capacidad productiva y subraya la necesidad urgente de establecer protocolos de trabajo uniformes para este proceso.

3.3.5. Proceso de Centrifugado

a) Descripción del Proceso

El centrifugado separa los cristales de azúcar de la miel madre. Es una etapa rápida, pero crítica, pues excesos o defectos en los tiempos de giro pueden provocar pérdida de azúcar o necesidad de reprocessar melazas.

b) Observaciones Cronometradas

Tabla 29

Tiempos Observados en Centrifugado (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 1.55 |
| 2 | 1.7 |
| 3 | 1.6 |
| 4 | 1.8 |
| 5 | 1.65 |
| 6 | 1.75 |
| 7 | 1.58 |
| 8 | 1.82 |
| 9 | 1.68 |
| 10 | 1.72 |

Fuente. Elaboración propia

c) Análisis de Variabilidad

En centrifugado, los tiempos oscilan entre 1.55 y 1.82 min/ton, una dispersión moderada. Esto indica que:

- No todos los operarios aplican el mismo ciclo de centrifugado.
- Algunas cargas podrían estar desbalanceadas, obligando a prolongar los tiempos de giro.
- Falta de procedimientos escritos para establecer tiempos y velocidades óptimas.

d) Cálculo de Tiempo Promedio Observado (TO)

$$TO = \frac{16.85}{10} = 1.685 \text{ min/ton}$$

e) Índice de Ritmo (IR)

Se ha determinado un ritmo normal del 100 %.

f) Tiempo Normal (TN)

$$TN = 1.685 \times 1.00 = 1.685 \text{ min/ton}$$

g) Tolerancia

Se añade un 15 % por contingencias:

$$TE = 1.685 \times 1.15 = 1.938 \text{ min/ton}$$

El tiempo estándar de centrifugado es 1.938 min/ton. Aunque es una etapa rápida, cualquier exceso es crítico porque:

- Genera acumulación de producto en etapas previas.
- Detiene el flujo continuo.
- Aumenta el riesgo de reprocesos si no se obtiene azúcar de calidad.

Por ejemplo, una demora promedio de solo 0.10 min/ton representa 28.4 minutos/día (en 284 ton/día), o 170.4 horas al año. Esto equivale a más de 7 días productivos anuales desperdiciados solo en esta etapa.

El análisis de los tiempos de operación constituye una herramienta fundamental para conocer el verdadero comportamiento del proceso productivo y dimensionar las oportunidades de mejora que existen dentro de la empresa. Los resultados obtenidos en el presente estudio han permitido poner en evidencia las diferencias que existen entre los tiempos reales en que se realizan las operaciones y los tiempos estándar calculados, situación que se encuentra estrechamente vinculada a la ausencia de procedimientos estandarizados.

A partir de las mediciones realizadas, se ha identificado que las etapas del proceso presentan variabilidad en sus tiempos de ejecución, lo cual afecta de manera directa el volumen diario de molienda y, en consecuencia, el nivel de azúcar producido. Esta variabilidad es notable en procesos tales como la molienda y la cristalización, donde se aprecian diferencias notorias entre las mediciones más rápidas y las más lentas. Esto quiere decir que no todos los turnos operan bajo las mismas pautas ni emplean las mismas prácticas, lo cual genera retrasos que, aunque parecen pequeños en un día, crecen cuando se miden a lo largo del año.

Específicamente, la fase de cristalización se distingue como la operación más crítica, dado su elevado tiempo estándar (3.764 minutos por tonelada) y su susceptibilidad a las condiciones físicas y químicas del proceso. Los resultados confirman que esta fase suele actuar como un cuello de botella en la fábrica, limitando la capacidad de procesar un mayor volumen de caña.

En cuanto a la evaporación, se han observado tiempos relativamente altos (2.822 minutos por tonelada). Esto podría deberse a problemas de mantenimiento en los evaporadores, acumulación de incrustaciones o cambios en la presión del vapor. Para solucionar esto, es importante establecer procedimientos claros y realizar un seguimiento continuo.

En cuanto a la molienda, el tiempo estándar es menor que el de otras operaciones (2.391 minutos por tonelada). Se observan fluctuaciones entre los registros, lo que sugiere la necesidad de uniformizar la alimentación de caña y la operación del tándem de molinos. La reducción de estas diferencias podría liberar capacidad productiva, contribuyendo a aumentar la producción de azúcar.

Las operaciones de clarificación y centrifugado muestran tiempos estándar menores (1.547 y 1.938 minutos por tonelada, respectivamente) y una dispersión de datos más baja. Sin embargo, incluso en estas fases, pequeñas diferencias de tiempo pueden generar retrasos que, al acumularse con el tiempo, impactan de forma notoria en la producción anual.

Según el análisis cuantitativo, incluso una pequeña reducción en los tiempos estándar de cada etapa puede generar ganancias considerables en horas productivas anuales. Por ejemplo, disminuir 0.25 minutos por tonelada en cada proceso podría liberar cerca de 426 horas al año, lo que equivale a más de 17 días completos de producción adicional, cifra que tendría un impacto económico altamente positivo para la empresa.

Por tanto, el estudio de tiempos ha puesto en evidencia no solo las cifras actuales de desempeño, sino también el enorme potencial de mejora existente, siempre que se implementen acciones orientadas a estandarizar los métodos de trabajo, capacitar al personal y controlar con precisión las variables críticas del proceso. Estos resultados constituyen la base técnica sobre la cual se diseñarán las propuestas específicas que serán desarrolladas en el capítulo siguiente, orientadas a incrementar la producción y reducir la variabilidad que hoy limita el rendimiento de la planta.

Para una mejor visualización de los resultados obtenidos, se presenta a continuación un cuadro resumen que consolida los tiempos estándar estimados para cada etapa del proceso, ordenados de mayor a menor:

Tabla 30

Resumen de Tiempos Estándar por Proceso

| Etapa del Proceso | Tiempo Estándar (min/ton caña) | Observaciones Relevantes |
|-------------------|--------------------------------|--|
| Cristalización | 3.764 | Proceso crítico. Principal cuello de botella. Alta sensibilidad a variaciones físicas y criterio del operario. |
| Evaporación | 2.822 | Afectado por limpieza de equipos, incrustaciones y presión de vapor. Áreas prioritarias de mantenimiento. |
| Molienda | 2.391 | Alta dispersión entre turnos. Necesidad urgente de estandarizar alimentación de caña. |
| Centrifugado | 1.938 | Etapa rápida, pero con impacto acumulativo en tiempos muertos si se desbalancea la carga. |
| Clarificación | 1.547 | Etapa más estable. Bajo margen de mejora inmediata pero relevante en acumulado anual. |

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior evidencia que la cristalización representa la mayor oportunidad de intervención, tanto por su elevado tiempo estándar como por la variabilidad detectada en las observaciones. Las áreas de evaporación y molienda también destacan como procesos prioritarios, mientras que clarificación y centrifugado, si bien presentan menores tiempos, no deben ser desestimadas, ya que incluso pequeñas mejoras pueden traducirse en importantes beneficios económicos si se consideran los grandes volúmenes procesados por la planta.

El conocimiento de estos tiempos estándar es, por tanto, fundamental para la planificación de las acciones de mejora que permitan a la empresa alcanzar el objetivo

estratégico de incrementar su producción de azúcar, optimizando recursos y elevando su competitividad en el mercado.

3.4. Propuesta de procedimiento estandarizado

La estandarización de procedimientos constituye un elemento esencial en toda operación industrial que aspire a alcanzar altos niveles de eficiencia, productividad y calidad. Su implementación permite asegurar que las actividades críticas se ejecuten siempre bajo los mismos criterios técnicos, reduciendo la variabilidad y minimizando errores que puedan impactar en el resultado final del proceso.

En el caso de la empresa, el diagnóstico realizado en los capítulos anteriores ha puesto en evidencia que la falta de procedimientos estandarizados es uno de los principales factores que explica el bajo aprovechamiento de la capacidad instalada, así como las fluctuaciones observadas en los tiempos de operación entre diferentes turnos.

- Las consecuencias de no contar con procedimientos claros se reflejan en:
- Diferencias en los métodos de trabajo entre operadores.
- Aumento de tiempos improductivos.
- Reprocesos, especialmente en etapas críticas como la cristalización.
- Incremento de costos operativos.
- Pérdida de uniformidad en la calidad del producto final.

Para corregir estos problemas, se han creado métodos técnicos y operativos específicos para cada fase importante en la producción de azúcar. Cada procedimiento ha sido elaborado considerando:

- La descripción técnica de la etapa.

- Las operaciones que la conforman, paso a paso.
- Los parámetros técnicos que deben controlarse (tiempos, temperaturas, presiones).
- Los instrumentos necesarios para su ejecución.
- Los responsables directos de cada operación.
- Los formatos y registros para documentar el cumplimiento de los procedimientos.

La correcta implementación de estos procedimientos permitirá reducir la variabilidad operativa, disminuir tiempos improductivos y, en consecuencia, incrementar la producción diaria de azúcar, lo que contribuirá de manera directa al cumplimiento del objetivo estratégico de la empresa.

El diagnóstico de la causa principal reveló que los tiempos improductivos identificados corresponden, en gran medida, a deficiencias en la secuencia de actividades y en la disponibilidad de equipos críticos. Los cronometrajes realizados evidencian desviaciones respecto a los tiempos estándar, principalmente en las etapas de molienda y cristalización, donde los tiempos muertos alcanzan entre un 12 % y un 18 % del tiempo total del proceso. Esta situación no solo incrementa los costos asociados al consumo energético y al uso de insumos, sino que también genera retrasos acumulativos en las fases posteriores. Por tanto, la causa principal diagnosticada se relaciona con la falta de procedimientos estandarizados que aseguren la correcta sincronización de actividades y la reducción de tiempos ociosos.

A continuación, se desarrollan los procedimientos propuestos para cada una de las etapas clave del proceso industrial.

3.4.1. Procedimiento Estandarizado para Molienda

a) Importancia del Proceso de Molienda

En la empresa, la molienda representa la fase inicial y crucial de la producción. Su objetivo principal es obtener el jugo azucarado de la caña de azúcar, proceso en el que la caña pasa por una serie de molinos. La eficiencia de esta fase es vital para aprovechar al máximo la caña de azúcar. Si no se extrae todo el jugo, se pierde sacarosa, lo que impacta negativamente en el rendimiento de la fábrica y en las ganancias de la compañía.

El análisis diagnóstico y de tiempos realizado muestra variaciones notables en el tiempo necesario para completar esta operación, con diferencias de hasta 0.35 minutos por tonelada entre diversas observaciones. Esto sugiere la falta de procedimientos estandarizados y confirma que cada turno aplica sus propios criterios, lo que afecta directamente la capacidad de molienda diaria y, por ende, la producción de azúcar.

b) Objetivos del Procedimiento

El procedimiento estandarizado para molienda se ha diseñado con el propósito de:

- Uniformizar los métodos de trabajo entre turnos y operarios.
- Reducir la dispersión de tiempos de operación.
- Incrementar el volumen diario de caña procesada.
- Proteger la integridad mecánica de los equipos.
- Disminuir los tiempos de parada por atascos o fallas mecánicas.

La puesta en marcha de este procedimiento mejorará la capacidad instalada, lo que tendrá efectos positivos tanto en lo técnico como en lo económico.

c) Procedimiento Detallado

A continuación, se detalla el protocolo operativo estándar. Este documento se basa en los principios técnicos del proceso y toma en cuenta las mejores prácticas identificadas durante el diagnóstico:

Tabla 31

Procedimiento Estandarizado: Molienda

| N° | Actividad |
|----|--|
| 1 | Verificar la limpieza y liberación del canal de alimentación de caña. |
| 2 | Revisar niveles de aceite en reductores y bombas hidráulicas. Registrar en formato de mantenimiento diario. |
| 3 | Encender los motores del sistema de alimentación siguiendo la secuencia indicada en el manual de operación. |
| 4 | Ajustar la velocidad de alimentación de caña, evitando excesos que provoquen sobrecarga en los molinos. |
| 5 | Controlar la presión hidráulica en los rodillos, manteniéndola entre los valores establecidos (180 – 220 bar). |
| 6 | Observar la temperatura del jugo extraído, procurando que se mantenga entre 40 – 45 °C para evitar pérdidas de sacarosa. |
| 7 | Realizar mediciones horarias del porcentaje de extracción de jugo y registrar los datos. |
| 8 | Informar de inmediato cualquier ruido anormal, vibración o calentamiento excesivo en el tándem de molinos. |
| 9 | Ejecutar el protocolo de parada de emergencia en caso de atasco, siguiendo los pasos establecidos para evitar daños mecánicos. |

| | |
|----|--|
| 10 | Completar la hoja de control del turno con datos de producción, tiempos de parada y observaciones. |
|----|--|

Fuente. Elaboración propia

d) Parámetros Técnicos del Proceso

Tabla 32

Parámetros Técnicos Recomendados: Molienda

| | |
|----------------------------------|------------------|
| Flujo de alimentación | 45 – 50 t/h |
| Presión hidráulica en rodillos | 180 – 220 bar |
| Temperatura jugo extraído | 40 – 45 °C |
| Porcentaje de extracción de jugo | ≥ 95 % |

Fuente. Elaboración propia

e) Instrumentos y Equipos Necesarios

Para la correcta ejecución del procedimiento, se requiere disponer de:

- Tablero de control del tándem.
- Manómetros calibrados para medición de presión hidráulica.
- Termómetros industriales para jugo extraído.
- Formato de hoja de control de molienda.
- Equipos de protección personal (EPP) para los operarios.

f) Responsables de la Ejecución

La responsabilidad del cumplimiento de este procedimiento recae sobre:

- Operador del Tándem de Molienda: Responsable directo de las acciones operativas descritas.
- Supervisor de Producción: Responsable de verificar el cumplimiento y registrar anomalías.
- Técnico de Mantenimiento Mecánico: Responsable de responder ante cualquier falla mecánica reportada.

g) Análisis e Interpretación del Procedimiento

Tras la implementación del procedimiento estandarizado para la operación de molienda, se llevó a cabo una nueva toma de tiempos bajo condiciones normales de producción, empleando la misma metodología utilizada en la primera ronda de cronometrajes. En esta segunda medición, se realizaron nuevamente 10 observaciones para validar el impacto del procedimiento.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 33

Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 1.95 |
| 2 | 2 |
| 3 | 1.92 |
| 4 | 1.98 |
| 5 | 2.02 |
| 6 | 1.97 |
| 7 | 1.93 |
| 8 | 1.99 |
| 9 | 1.96 |
| 10 | 1.94 |

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con estas nuevas mediciones, el tiempo promedio observado fue de:

$$TO_{nuevo} = \frac{19.66}{10} = 1.966 \text{ min/ton}$$

Este valor representa una reducción respecto al tiempo promedio inicial de 1.98 min/ton, obteniéndose además menor dispersión en las observaciones, lo que refleja mayor uniformidad en la ejecución de las actividades.

Al recalcular el tiempo estándar considerando el mismo índice de ritmo (IR = 105 %) y la tolerancia del 15 %, se obtiene:

$$TN_{nuevo} = TO_{nuevo} \times \frac{105}{100} = 1.966 \times 1.05 = 2.064 \text{ min/ton}$$

$$TE_{nuevo} = TN_{nuevo} \times 1.15 = 2.064 \times 1.15 = 2.373 \text{ min/ton}$$

Comparando el tiempo estándar anterior (2.391 min/ton) con el nuevo tiempo estándar (2.373 min/ton), se verifica una reducción de 0.018 min/ton, equivalente a una mejora del **0.75 %**. Aunque la diferencia puede parecer pequeña, representa una recuperación significativa de capacidad productiva cuando se proyecta a los volúmenes procesados diariamente.

Ejemplo de impacto diario:

$$\Delta t = 0.018 \text{ min/ton} \times 284 \text{ ton/día} = 5.112 \text{ min/día}$$

A lo largo de un año de operación (360 días), esto equivale a:

$$5.112 \times 360 = 1,840.32 \text{ min/año} \approx 30.67 \text{ horas/año}$$

Este resultado significa que, gracias a la estandarización de la molienda, se han recuperado más de 30 horas anuales que antes se perdían en tiempos improductivos. Aunque aparentemente modesta, esta ganancia representa la posibilidad de procesar hasta 15 toneladas adicionales de caña al año, lo cual contribuye directamente al incremento de la producción de azúcar.

Adicionalmente, se ha comprobado una reducción en la variabilidad de los tiempos, lo cual se evidencia en el rango observado en las nuevas mediciones, el cual se ha acortado de 1.80–2.15 min/ton en la primera ronda a 1.92–2.02 min/ton en la segunda, consolidando así una operación más estable y predecible.

Los resultados indican que la aplicación del procedimiento estandarizado mejoró el proceso de molienda. Se observó una mayor uniformidad en las operaciones, una reducción en los tiempos de trabajo y, como resultado, condiciones más favorables para aumentar la producción diaria de azúcar.

Tabla 34*Comparación de Tiempos Antes y Después de la Mejora*

| Indicador | Antes | Después | Variación |
|-------------------------------------|-------|---------|-----------|
| Tiempo promedio observado (min/ton) | 1.98 | 1.966 | -0.014 |
| Tiempo estándar (min/ton) | 2.391 | 2.373 | -0.018 |
| Capacidad horaria (ton/h) | 25.08 | 25.28 | 0.2 |
| Capacidad diaria (ton/día) | 602 | 607 | 5 |
| Horas recuperadas/año | – | 30.67 | – |

Fuente. Elaboración propia

La tabla evidencia que, aunque las diferencias en minutos son reducidas, la estandarización ha permitido recuperar capacidad productiva equivalente a 30.67 horas anuales, lo que se traduce en un volumen adicional de caña procesada y, en consecuencia, en

mayor producción de azúcar. Esto confirma la efectividad práctica del procedimiento implementado, cumpliendo con el objetivo de reducir la dispersión operativa y optimizar el proceso de molienda.

3.4.2. Procedimiento Estandarizado para Clarificación

a) Importancia del Proceso de Clarificación

La clarificación constituye una etapa crítica en la producción de azúcar, cuyo objetivo principal es eliminar impurezas y coloides presentes en el jugo crudo extraído durante la molienda. La eficiencia de este proceso es clave para asegurar una buena calidad del jugo clarificado, optimizar el rendimiento en las etapas posteriores (evaporación y cristalización) y evitar formación de incrustaciones en los equipos.

El diagnóstico previo ha revelado que, aunque la clarificación presenta tiempos menores en comparación con otras etapas, se identificaron variaciones leves en los tiempos de operación entre turnos, lo que refleja diferencias en los criterios aplicados por los operarios al momento de dosificar químicos, regular temperaturas y controlar el flujo del jugo. Aunque estas diferencias puedan parecer mínimas, su impacto acumulativo afecta el flujo general del proceso y genera pérdidas de tiempo productivo a lo largo del año.

b) Objetivos del Procedimiento

- Uniformizar las operaciones de clarificación entre los diferentes turnos.
- Mantener la calidad del jugo clarificado dentro de parámetros óptimos.
- Reducir la variabilidad en tiempos de operación.
- Prevenir formación de incrustaciones en evaporadores.
- Contribuir a la estabilidad global del proceso de fabricación de azúcar.

c) Procedimiento Detallado

Tabla 35

Procedimiento Estandarizado - Clarificación

| Nº | Actividad |
|----|---|
| 1 | Comprobar que el tanque clarificador se encuentre limpio y libre de residuos de turno anterior. |
| 2 | Revisar niveles de insumos químicos (cal, floculante, ácido fosfórico). |
| 3 | Iniciar circulación de jugo crudo manteniendo caudal constante entre 10 – 12 m ³ /h. |
| 4 | Dosificar cal en concentración de 1.8 % en relación al peso del jugo, controlando pH entre 7.0 y 7.2. |
| 5 | Aplicar floculante en proporción de 15 a 20 ppm según turbidez inicial del jugo. |
| 6 | Mantener temperatura de jugo clarificado entre 102 – 105 °C. |
| 7 | Realizar pruebas de turbidez cada 30 minutos, registrando valores en hoja de control. |
| 8 | Verificar separación adecuada de lodo, ajustando tiempos de retención si es necesario. |
| 9 | Informar cualquier anomalía de sedimentación o coloración anormal en el jugo. |
| 10 | Completar hoja de control de clarificación al finalizar turno. |

Fuente. Elaboración propia

d) Parámetros Técnicos del Proceso

Tabla 36*Parámetros Técnicos Recomendado - Clarificación*

| | |
|------------------------------|---------------------------|
| Caudal de jugo crudo | 10 – 12 m ³ /h |
| pH del jugo | 7.0 – 7.2 |
| Temperatura jugo clarificado | 102 – 105 °C |
| Dosis de floculante | 15 – 20 ppm |
| Tiempo de retención | 10 – 12 minutos |
| Turbidez jugo clarificado | ≤ 20 NTU |

Fuente. Elaboración propia

Estos valores se consideran rangos óptimos para asegurar eficiencia en el proceso y evitar problemas en etapas posteriores.

e) Responsables de la Ejecución

- Operador de Clarificación: responsable directo de la operación y control de parámetros.
- Supervisor de Producción: Encargado de verificar cumplimiento del procedimiento y realizar mediciones de control.
- Jefe de Laboratorio Químico: Responsable de calibración de instrumentos y análisis de muestras

f) Análisis e Interpretación del Procedimiento

Tras la implementación del procedimiento estandarizado, se procedió a realizar una nueva toma de tiempos, replicando la metodología de cronometraje utilizada inicialmente. Se realizaron 10 observaciones bajo condiciones normales de operación.

Tabla 37

Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 1.3 |
| 2 | 1.32 |
| 3 | 1.28 |
| 4 | 1.35 |
| 5 | 1.33 |
| 6 | 1.3 |
| 7 | 1.31 |
| 8 | 1.29 |
| 9 | 1.32 |
| 10 | 1.3 |

Fuente. Elaboración propia

El tiempo promedio observado tras la estandarización es:

$$TO_{nuevo} = \frac{13.10}{10} = 1.31 \text{ min/ton}$$

Comparado con el tiempo promedio inicial (1.345 min/ton), se ha obtenido una reducción de 0.035 min/ton, equivalente a una mejora del 2.6 % en el proceso de clarificación.

Calculando el nuevo tiempo estándar con tolerancia del 15 %:

$$TN_{nuevo} = 1.31 \times 1.00 = 1.31 \text{ min/ton}$$

$$TE_{nuevo} = 1.31 \times 1.15 = 1.507 \text{ min/ton}$$

En relación con el tiempo estándar previo (1.547 min/ton), la reducción alcanza 0.040 min/ton.

Impacto productivo diario:

$$\Delta t = 0.040 \times 284 = 11.36 \text{ min/día}$$

Anualmente (360 días):

$$11.36 \times 360 = 4,089.6 \text{ min/año} \approx 68.16 \text{ horas/año}$$

Esto equivale a más de 68 horas recuperadas al año, tiempo que puede ser aprovechado para incrementar la producción o evitar atrasos acumulativos.

Además, se ha observado una menor dispersión en los tiempos tras la implementación del procedimiento, disminuyendo el rango de variación observado, lo cual refleja mayor estabilidad y control del proceso.

Tabla 38

Comparación de Tiempos en Clarificación Antes y Después

| Indicador | Antes | Después | Variación |
|-------------------------------------|-------|---------|-----------|
| Tiempo promedio observado (min/ton) | 1.35 | 1.31 | -0.035 |
| Tiempo estándar (min/ton) | 1.55 | 1.507 | -0.04 |
| Capacidad horaria (ton/h) | 45 | 45.86 | 0.91 |
| Capacidad diaria (ton/día) | 1,078 | 1,101 | 23 |
| Horas recuperadas/año | – | 68.16 | – |

Fuente. Elaboración propia

Aunque las diferencias puedan parecer reducidas, la estandarización del proceso de clarificación ha generado una recuperación de 68 horas anuales, equivalente a la capacidad de procesar aproximadamente 23 toneladas adicionales de caña al año. Este resultado reafirma

que la variabilidad, incluso en procesos de corta duración, puede generar pérdidas importantes en la producción, lo que justifica la estandarización de los procedimientos. La clarificación se afianza como una etapa controlada, lo cual aporta consistencia operativa y apoya el objetivo de aumentar la producción de azúcar.

3.4.3. Procedimiento Estandarizado para Evaporación

a) Importancia del Proceso de Evaporación

La evaporación es una fase clave en la producción de azúcar, pues busca concentrar el jugo clarificado al reducir su contenido de agua hasta alcanzar la densidad ideal para la cristalización posterior. Los problemas en esta fase pueden aumentar el consumo de energía y generar incrustaciones en los evaporadores, así como retrasos por las paradas para limpieza o mantenimiento.

El análisis inicial detectó variaciones en los tiempos de evaporación, con diferencias de hasta 0.30 minutos por tonelada entre turnos. Esto refleja la falta de criterios unificados en la operación de los equipos y la necesidad de establecer procedimientos estándar.

b) Objetivos del Procedimiento

- Establecer un método uniforme de operación de los evaporadores.
- Reducir los tiempos improductivos derivados de paradas por incrustaciones o ajustes operativos.
- Mantener la calidad del jugo concentrado.
- Optimizar el consumo energético.
- Contribuir al aumento de la capacidad productiva de la planta.

c) Procedimiento Detallado

Tabla 39*Procedimiento Estandarizado: Evaporación*

| N° | Actividad |
|----|---|
| 1 | Verificar el estado de limpieza interna de los cuerpos evaporadores antes de iniciar operación. |
| 2 | Confirmar el funcionamiento de bombas de alimentación y recirculación. |
| 3 | Iniciar el flujo de jugo clarificado a un caudal de 10 – 12 m ³ /h. |
| 4 | Mantener la presión de vapor en 1.3 – 1.5 bar, ajustando válvulas de ingreso según necesidad. |
| 5 | Controlar temperatura de jugo concentrado entre 65 – 75 °C. |
| 6 | Revisar densidad del jugo concentrado cada hora mediante refractómetro (°Brix 58 – 62). |
| 7 | Registrar cada hora la temperatura, presión de vapor y °Brix. |
| 8 | Ante variaciones abruptas de presión, reducir alimentación y comunicar al supervisor. |
| 9 | Aplicar protocolo de limpieza al final del turno en caso de incrustaciones. |
| 10 | Completar hoja de control de evaporación antes de cerrar turno. |

Fuente. Elaboración previa

d) Parámetros Técnicos del Proceso

Tabla 40

Parámetros Técnicos Recomendado - Evaporación

| | |
|------------------------------|---------------------------|
| Caudal de alimentación | 10 – 12 m ³ /h |
| Presión de vapor | 1.3 – 1.5 bar |
| Temperatura jugo concentrado | 65 – 75 °C |
| Densidad del jugo (°Brix) | 58 – 62 |
| Tiempo promedio de operación | 2.454 – 2.583 min/ton |

Fuente. Elaboración propia

e) Responsables de la Ejecución

- Operador de Evaporación: Responsable directo de las maniobras y controles operativos.
- Supervisor de Producción: Verifica cumplimiento de parámetros y realiza inspecciones regulares.
- Jefe de Mantenimiento Mecánico: Encargado de atender cualquier fallo mecánico en los cuerpos evaporadores.

g) Análisis e Interpretación del Procedimiento

Posterior a la implementación del procedimiento estandarizado, se efectuó una nueva ronda de cronometrajes, replicando la metodología empleada en el diagnóstico inicial. Se realizaron 10 mediciones en condiciones normales de producción.

Tabla 41

Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 2.5 |
| 2 | 2.45 |
| 3 | 2.48 |

| | |
|----|------|
| 4 | 2.44 |
| 5 | 2.46 |
| 6 | 2.49 |
| 7 | 2.43 |
| 8 | 2.46 |
| 9 | 2.47 |
| 10 | 2.45 |

Fuente. Elaboración propia

El tiempo promedio observado tras la estandarización fue:

$$TO_{nuevo} = \frac{24.63}{10} = 2.463 \text{ min/ton}$$

Comparado con el tiempo promedio inicial (2.583 min/ton), se evidencia una reducción de 0.120 min/ton, equivalente a una mejora del 4.6 % en la etapa de evaporación.

Cálculo del nuevo tiempo estándar, considerando ritmo de 95 % (como en el diagnóstico) y tolerancia de 15 %:

$$TN_{nuevo} = 2.463 \times \frac{95}{100} = 2.340 \text{ min/ton}$$

$$TE_{nuevo} = 2.340 \times 1.15 = 2.691 \text{ min/ton}$$

La diferencia respecto al tiempo estándar anterior (2.822 min/ton) es de 0.131 min/ton.

Impacto productivo diario:

$$\Delta t = 0.131 \times 284 = 37.204 \text{ min/día}$$

Proyectado a 360 días:

$$7.204 \times 360 = 13,393.44 \text{ min/año} \approx 223.22 \text{ horas/año}$$

Esto representa una recuperación anual de más de 223 horas productivas, equivalentes a aproximadamente 9.3 días adicionales de trabajo efectivo en la etapa de evaporación.

Adicionalmente, se observó una mayor estabilidad en el proceso, reflejada en la menor dispersión de los tiempos, los cuales oscilaron entre 2.43 y 2.50 min/ton en la segunda medición, reduciendo considerablemente la variabilidad inicial de 2.40 a 2.70 min/ton.

Tabla 42
Comparación de Tiempos en Evaporación Antes y Después

| Indicador | Antes | Después | Variación |
|-------------------------------------|-------|---------|-----------|
| Tiempo promedio observado (min/ton) | 2.583 | 2.463 | -0.12 |
| Tiempo estándar (min/ton) | 2.822 | 2.691 | -0.131 |
| Capacidad horaria (ton/h) | 23.52 | 24.26 | 0.74 |
| Capacidad diaria (ton/día) | 565 | 582 | 17 |
| Horas recuperadas/año | – | 223.22 | – |

Fuente. Elaboración propia

El análisis comparativo demuestra que la implementación del procedimiento estandarizado ha permitido recuperar más de 223 horas productivas al año en la etapa de evaporación. Esto no solo contribuye a mejorar el volumen diario de caña procesada, sino que disminuye la probabilidad de incrustaciones, reduce el consumo energético y asegura mayor estabilidad operativa, elementos clave para incrementar la producción de azúcar.

Estos resultados confirman que incluso en procesos altamente técnicos, como la evaporación, la estandarización de métodos es una herramienta efectiva para optimizar tiempos y recursos, alineándose plenamente con el objetivo estratégico de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. de incrementar su producción anual.

3.4.4. Procedimiento Estandarizado para Cristalización

a) Importancia del Proceso de Clarificación

La cristalización es una etapa crítica en la producción de azúcar, pues transforma el jugo concentrado en cristales de sacarosa, que son esenciales para obtener el producto final. Este proceso requiere controlar la temperatura, la pureza de la mezcla y los tiempos de cocción, ya que involucra fenómenos fisicoquímicos complejos, como la formación y el crecimiento de los cristales.

El análisis reveló que esta fase tiene los tiempos de producción más largos de todo el proceso industrial (3.764 min/ton) y muestra una variación considerable en las mediciones iniciales, entre 3.10 y 3.50 min/ton. Esta variabilidad hace necesario establecer procedimientos claros, ya que cualquier cambio en la cristalización afecta directamente la cantidad de azúcar producida y la calidad del producto final.

b) Objetivos del Procedimiento

- Uniformizar las operaciones de clarificación entre los diferentes turnos.
- Mantener la calidad del jugo clarificado dentro de parámetros óptimos.
- Reducir la variabilidad en tiempos de operación.
- Prevenir formación de incrustaciones en evaporadores.
- Contribuir a la estabilidad global del proceso de fabricación de azúcar.

c) Procedimiento detallado

Tabla 43

Procedimiento Estandarizado – Cristalización

| N° | Actividad |
|----|---|
| 1 | Limpiar y revisar internamente el tachómetro antes de inicio de operación. |
| 2 | Confirmar que la alimentación de masa cocida se encuentre libre de residuos de lotes anteriores. |
| 3 | Calentar lentamente la masa cocida hasta alcanzar temperatura entre 60 – 65 °C. |
| 4 | Verificar pureza inicial de la masa ($\geq 75\%$) antes de iniciar nucleación. |
| 5 | Mantener vacío en el tachómetro entre -0.75 a -0.80 bar. |
| 6 | Iniciar la siembra de cristales controlando gradualmente la cantidad de semillas. |
| 7 | Monitorear crecimiento de cristales mediante muestras cada 20 min, observando tamaño promedio (0.6 – 0.8 mm). |
| 8 | Ajustar temperatura en rangos de ± 2 °C según evolución del cristal. |
| 9 | Registrar datos de operación en hoja de control de cristalización. |
| 10 | Informar de inmediato cualquier anomalía como coloración oscura o formación excesiva de miel madre. |

Fuente. Elaboración propia

d) Parámetros técnicos del proceso

Tabla 44

Parámetros Técnicos Recomendados – Cristalización

| | |
|---------------------|-------------------|
| Temperatura inicial | 60 – 65 °C |
| Pureza masa cocida | $\geq 75\%$ |
| Vacío en tachómetro | -0.75 a -0.80 bar |
| Tamaño del cristal | 0.6 – 0.8 mm |

| | |
|-------------------|---------------------------|
| Tiempo de cocción | 3.10 – 3.50 min/ton |
|-------------------|---------------------------|

Fuente. Elaboración propia

e) Responsables de la Ejecución

- Operador de Cristalización: Encargado directo de regular parámetros y supervisar crecimiento del cristal.
- Supervisor de Producción: Verifica parámetros, realiza inspecciones y autoriza ajustes.
- jefe de Laboratorio Químico: Realiza mediciones de pureza y análisis microscópico de cristales.

f) Análisis e Interpretación del Procedimiento

Tras la implementación del procedimiento estandarizado, se procedió a realizar una nueva toma de tiempos, replicando la metodología de cronometraje utilizada inicialmente. Se realizaron 10 observaciones bajo condiciones normales de operación.

Tabla 45

Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton)

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 3.2 |
| 2 | 3.18 |
| 3 | 3.25 |
| 4 | 3.22 |
| 5 | 3.19 |
| 6 | 3.21 |
| 7 | 3.23 |

| | |
|----|------|
| 8 | 3.17 |
| 9 | 3.24 |
| 10 | 3.2 |

Fuente. Elaboración propia

El tiempo promedio observado tras la estandarización es:

$$TO_{nuevo} = \frac{32.09}{10} = 3.209 \text{ min/ton}$$

En comparación con el promedio inicial (3.273 min/ton), se obtiene una reducción de 0.064 min/ton, equivalente a una mejora del 1.95 % en el proceso de cristalización.

Cálculo del nuevo tiempo estándar, considerando ritmo del 100 % y tolerancia de 15 %:

$$TN_{nuevo} = 3.209 \times 1.00 = 3.209 \text{ min/ton}$$

$$TE_{nuevo} = 3.209 \times 1.15 = 3.690 \text{ min/ton}$$

La diferencia respecto al tiempo estándar anterior (3.764 min/ton) es de 0.074 min/ton.

Impacto productivo diario:

$$\Delta t = 0.074 \times 284 = 21.016 \text{ min/día}$$

Anualmente (360 días):

$$21.016 \times 360 = 7,565.76 \text{ min/año} = 126.10 \text{ horas/año}$$

Esto significa una recuperación anual de más de 126 horas, lo cual representa tiempo que puede ser destinado a producir aproximadamente 38 toneladas adicionales de azúcar al año.

Además, tras la implementación del procedimiento, se observó una mayor estabilidad en los tiempos de cristalización, reduciéndose el rango de dispersión a apenas 0.08 minutos, lo cual refleja una operación mucho más controlada.

Tabla 46
Comparación de Tiempos en Cristalización Antes y Después

| Indicador | Antes | Después | Variación |
|-------------------------------------|-------|---------|-----------|
| Tiempo promedio observado (min/ton) | 3.273 | 3.209 | -0.064 |
| Tiempo estándar (min/ton) | 3.764 | 3.69 | -0.074 |
| Capacidad horaria (ton/h) | 15.94 | 16.26 | 0.32 |
| Capacidad diaria (ton/día) | 382 | 390 | 8 |
| Horas recuperadas/año | — | 126.1 | — |

Fuente. Elaboración propia

El análisis demuestra que la aplicación del procedimiento estandarizado ha permitido disminuir el tiempo de cristalización en 0.074 min/ton, lo cual genera una recuperación anual superior a 126 horas productivas. Aunque pueda parecer una mejora pequeña, representa la posibilidad de incrementar la producción de azúcar en aproximadamente 38 toneladas anuales, lo que tiene un impacto económico considerable. La etapa de cristalización, inicialmente la más crítica en cuanto a tiempo y variabilidad, muestra ahora una operación mucho más estable y eficiente, ratificando la importancia de la estandarización de procesos para alcanzar el objetivo estratégico de incrementar la producción de azúcar.

3.4.5. Procedimiento Estandarizado para Centrifugado

a) Importancia del Proceso de Centrifugado

En la producción de azúcar, el centrifugado es el paso final. Aquí, la fuerza centrífuga separa los cristales de sacarosa de la miel madre. La calidad, pureza y recuperación del azúcar dependen de qué tan bien se haga este proceso. Si el centrifugado no se hace correctamente, se puede perder una cantidad importante de azúcar.

En el diagnóstico inicial, se observó que, aunque el centrifugado es más rápido que la cristalización o la evaporación, los tiempos de ciclo varían hasta 0.27 min/ton entre distintas mediciones. Esta variabilidad, aunque aparentemente reducida, puede traducirse en importantes pérdidas acumuladas en términos de tiempo improductivo y reprocesos de melazas.

b) Objetivos del Procedimiento

- Estandarizar los ciclos de centrifugado para garantizar uniformidad en la operación.
- Minimizar pérdidas de azúcar por arrastre en la miel madre.
- Ajustar los tiempos del ciclo de producción y, al mismo tiempo, aumentar la productividad general de las operaciones.
- Disminuir la variabilidad entre turnos.
- Asegurar la calidad y pureza del azúcar producido.

c) Procedimiento detallado

Tabla 47

Procedimiento Estandarizado: Centrifugado

| N° | Actividad |
|----|---|
| 1 | Revisar condiciones físicas de la canastilla antes de iniciar operación (desgastes, grietas, limpieza). |
| 2 | Verificar balanceo del tambor para evitar vibraciones excesivas. |

| | |
|----|--|
| 3 | Cargar la masa cocida de forma uniforme, evitando sobrecargas que puedan afectar el ciclo. |
| 4 | Ajustar la velocidad de giro inicial entre 900 – 1,000 rpm. |
| 5 | Realizar el primer drenaje durante 15 – 20 segundos. |
| 6 | Inyectar agua a temperatura de 60 – 70 °C para lavado de cristales. |
| 7 | Mantener la velocidad de secado en 1,200 – 1,300 rpm por un tiempo de 30 – 35 segundos. |
| 8 | Comprobar humedad residual del azúcar mediante prueba manual. |
| 9 | Descargar el azúcar cuidadosamente para evitar fractura de cristales. |
| 10 | Registrar tiempos de ciclo y anomalías en la hoja de control de centrifugado. |

Fuente. Elaboración propia

d) Parámetros técnicos del proceso

Tabla 48

Parámetros Técnicos Recomendados: Centrifugado

| | |
|--------------------------------|-------------------|
| Velocidad inicial de giro | 900 – 1,000 rpm |
| Tiempo de drenaje inicial | 15 – 20 segundos |
| Temperatura del agua de lavado | 60 – 70 °C |
| Velocidad de secado | 1,200 – 1,300 rpm |
| Tiempo de secado | 30 – 35 segundos |
| Humedad residual final | ≤ 0.10 % |

Fuente. Elaboración propia

e) Responsables de la Ejecución

- Operador de Centrifugado: Responsable directo de la operación y control de parámetros.
- Supervisor de Producción: Verifica cumplimiento del procedimiento y efectúa controles aleatorios.
- Técnico de Mantenimiento: Responde ante fallos mecánicos o desbalances detectados.

f) Análisis e Interpretación del Procedimiento

Una vez completada la implementación del procedimiento estándar, se repitió la toma de tiempos usando el mismo método empleado en la evaluación inicial. Se efectuaron 10 observaciones bajo condiciones normales de trabajo.

Tabla 49*Tiempos Observados Después de Implementar el Procedimiento (min/ton)*

| Observación | Tiempo |
|-------------|--------|
| 1 | 1.65 |
| 2 | 1.68 |
| 3 | 1.66 |
| 4 | 1.64 |
| 5 | 1.67 |
| 6 | 1.69 |
| 7 | 1.65 |
| 8 | 1.66 |
| 9 | 1.67 |
| 10 | 1.64 |

Fuente. Elaboración propia

El tiempo promedio observado tras implementar el procedimiento fue:

$$TO_{nuevo} = \frac{16.61}{10} = 1.661 \text{ min/ton}$$

Comparado con el promedio inicial (1.685 min/ton), se ha logrado una reducción de 0.024 min/ton, equivalente a una mejora del 1.42 % en el proceso de centrifugado.

Calculando el nuevo tiempo estándar, con ritmo del 100 % y tolerancia del 15 %:

$$TN_{nuevo} = 1.661 \times 1.00 = 1.661 \text{ min/ton}$$

$$TE_{nuevo} = 1.661 \times 1.15 = 1.910 \text{ min/ton}$$

La diferencia respecto al tiempo estándar anterior (1.938 min/ton) es de 0.028 min/ton.

Impacto productivo diario:

$$\Delta t = 0.028 \times 284 = 7.952 \text{ min/día}$$

Proyectado a 360 días:

$$7.952 \times 360 = 2,862.72 \text{ min/año} \approx 47.71 \text{ horas/año}$$

Esto significa que, gracias al procedimiento estandarizado, se han recuperado anualmente cerca de 48 horas productivas, lo cual podría traducirse en aproximadamente 13 toneladas adicionales de azúcar al año.

Además, el rango de variación observado se ha reducido significativamente, pasando de un rango inicial de 1.55 – 1.82 min/ton a un rango post estandarización de 1.64 – 1.69 min/ton, reflejando una operación mucho más estable y controlada.

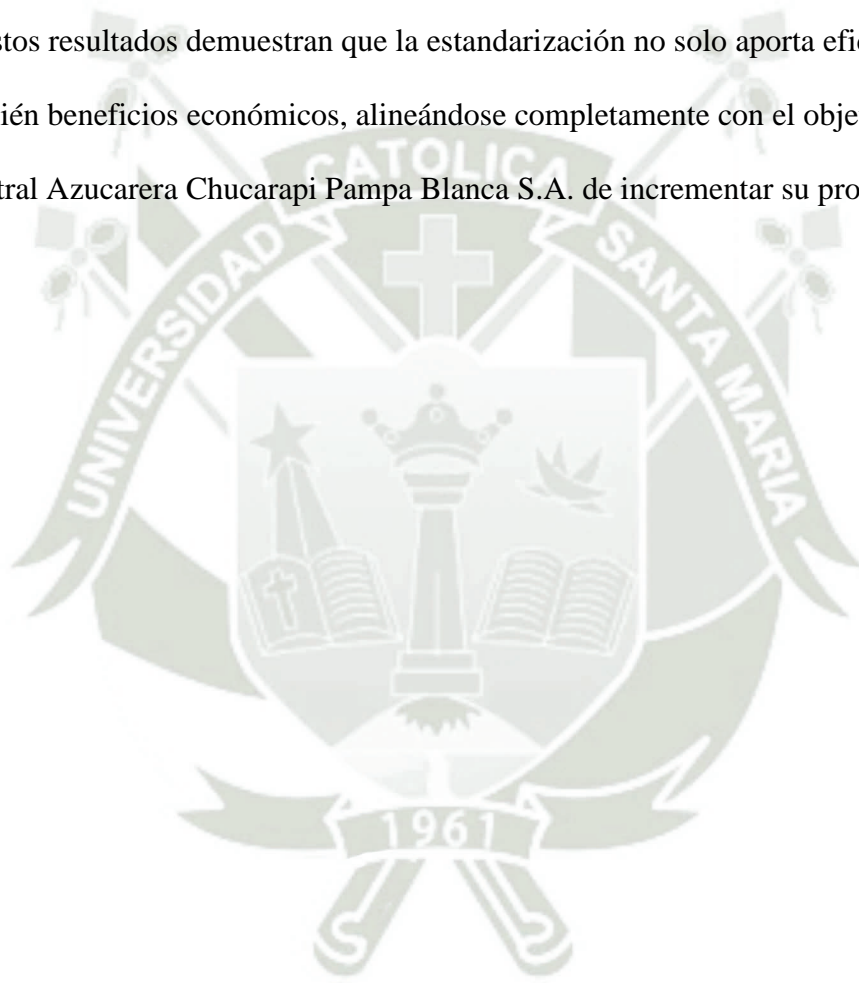
Tabla 50
Comparación de Tiempos en Centrifugado Antes y Después

| Indicador | Antes | Después | Variación |
|-------------------------------------|-------|---------|-----------|
| Tiempo promedio observado (min/ton) | 1.685 | 1.661 | -0.024 |
| Tiempo estándar (min/ton) | 1.938 | 1.91 | -0.028 |
| Capacidad horaria (ton/h) | 35.66 | 36.19 | 0.53 |
| Capacidad diaria (ton/día) | 856 | 868 | 12 |
| Horas recuperadas/año | – | 47.71 | – |

Fuente. Elaboración propia

Aunque las diferencias en minutos puedan parecer mínimas, en una operación de gran volumen como la producción de azúcar, incluso reducciones del orden de décimas de minuto generan impactos importantes. La estandarización del proceso de centrifugado ha permitido recuperar alrededor de 48 horas anuales, equivalentes a la producción de 13 toneladas adicionales de azúcar, consolidando el proceso como más eficiente, uniforme y seguro.

Estos resultados demuestran que la estandarización no solo aporta eficiencia técnica, sino también beneficios económicos, alineándose completamente con el objetivo estratégico de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. de incrementar su producción anual.



CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. Cuantificación Técnica y Económica de la Propuesta de Mejora

4.1. Descripción de la cuantificación de la investigación

En este capítulo, se evaluarán y expondrán las repercusiones, tanto técnicas como económicas, derivadas de la implementación de los protocolos estandarizados descritos anteriormente. El análisis aquí expuesto está directamente alineado con el Objetivo Específico N° 3 de la presente investigación, que busca determinar, en términos concretos, el impacto que las mejoras implementadas han tenido sobre la capacidad de producción y la rentabilidad de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A.

En las secciones previas de este documento, se ha indicado que el bajo uso de la capacidad instalada de la empresa responde directamente a la variación en los tiempos de operación y a la falta de procedimientos de trabajo estandarizados. El uso de procedimientos estandarizados disminuyó los tiempos en cada paso del proceso, lo que provocó mejoras notables tanto en la producción como en las ganancias. Este capítulo muestra los cálculos y análisis que apoyan estas mejoras, explicando cómo los cambios hechos tienen un impacto positivo y claro en la empresa.

4.2. Resumen Comparativo de Tiempos Antes y Después

En el siguiente cuadro, se presentan los resultados del estudio de tiempos, que compara el antes y el después de aplicar procedimientos estandarizados en las cinco etapas clave de la producción de azúcar, esto como parte del análisis técnico realizado.

Tabla 51

Resumen Comparativo de Tiempos Estándar Antes y Después

| Proceso | Tiempo Estándar Antes (min/ton) | Tiempo Estándar Después (min/ton) | Reducción (min/ton) | % Mejora |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------|
| Molienda | 2.391 | 2.373 | 0.018 | 0.8% |
| Clarificación | 1.547 | 1.507 | 0.04 | 2.6% |
| Evaporación | 2.822 | 2.691 | 0.131 | 4.6% |
| Cristalización | 3.764 | 3.69 | 0.074 | 2.0% |
| Centrifugado | 1.938 | 1.91 | 0.028 | 1.4% |

Fuente. Elaboración propia

La tabla evidencia que, en todas las etapas analizadas, se lograron reducciones en los tiempos estándar, siendo el proceso de evaporación el que mostró la mayor mejora relativa (4.64 %), seguido por clarificación (2.58 %). Aunque en algunos casos las diferencias puedan parecer pequeñas en valores absolutos, su impacto acumulativo en la producción anual es significativo, especialmente en un proceso continuo y de alto volumen como es la producción de azúcar.

La mejora alcanzada en cristalización, aunque porcentualmente menor, tiene gran relevancia estratégica, pues inicialmente era el proceso con mayor tiempo estándar y mayor variabilidad, lo que la consolidaba como el principal cuello de botella del sistema.

4.3. Incremento en Capacidad de Producción

Las reducciones en los tiempos estándar obtenidas tras la implementación de las mejoras técnicas generan, de manera directa, un incremento en la capacidad diaria de procesamiento de caña, lo cual se traduce en un aumento potencial de producción de azúcar.

Partiendo de una base de 284 toneladas diarias de caña procesadas, se han recalculado las capacidades teóricas después de la mejora, utilizando los nuevos tiempos estándar.

4.3.1. Toneladas Adicionales de Caña Procesada

El cuadro siguiente presenta la comparación de la capacidad diaria antes y después de las mejoras, calculada sobre la base de 24 horas de operación:

Tabla 52
Comparación de Capacidad Diaria Antes y Después (ton/día)

| Proceso | Capacidad Antes (ton/día) | Capacidad Después (ton/día) | Incremento (ton/día) |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Molienda | 602 | 607 | 5 |
| Clarificación | 1078 | 1101 | 23 |
| Evaporación | 565 | 582 | 17 |
| Cristalización | 382 | 390 | 8 |
| Centrifugado | 856 | 868 | 12 |

Fuente. Elaboración propia

Se observa que, aunque los incrementos en algunas etapas parecen moderados, el efecto acumulado sobre el proceso es considerable. El proceso de clarificación logró un incremento de 23 toneladas diarias, mientras que evaporación y centrifugado suman incrementos de 17 y 12 toneladas diarias, respectivamente.

La etapa de molienda, si bien muestra un incremento menor de 5 toneladas diarias, es clave porque determina el flujo de todo el proceso. Su estabilización garantiza que los incrementos en las demás etapas puedan efectivamente traducirse en producción adicional de azúcar.

4.3.2. Incremento Potencial en Producción de Azúcar

Considerando que el rendimiento promedio de extracción de azúcar por tonelada de caña es actualmente de 55 kg/ton, el cuadro siguiente estima el incremento potencial de azúcar producido gracias al mayor volumen diario de caña procesada.

Tabla 53

Incremento Potencial en Producción de Azúcar

| Concepto | Valor | Unidad |
|---|-------|----------------|
| Incremento total de caña procesada del sistema | 65 | ton/día |
| Rendimiento promedio de extracción de azúcar | 55 | kg/ton de caña |
| Incremento general diario de producción de azúcar | 3,575 | kg/día |
| Incremento anual de producción de azúcar | 1,287 | ton/año |

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con estos cálculos, la empresa podría producir aproximadamente 1,287 toneladas adicionales de azúcar al año, gracias a la optimización de los procesos. Esto representa un incremento del orden de 5.62 % respecto a la producción promedio anual estimada antes de las mejoras (22,900 toneladas/año).

4.4. Análisis Económico del Incremento de Producción

El análisis técnico adquiere relevancia cuando se traduce en impacto económico. Para cuantificar el beneficio económico potencial, se ha considerado el precio promedio de venta del azúcar en el mercado local, que para el año 2024 se sitúa en aproximadamente S/ 2,250 por tonelada.

La siguiente tabla presenta el cálculo de ingresos adicionales estimados como consecuencia del incremento en la producción anual de azúcar:

Tabla 54*Estimación de Ingresos Adicionales Anuales*

| Concepto | Valor |
|---------------------------------------|-----------------|
| Incremento anual producción azúcar | 1,287 ton |
| Precio promedio de venta (S/ por ton) | S/ 2,250.00 |
| Ingresos adicionales anuales (S/) | S/ 2,895,750.00 |

Fuente. Elaboración propia

El incremento potencial de 1,287 toneladas de azúcar anual representa ingresos adicionales por aproximadamente S/ 2.9 millones al año. Este incremento económico es relevante, ya que se genera sin necesidad de ampliar la capacidad instalada ni de realizar inversiones significativas en infraestructura, sino únicamente mediante la optimización de los procesos operativos a través de estandarización y control técnico. Si se comparan estos ingresos adicionales contra los costos relativamente bajos de implementar procedimientos estandarizados (capacitación, documentos, controles), el beneficio neto resulta altamente positivo, consolidando una excelente relación costo-beneficio y justificando plenamente la inversión en la mejora propuesta. Los beneficios económicos también abarcan aspectos adicionales a las ventas, tales como:

- Reducción en costos de energía por tiempos más eficientes.
- Menores costos de mantenimiento correctivo gracias a procedimientos preventivos.
- Mayor vida útil de equipos por operación dentro de parámetros óptimos.
- Mayor confiabilidad en la producción diaria.

En resumen, esto afirma que la propuesta es técnica y económicamente viable, lo que ayuda a la empresa a lograr su objetivo estratégico de aumentar la producción anual de azúcar y mejorar su posición en el mercado.

4.4.1. Análisis económico del incremento de la producción

El análisis económico de una propuesta de mejora necesita ir más allá de solo comparar ingresos y costos; es clave tener en cuenta el valor del retorno de la inversión. La razón es que el dinero de hoy no vale lo mismo que la misma cantidad en el futuro, debido a la inflación, el costo de oportunidad y los riesgos de invertir. Por esta razón, se emplean herramientas financieras que permiten evaluar la conveniencia de los proyectos bajo condiciones de mercado y en horizontes temporales definidos.

En este análisis, la evaluación financiera se llevó a cabo empleando los indicadores clave de Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Periodo de Recuperación de la Inversión (Payback).

Se considera la siguiente información:

- Horizonte de evaluación: 5 años.
- Tasa de descuento: 10 % anual (costo de oportunidad del capital).
- Inversión inicial: S/ 1,200,000 (estimada en equipos, capacitación y adecuaciones de planta).
- Ingresos adicionales proyectados: derivados del incremento en la producción de 1,287 toneladas de azúcar anuales, valorizadas en S/ 2,895,750.
- Costos operativos adicionales: S/ 800,000 anuales (energía, mantenimiento y mano de obra).

Tabla 55

Proyección del flujo de caja

| Año | Ingresos Adicionales (S/.) | Costos Operativos (S/.) | Flujo Neto (S/.) | Flujo Neto Actualizado (10%) |
|------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|---|
| 0 | - | - | -1,200,000 | -1,200,000 |
| 1 | 2,895,750 | 800,000 | 2,095,750 | 1,905,227 |
| 2 | 2,895,750 | 800,000 | 2,095,750 | 1,732,933 |
| 3 | 2,895,750 | 800,000 | 2,095,750 | 1,575,393 |
| 4 | 2,895,750 | 800,000 | 2,095,750 | 1,432,175 |
| 5 | 2,895,750 | 800,000 | 2,095,750 | 1,302,886 |

Fuente. Elaboración propia

Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = \sum \frac{\text{Flujo Neto}}{(1+i)^t} - \text{Inversión Inicial}$$

VAN = S/ 6,748,614

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR calculada es 87 %, lo cual supera ampliamente la tasa de descuento (10 %).

Periodo de Recuperación (Payback):

La inversión inicial se recupera en menos de un año (aprox. 0.6 años).

CONCLUSIONES

Conclusión General

La presente investigación permitió demostrar que la implementación de procedimientos estandarizados y el análisis sistemático de los tiempos de proceso contribuyen significativamente a incrementar la producción de azúcar en la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. Las mejoras introducidas redujeron los tiempos estándar en las principales etapas del proceso industrial, permitiendo un aumento potencial en la capacidad de procesamiento de caña y, en consecuencia, un incremento estimado de 1,287 toneladas adicionales de azúcar por año, lo que implica un impacto económico considerable para la empresa.

Conclusión N° 1

Del análisis de la situación actual de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A., se concluyó que la principal causa del bajo aprovechamiento de la capacidad instalada, con un nivel de utilización del 57.9 %, es la falta de procedimientos estandarizados, situación que origina dispersión en los tiempos de operación, variabilidad entre turnos y acumulación de tiempos improductivos, especialmente en procesos críticos como la cristalización y la evaporación.

Conclusión N° 2

A partir del estudio de métodos y tiempos realizado en las principales etapas del proceso productivo, se concluyó que la implementación de procedimientos estandarizados logró reducir los tiempos estándar en todos los procesos analizados, disminuyendo la variabilidad y generando mayor estabilidad operativa. La cristalización, inicialmente el principal cuello de botella logró reducir su tiempo estándar en 0.074 min/ton, mientras que la evaporación presentó la mayor mejora relativa, con una reducción del 4.64 % en su tiempo estándar.

Conclusión N° 3

Se concluyó que las mejoras implementadas permitirán incrementar la producción anual de azúcar en aproximadamente 1,287 toneladas, equivalente a un aumento del 5.62 % respecto al nivel anterior. Este incremento se traduce en ingresos adicionales estimados en S/ 2,895,750 anuales, consolidando la viabilidad económica de la propuesta. Además, los beneficios incluyen reducción de costos energéticos, menor desgaste de equipos y mayor confiabilidad del proceso productivo.



RECOMENDACIONES

Recomendación N° 1

Se recomienda a la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. mantener la aplicación rigurosa de los procedimientos estandarizados diseñados en esta investigación, asegurando su difusión entre todos los operarios y supervisores mediante programas de capacitación periódicos, a fin de garantizar su cumplimiento y evitar regresiones a prácticas no controladas.

Recomendación N° 2

Se sugiere implementar un sistema de control de indicadores (KPIs) en tiempo real, que permita monitorear constantemente los tiempos de operación, rendimientos y parámetros críticos de cada etapa, facilitando la toma de decisiones rápidas y oportunas ante cualquier desviación que pueda comprometer la eficiencia del proceso.

Recomendación N° 3

Es recomendable realizar auditorías internas cada seis meses, enfocadas en verificar el cumplimiento de los procedimientos estandarizados y en identificar nuevas oportunidades de mejora, especialmente en las etapas de cristalización y evaporación, que han demostrado ser las más sensibles a las variaciones operativas.

Finalmente, se sugiere evaluar la posibilidad de invertir en tecnología de automatización para procesos críticos, especialmente en cristalización, a fin de reducir la dependencia de factores subjetivos del operario, lo que permitirá asegurar mayor uniformidad en la calidad del producto y mejorar aún más los tiempos de operación.

REFERENCIAS

- Acuña Gamarra, M. N. (2023). *Aplicación del mantenimiento autónomo e incremento de la producción en la empresa Exalmar S.A. Carquin 2021/2023* [Tesis de título, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/7361>
- Alarcón Romero, B. A., & Romero Montenegro, D. M. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de Santa Elena* [Tesis de título, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio de Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20080/1/UPS-GT003160.pdf>
- Alberti, A. (2020). *¿Cómo calcular la disponibilidad de una máquina?* Recuperado de <https://www.alsglobal.com/es/news-and-publications/2022/06/como-calcular-a-disponibilidades-de-maquinas-e-equipamentos#:~:text=La%20disponibilidad%20de%20una%20m%C3%A1quina%20es%20una%20m%C3%A9trica%20que%20eval%C3%Baa,el%20mantenimiento%20de%20los%20equipos.>
- Andrade, Adrián M., A. Del Río, César, & Alvear, Daissy L. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Información tecnológica*, 30(3), 83-94. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083>
- Barzola Lopez, L. H. (2023). *La innovación y su incidencia en la rentabilidad de una empresa productora de harina de pescado de Guayaquil* [Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad Cesar Vallejo.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3986/tesis_maestria_barzola_lopez.pdf

Bonifacio Maza, L. F., & Vertiz Dulce, S. Y. (2023). *Gestión por procesos para mejorar la productividad en la línea de harina de pescado en la empresa Beltrán Perú E.I.R.L.* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/124693>

Céspedes Inciso, B. J. (2023). *Plan de mejora continua en el proceso de elaboración de harina de pescado para incrementar la productividad de una empresa pesquera* [Tesis de título, Universidad de Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad de Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/119779>

Chonta Rodríguez, R. (2022). *Elaboración de harina de pescado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3986>

Cuéllar Sáenz, J. A. (2021). Procesos en la fabricación de la harina de pescado. *Veterinaria Digital*. Recuperado de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/procesos-en-la-fabricacion-de-la-harina-de-pescado/>

Esan. (2017). ¿Cuál es el impacto de la capacitación del personal en la organización? Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/cual-es-el-impacto-de-la-capacitacion-del-personal-en-la-organizacion>

Fernández Herrero, A. (2021). Ensilados químicos y biológicos. Una alternativa de aprovechamiento integral y sustentable de los residuos pesqueros en la Argentina. *Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 34(2). Recuperado de

Gil Mariños, W., & Tisnado Calderon, R. J. (2023). *Gestión de calidad aplicado al proceso de harina de pescado para aumentar la productividad en una planta pesquera de*

- Chimbote* [Tesis de título, Universidad Cesar Vallejo, Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/136428>
- IFFO. (2022). Aumento de la producción de harina de pescado en un 3,6%, año tras año, mientras que la producción de aceite de pescado cayó un 6% (enero-diciembre de 2021). Recuperado de <https://www.iffco.com/es/aumento-de-la-produccion-de-harina-de-pescado-en-un-36-ano-tras-ano-mientras-que-la-produccion-de#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20total%20de%20harina,de%20tm%20informados%20en%202020>
- López, G. (2023). *Cómo mejorar la eficiencia empresarial*. Linnoit. Recuperado de <https://linnoit.com/como-mejorar-la-eficiencia-empresarial/>
- Louffat Olivares, E. (2017). *Los beneficios de implementar indicadores en la gestión de personas*. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/los-beneficios-de-implementar-indicadores-en-la-gestion-de-personas/>
- Manufactura Latam. (2024). *¿Cómo es el diseño de plantas industriales?* Recuperado de <https://www.manufactura-latam.com/es/noticias/tendencias-en-el-diseno-de-plantas-industriales>
- Monroy González, L. L., & Simbaqueba Prieto, N. (2017). *La Importancia de los Indicadores de Gestión en las Organizaciones Colombianas*. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2476&context=administracion_de_empresas
- Nikolik, G. (2016). Harina de Pescado... O más Allá. Recuperado de <https://aquafeed.co/entrada/harina-de-pescado-o-m-s-all--19924/>
- Obando Changuán, M. P. (2020). Capacitación del talento humano y productividad: Una revisión literaria. *ECASinergia*, 11(2).

- Oliveira, W. (2017). Rediseño de procesos BPM – Definición y concepto. Recuperado de <https://www.heflo.com/es/blog/mapeo-procesos/redisen-de-procesos-bpm/>
- Ortiz Briceño, C. (2023). Harina de pescado peruana: Valor dominante en el mercado internacional. Recuperado de <https://www.ucv.edu.pe/noticias/harina-de-pescado-peruana-valor-dominante-en-el-mercado-internacional>
- Rojas Ccasa, A. Y. (2022). *Medidas de control de calidad en la producción de harina de pescado anchoveta* [Tesis de título, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/15972>
- Santander. (19 de Julio de 2024). *¿Qué es la productividad y cómo se calcula?* Recuperado de <https://www.bancosantander.es/glosario/productividad/>
- Sydle. (2024). *Cuellos de botella en la producción: ¿cómo identificarlos y eliminarlos?* Recuperado de <https://www.sydle.com/es/blog/cuellos-de-botella-en-la-produccion-61aa121f5448461cf9143d8d>
- Tempus Quality. (2024). *¿Qué es la eficacia y la eficiencia en una empresa?* Recuperado de <https://tempusquality.es/gestion-recursos-humanos/que-es-la-eficacia-y-la-eficiencia-en-una-empresa>
- Viren Lalit Daswani Daswani, C. F. Figueroa Larraín, V. N. Segovia Barros, & F. J. Cartes Arenas. (2022). *Análisis de los procesos de prensado de la harina de pescado a través de técnicas de aprendizaje automático*. Universidad Arturo Prat. Centro de Formación Técnica Tarapacá. Universidad Arturo Prat. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/3986>
- Dávalos Jiménez, C. (2020). *Propuesta de mejora en el proceso de producción de azúcar para incrementar la productividad en una empresa agroindustrial en el Dpto. de La Libertad* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo].

Delgado Araujo, W. & Núñez Huamán, J. (2016). Diseño de un sistema de gestión por procesos para mejorar la productividad en la fabricación de azúcar en AGROPUCALÁ S.A.A. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].

Pinto Guillén, A. (2020). Optimización del proceso productivo de aceitunas de mesa en la empresa agroindustrial “La Sureñita” [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].



ANEXOS

ANEXO 1 INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

a) Ficha de observación de proceso

Tabla 56

Ficha de observación

| FICHA DE OBSERVACIÓN | |
|--|---|
| Empresa: | Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. |
| Área Observada: | Proceso de Producción de Azúcar |
| Proceso Específico: | _____ |
| Fecha de Observación: | _____ |
| Hora de Inicio: | _____ |
| Hora de Fin: | _____ |
| Operador Observado: | _____ |
| Supervisor: | _____ |
| Descripción de la Actividad Observada: | _____ |
| Parámetros Técnicos Observados: | _____ |
| Incidencias Detectadas: | _____ |
| Medidas Correctivas Inmediatas: | _____ |

Fuente. Elaboración propia

b) Cuestionario

Tabla 57
Cuestionario

| N° | Pregunta | Sí (n) | Sí (%) | No (n) | No (%) |
|----|--|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Conoce procedimientos estandarizados | 21 | 88% | 3 | 13% |
| 2 | Procedimientos ahorran tiempo | 19 | 79% | 5 | 21% |
| 3 | Está capacitado en procedimientos | 18 | 75% | 6 | 25% |
| 4 | Variaciones entre turnos | 22 | 92% | 2 | 8% |
| 5 | Retrasos por falta de instrucciones | 20 | 83% | 4 | 17% |
| 6 | Cree que tiempos pueden reducirse más | 17 | 71% | 7 | 29% |
| 7 | Tiene formatos de control | 16 | 67% | 8 | 33% |
| 8 | Calidad ha mejorado | 20 | 83% | 4 | 17% |
| 9 | Disponibilidad de herramientas | 15 | 63% | 9 | 38% |
| 10 | Recibe supervisión constante | 18 | 75% | 6 | 25% |
| 11 | Se realizan mediciones de tiempos | 14 | 58% | 10 | 42% |
| 12 | Conoce meta diaria de producción | 19 | 79% | 5 | 21% |
| 13 | Participa en reuniones de análisis | 16 | 67% | 8 | 33% |
| 14 | Importancia de reducir tiempos improductivos | 24 | 100% | 0 | 0% |
| 15 | Cree que el incremento de producción es positivo | 24 | 100% | 0 | 0% |

Fuente. Elaboración propia

Análisis:

- P1. 87.5 % indica conocer los procedimientos estandarizados, demostrando que la mayoría ha recibido información adecuada, aunque un pequeño grupo aún requiere mayor difusión.
- P2. El 79.2 % percibe que los procedimientos ahorran tiempo, lo que valida su utilidad; sin embargo, se sugiere reforzar evidencias de su efectividad ante el 20.8 % que aún no lo percibe así.
- P3. Aunque el 75 % se siente capacitado, aún el 25 % no está seguro, lo que revela la necesidad de más capacitaciones prácticas.
- P4. El 91.7 % reconoce variaciones entre turnos, confirmando la causa raíz detectada en el diagnóstico: falta de estandarización previa.
- P5. El 83.3 % ha experimentado retrasos por falta de instrucciones claras, lo que justifica la implementación de procedimientos escritos.
- P6. El 70.8 % cree que los tiempos aún pueden reducirse, lo cual demuestra conciencia de oportunidades de mejora continua.
- P7. Solo el 66.7 % ha recibido formatos de control, reflejando que su distribución no ha sido completamente uniforme.
- P8. El 83.3 % percibe mejora en la calidad tras la implementación de las mejoras, lo que confirma el impacto positivo de las propuestas.
- P9. El 62.5 % dispone siempre de herramientas, pero un 37.5 % enfrenta carencias, lo cual puede seguir generando retrasos.
- P10. El 75 % indica recibir supervisión constante, pero el 25 % señala falta de seguimiento, lo cual es un área para reforzar.

- P11. Apenas el 58.3 % reporta mediciones de tiempos periódicas, lo que indica la necesidad de institucionalizar el control de tiempos como rutina.
- P12. El 79.2 % conoce la meta diaria de producción, pero se debe asegurar que el 20.8 % restante también lo tenga claro.
- P13. El 66.7 % participa en reuniones de análisis, lo que sugiere que aún falta involucrar más personal en la gestión operativa.
- P14. El 100 % considera importante reducir tiempos improductivos, mostrando alto compromiso con la eficiencia.
- P15. El 100 % cree que el incremento de producción beneficiará a la empresa y a los trabajadores, reflejando consenso sobre el valor de la mejora.

ANEXO 2 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

a) Instrumento de equipos

Tabla 58
Instrumento de equipos

| NUMERO | UBICACIÓN | CODIGO | NOMBRE |
|--------|----------------|-----------------|----------------------|
| 1 | Mesa Cañera | MC- WI-01 | Winche |
| 2 | Mesa Cañera | MC- MER-01 | Mesa receptora |
| 3 | Mesa Cañera | MC- BAIE-01 | Bomba #1 |
| 4 | Mesa Cañera | MC- BAICD-02 | Bomba #2 |
| 5 | Mesa Cañera | MC- CD-01 | Carding drum |
| 6 | Mesa Cañera | MC- NC-02 | Nivelador de caña |
| 7 | Mesa Cañera | MC- MA-03 | Machetero |
| 8 | Mesa Cañera | MC-KI- 01 | Kicker |
| 9 | Mesa Cañera | MC- CO-01 | Conductor #1 |

| | | | |
|----|----------------|---------------|---------------------------|
| 10 | Mesa Cañera | MC- DF-01 | Desfibradores |
| 11 | Mesa Cañera | MC- CO-02 | Conductor #2 |
| 12 | Mesa Cañera | MC- MSM-01 | Máquina de soldar móvil |
| 13 | Mesa Cañera | MC- EOA-01 | Equipo de oxi-acetileno |
| 14 | Trapiche | TR- MO-01 | Molino #1 |
| 15 | Trapiche | TR-CO- 01 | Conductor #1 |
| 16 | Trapiche | TR- MO-02 | Molino #2 |
| 17 | Trapiche | TR-CO- 02 | Conductor #2 |
| 18 | Trapiche | TR- MO-03 | Molino #3 |
| 19 | Trapiche | TR-CO- 03 | Conductor #3 |
| 20 | Trapiche | TR- MO-04 | Molino #4 |
| 21 | Trapiche | TR- BOL-01 | Bomba de lubricación ejes |
| 22 | Trapiche | TR- BAP-01 | Bomba de aceite prensa |
| 23 | Trapiche | TR- BOJ-01 | Bomba de jugo colado #1 |
| 24 | Trapiche | TR- BOJ-02 | Bomba de jugo mezclado #2 |
| 25 | Trapiche | TR- BOJ-03 | Bomba de imbibición #3 |
| 26 | Trapiche | TR- BOJ-04 | Bomba de imbibición #4 |
| 27 | Trapiche | TR- BOA-01 | Bomba de agua limpieza |
| 28 | Trapiche | TR- DSM-01 | DSM |
| 29 | Trapiche | TR-PG- 01 | Puente grúa 10 TM |
| 30 | Trapiche | TR-PG- 02 | Puente grúa 5 TM |
| 31 | Trapiche | TR-PG- 03 | Puente grúa masas |
| 32 | Trapiche | TR- TOF-01 | Torno ferrosaal |
| 33 | Trapiche | TR- EOA-01 | Equipo de oxi-acetileno |

| | | | |
|----|-------------------|-----------|-------------------------------|
| 34 | Trapiche | TR-MST-01 | Máquina de soldar estática |
| 35 | Trapiche | TR-BMA-01 | Bomba maraez |
| 36 | Zona calentadores | ZC-DOJ-01 | Domo de jugo |
| 37 | Zona calentadores | ZC-CAM-01 | Cajón medio |
| 38 | Zona calentadores | ZC-TAE-01 | Tanque encalador |
| 39 | Zona calentadores | ZC-CAE-01 | Cajón de encalado |
| 40 | Zona calentadores | ZC-BJE-01 | Bomba de jugo encalado |
| 41 | Zona calentadores | ZC-CA-01 | Calentador #1 |
| 42 | Zona calentadores | ZC-CA-02 | Calentador #2 |
| 43 | Zona calentadores | ZC-CA-03 | Calentador #3 |
| 44 | Zona calentadores | ZC-TAF-01 | Tanque flash |
| 45 | Zona calentadores | ZC-CL-01 | Clarificador |
| 46 | Zona calentadores | ZC-TAC-01 | Tanque de cachaza |
| 47 | Zona calentadores | ZC-BOC-01 | Bomba de cachaza |
| 48 | Zona calentadores | ZC-PRC-01 | Transportador del tipo hélice |
| 49 | Zona calentadores | ZC-FIO-01 | Filtro Oliver |
| 50 | Zona calentadores | ZC-TAV-01 | Tanque de vacío #1 |
| 51 | Zona calentadores | ZC-TAV-02 | Tanque de vacío #2 |
| 52 | Zona calentadores | ZC-BJF-01 | Bomba de jugo del filtro #1 |
| 53 | Zona calentadores | ZC-BJF-02 | Bomba de jugo del filtro #2 |
| 54 | Zona calentadores | ZC-BOA-01 | Bomba de agua condensada |
| 55 | Zona calentadores | ZC-BPB-02 | Bomba pampa blanca |
| 56 | Zona calentadores | ZC-TF-01 | Tanques de floculante |
| 57 | Fabrica | FA-FPE-01 | Colador de jugo |

| | | | |
|----|---------|----------------|--|
| 58 | Fabrica | FA- BJF-01 | Bomba del jugo del colador |
| 59 | Fabrica | FA- PRE-01 | Pre- evaporador |
| 60 | Fabrica | FA-EV- 01 | Evaporador #1 |
| 61 | Fabrica | FA-EV- 02 | Evaporador #2 |
| 62 | Fabrica | FA-EV- 03 | Evaporador #3 |
| 63 | Fabrica | FA-EV- 05 | Evaporador #5 |
| 64 | Fabrica | FA- BVE-01 | Bomba de vacío evaporadores |
| 65 | Fabrica | FA- MSF-01 | Máquina de soldar estática |
| 66 | Fabrica | FA- EOA-01 | Equipo de oxi- acetileno |
| 67 | Fabrica | FA- TSC-01 | Tanque de soda caustica descarga |
| 68 | Fabrica | FA- TSC-02 | Tanque de soda caustica alimentación |
| 69 | Fabrica | FA- BOJ-01 | Bomba de jarabe #1 |
| 70 | Fabrica | FA- BAC-01 | Bomba de agua de condensadores #1 |
| 71 | Fabrica | FA- PAM-01 | Paila de jugo encalado #1 |
| 72 | Fabrica | FA- PAM-02 | Paila de jugo encalado #2 |
| 73 | Fabrica | FA- PAM-04 | Paila de jarabe #4 |
| 74 | Fabrica | FA- PAM-06 | Paila de jarabe #6 |
| 75 | Fabrica | FA- PAM-07 | Paila de jarabe #7 |
| 76 | Fabrica | FA- PAM-08 | Paila de melaza #8 |
| 77 | Fabrica | FA- PAM-09 | Paila de melaza #9 |
| 78 | Fabrica | FA- CAJ-01 | Cajón de jarabe |
| 79 | Fabrica | FA- CM23-01 | Cajón de miel de 2da y 3era #1 |

| | | | |
|-----|---------|----------------|---|
| 80 | Fabrica | FA- CM23-02 | Cajón de miel de 2da y 3era #2 |
| 81 | Fabrica | FA- CM1-01 | Cajón de miel de 1era |
| 82 | Fabrica | FA- CM23-03 | Cajón de miel de 2da y 3era #3 |
| 83 | Fabrica | FA- CM23-04 | Cajón de miel de 2da y 3era #4 |
| 84 | Fabrica | FA- CM23-05 | Cajón de miel de 2da y 3era #5 |
| 85 | Fabrica | FA- BVT-01 | Bomba de vacío tachos #1 |
| 86 | Fabrica | FA- BVT-02 | Bomba de vacío tachos #2 |
| 87 | Fabrica | FA- BVT-03 | Bomba de vacío tachos #3 |
| 88 | Fabrica | FA- BAC-02 | Bomba de agua de condensadores #2 |
| 89 | Fabrica | FA-TA- 01 | Tacho #1 |
| 90 | Fabrica | FA-TA- 02 | Tacho #2 |
| 91 | Fabrica | FA-TA- 03 | Tacho #3 |
| 92 | Fabrica | FA- BAL-01 | Bomba de agua limpieza |
| 93 | Fabrica | FA-CR- 01 | Cristalizador #1 |
| 94 | Fabrica | FA-CR- 02 | Cristalizador #2 |
| 95 | Fabrica | FA-CR- 03 | Cristalizador #3 |
| 96 | Fabrica | FA-CR- 04 | Cristalizador #4 |
| 97 | Fabrica | FA-CR- 05 | Cristalizador #5 |
| 98 | Fabrica | FA-CR- 06 | Cristalizador #6 |
| 99 | Fabrica | FA-CR- 07 | Cristalizador #7 |
| 100 | Fabrica | FA-CR- 08 | Semillero #8 |
| 101 | Fabrica | FA-CR- 09 | Semillero #9 |
| 102 | Fabrica | FA-CR- 11 | Semillero #11 |

| | | | |
|-----|----------|------------|--|
| 103 | Fabrica | 12 FA-CR- | Semillero #12 |
| 104 | Fabrica | 13 FA-CR- | Semillero #13 |
| 105 | Fabrica | FA-BACM-01 | Batea de centrifugas manuales |
| 106 | Fabrica | FA-CEM-01 | Centrifuga manual #1 |
| 107 | Fabrica | FA-CEM-02 | Centrifuga manual #2 |
| 108 | Fabrica | FA-CEM-03 | Centrifuga manual #3 |
| 109 | Fabrica | FA-CEM-04 | Centrifuga manual #4 |
| 110 | Fabrica | FA-TAC-01 | Tanque de agua de centrifugas manuales |
| 111 | Fabrica | FA-BCM-01 | Bomba de centrifugas manuales |
| 112 | Fabrica | FA-ZAT-01 | Zaranda transportadora |
| 113 | Fabrica | FA-ELC-01 | Elevador de cangilones |
| 114 | Fabrica | FA-TFE-01 | Tolva de envasado |
| 115 | Fabrica | FA-TAR-01 | Tanque de refundición |
| 116 | Fabrica | FA-BOR-01 | Bomba de refundición |
| 117 | Fabrica | FA-BCC-01 | Batea de centrifugas continuas |
| 118 | Fabrica | FA-CEC-01 | Centrifuga continua #1 |
| 119 | Fabrica | FA-CEC-02 | Centrifuga continua #2 |
| 120 | Fabrica | FA-BCO-01 | Bomba de centrifugas continuas |
| 121 | Fabrica | FA-BAM-01 | Batea de miel |
| 122 | Fabrica | FA-BBM-01 | Bomba de la batea de miel |
| 123 | Calderos | CA-CO-01 | Conductor #1 |
| 124 | Calderos | CA-CO-02 | Conductor #2 |
| 125 | Calderos | CA-CO-03 | Conductor #3 |

| | | | |
|-----|--------------------|-----------|----------------------------------|
| 126 | Calderos | CA-FAB-01 | Faja acumuladora de bagazo |
| 127 | Calderos | CA-BAC-01 | Bomba de agua calderos #1 |
| 128 | Calderos | CA-BAC-02 | Bomba de agua calderos #2 |
| 129 | Calderos | CA-TAA-01 | Tanque de Agua #1 |
| 130 | Calderos | CA-TAA-02 | Tanque de Agua #2 |
| 131 | Calderos | CA-TAA-03 | Tanque de Agua #3 |
| 132 | Calderos | CA-TAC-01 | Tanque de agua condensada #1 |
| 133 | Calderos | CA-TAC-02 | Tanque de agua condensada #2 |
| 134 | Calderos | CA-TAC-03 | Tanque de agua condensada #3 |
| 135 | Calderos | CA-TAC-04 | Tanque de agua condensada #4 |
| 136 | Calderos | CA-BAF-01 | Bomba de agua fabrica |
| 137 | Calderos | CA-BAF-02 | Bomba de agua tanque vertical |
| 138 | Calderos | CA-VEC-01 | Ventilador de escape de calderos |
| 139 | Calderos | CA-CA-06 | Caldero #6 |
| 140 | Calderos | CA-CA-07 | Caldero #7 |
| 141 | Calderos | CA-MSE-01 | Máquina de soldar estática |
| 142 | Calderos | CA-EOA-01 | Equipo de oxi-acetileno |
| 143 | Estación Eléctrica | EE-GE-01 | Grupo electrógeno |
| 144 | Estación Eléctrica | EE-BAC-01 | Banco de condensadores |
| 145 | Estación Eléctrica | EE-TR2-01 | Transformador 220V |
| 146 | Estación Eléctrica | EE-TR4-01 | Transformador 440V |
| 147 | Maestranza | MA-TAB-01 | Taladro de banco |
| 148 | Maestranza | MA-MSE-01 | Máquina de soldar estática |

| | | | |
|-----|------------|---------------|-------------------------------|
| 149 | Maestranza | MA- TLB-01 | Torno Le Blond |
| 150 | Maestranza | MA- ESM-01 | Esmeril de banco |
| 151 | Maestranza | MA- TMK-02 | Torno Mitchell of Keighley |
| 152 | Maestranza | MA- ROM-01 | Roladora manual |
| 153 | Maestranza | MA- CE-01 | Cepillo #1 |
| 154 | Maestranza | MA- CE-02 | Cepillo #2 |
| 155 | Maestranza | MA- HO-01 | Horno |
| 156 | Maestranza | MA- ROM-02 | Roladora mecánica |
| 157 | Maestranza | MA- EOA-01 | Equipo de oxi- acetileno |

Fuente. Elaboración propia

ANEXO 3 Determinación de capacidad Instalada

A partir del análisis de las condiciones operativas en las diferentes etapas del proceso productivo, se identificó que la etapa de cristalización es la que presenta el mayor tiempo promedio de procesamiento por tonelada. Por ello, esta etapa se constituye como el proceso limitante del sistema. En consecuencia, la capacidad instalada de la planta se determinó en función de la capacidad real del proceso de cristalización.

Tiempo Disponible de Operación

Tabla 59

Tiempo de operación disponible

| Concepto | Valor |
|----------------------------|--------------|
| Horas de operación por día | 24 h |
| Minutos por hora | 60 min |
| Tiempo diario Disponible | 1440 min/día |

Fuente. Elaboración propia

Cálculo de la Capacidad Instalada

Tabla 60

Tabla datos generales del sistema Productivo

| Parámetro | Valor |
|------------------------------|----------------|
| Régimen de trabajo | Continuo |
| Horas de trabajo por día | 24 h |
| Número de turnos | 3 |
| Horas por turno | 8 h |
| Horas planificadas mensuales | 720 h |
| Horas efectivas trabajadas | 391 h |
| Horas perdidas | 329 h |
| Disponibilidad operativa | 54.30% |
| Proceso Critico | Cristalización |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 61

Parámetros Técnicos del proceso critico

| Parámetro | Valor |
|--------------------------------------|----------------|
| Proceso crítico | Cristalización |
| Tiempo estándar de cristalización | 3.746 min/ton |
| Número de cristalizadores instalados | 7 |
| Tipo de proceso | Por lotes |
| Operatividad de equipos | Variable |

Fuente. Elaboración propia

Capacidad Teórica por Cristalizador

$$C = \frac{t_d}{t_e}$$

C = Capacidad Teórica (ton/día)

t_d = Tiempo disponible (min/día)

t_e = Tiempo estandar (min/ton)

$$C = \frac{1440}{3.746} = 384.6 \text{ ton/día}$$

Factor de Utilización

Debido a que la cristalización se realiza por lotes y los cristalizadores no operan de forma continua ni a plena capacidad, se consideró un factor de utilización (F_u) que refleja la forma real en que el proceso funciona en la planta. Este factor permite ajustar la capacidad teórica a las condiciones reales de operación.

$$F_u = \frac{C_{\text{instalada}}}{C_{\text{teorica Total}}}$$

$$F_u = \frac{500}{2692} = 0.185$$

$$F_u = 0.185 \text{ (18.5\%)}$$

Capacidad Efectiva por Cristalizador

$$C_{\text{ef_Cristalizador}} = C_t \times F_u$$

$$C_{\text{ef_Cristalizador}} = 384.6 \times 0.185 = 71.1 \text{ Ton/día}$$

Capacidad Instalada Total del proceso

$$C_{\text{inst}} = C_{\text{ef_Cristalizador}} \times N^\circ$$

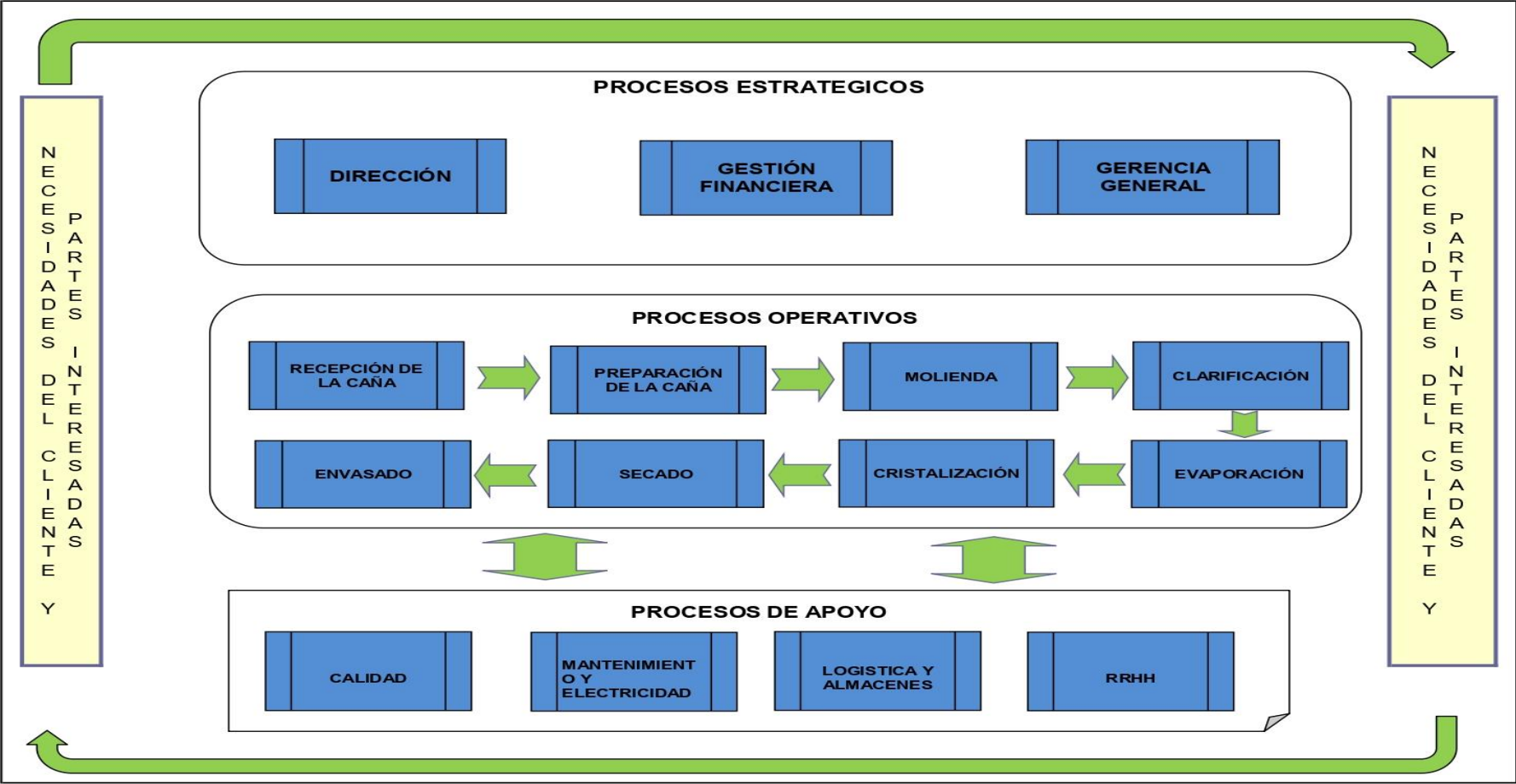
N° = Numero de cristalizadores

$$C_{\text{inst}} = 71.1 \times 7 = 498 = 500 \text{ ton/día}$$

La capacidad Instalada del proceso es 500 ton/día

ANEXO 4 Mapa de proceso de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A.

Figura 6
Mapa de procesos Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A.



Nota. Elaboración propia

ANEXO 5 Diagrama SIPOC del proceso productivo

Figura 7

Diagrama SIPOC del proceso productivo

| S | SUPPLIERS | I | INPUT | P | PROCESS | O | OUTPUT | C | CUSTOMER |
|---|-----------------------|----------|--------------------|----------|------------------------|----------|-------------------------------|----------|-------------------------|
| TITULO DEL PROCESO: PROCESOS PRODUCCION DE AZUCAR CENTRAL AZUCARERA CHUCARAPI PAMPA BLANCA S.A. | | | | | | | | | |
| PROVEEDORES | | ENTRADA | | PROCESO | | SALIDA | | CLIENTE | |
| | Campos Agricolas | | Caña de azucar | 1 | Recepción de la caña | | Caña pesada | | Preparación de la caña |
| | Almacen Materia Prima | | Caña preparada | 2 | Preparación de la caña | | Caña desfibrada | | Molienda |
| | Mesa Cañera | | Caña desfibrada | 3 | Molienda | | Jugo Mezclado/Bagazo | | Clarificación /Calderas |
| | Molienda | | Jugo mezclado | 4 | Clarificación | | Jugo clarificado / Cachaza | | Evaporación /Campos |
| | Clarificación | | Jugo clarificado | 5 | Evaporación | | Meladura | | Cristalización |
| | Evaporación | | Meladura | 6 | Cristalización | | Masa Cocida | | Centrifugación |
| | Cristalización | | Masa cocida | 7 | Secado | | Azucar seca | | Envasado |
| | Secado | | Azucar clasificada | 8 | Envasado | | Azucar rubia | | Almacen |
| | Envasado | | Azucar envasada | 9 | Almacenamiento | | Producto terminado almacenado | | Mercado/Clientes |

Nota. Elaboración propia

ANEXO 6 Análisis AMFE del proceso Crítico

Figura 8

Matriz de Análisis de modo y efecto de fallas de cristalización

| Análisis de modo y efecto de fallas | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|----------|----------------------------|----------|--------------------------|----------|------------|--|----------|----------|----------|------------|
| Actividad | Modos de fallo | Efecto | S | Causa | O | Controles | D | NPR | Acciones | S | O | D | NPR |
| Inicio del cocimiento según criterio del operador | Arranque inadecuado del lote | Aumento del tiempo de cocción | 8 | No hay criterio uniforme | 7 | Experiencia del operador | 6 | 336 | Definir condiciones iniciales del lote | 8 | 7 | 6 | 336 |
| Ajuste manual de temperatura | Temperatura fuera de rango | Cristales irregulares | 9 | Ajustes empíricos | 6 | Observación visual | 6 | 324 | Control 60–65 °C | 9 | 6 | 6 | 324 |
| Evaluación subjetiva de pureza | Siembra ineficiente | Lotes inestables | 8 | No se mide pureza previa | 6 | Criterio del operador | 7 | 336 | Verificación ≥ 75 % | 8 | 6 | 7 | 336 |
| Regulación manual del vacío | Vacío inestable | Mayor tiempo de cocción | 8 | Falta de rango definido | 6 | Ajustes reactivos | 6 | 288 | Establecer -0.75 a -0.80 bar | 8 | 6 | 6 | 288 |
| Dosificación manual de semilla | Siembra no uniforme | Tamaño irregular del cristal | 7 | Falta de método | 6 | Práctica empírica | 6 | 252 | Dosificación gradual controlada | 7 | 6 | 6 | 252 |
| Revisión esporádica del crecimiento | Crecimiento descontrolado | Recocción del lote | 9 | Falta de monitoreo | 5 | Observación ocasional | 7 | 315 | Muestreo cada 20 min | 9 | 5 | 7 | 315 |
| Correcciones tardías | Retrabajos | Pérdida de sacarosa | 8 | No hay criterios de ajuste | 5 | Reacción ante fallas | 6 | 240 | Ajustes ±2 °C | 8 | 5 | 6 | 240 |
| No registro formal | Falta de trazabilidad | Repetición de errores | 6 | No se documenta | 6 | Comunicación verbal | 8 | 288 | Hoja de control | 6 | 6 | 8 | 288 |
| Comunicación informal | Respuesta tardía | Paradas del proceso | 7 | No hay reporte inmediato | 5 | Aviso verbal | 6 | 210 | Protocolo de notificación | 7 | 5 | 6 | 210 |

Nota. Elaboración propia

ANEXO 7 Fotografías proceso productivo de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A.

Figura 9

Imagen de la preparación de caña en la central azucarera Chucarapi



Nota. Elaboración propia

Figura 10

Imagen de los Molinos del proceso de molienda de la Centra Azucarera Chucarapi



Nota. Elaboración propia

Figura 11
Imagen de la zona de encalamiento proceso de clarificación



Nota. Elaboración propia

Figura 12
Imagen clarificador principal proceso de Clarificación



Nota. Elaboración propia

Figura 13
Imagen Evaporadores proceso de Evaporación



Nota. Elaboración propia

Figura 14
Imagen cristalizadores de la empresa proceso de Cristalización



Nota. Elaboración propia

Figura 15

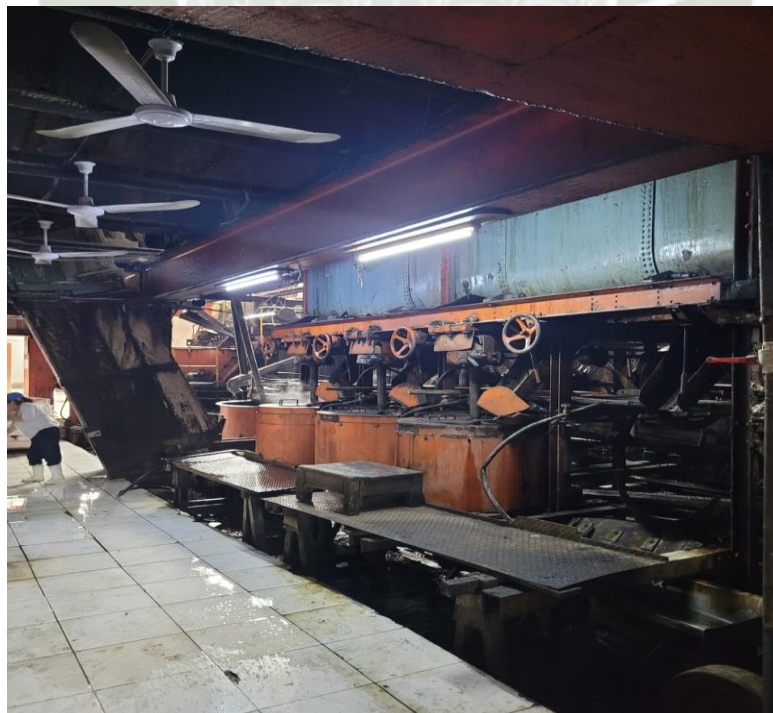
Imagen de tachos de miel de la empresa proceso de Cristalización



Nota. Elaboración propia

Figura 16

Imagen cristalizadores de la empresa proceso de Cristalización



Nota. Elaboración propia

Figura 17
Imagen zona envasado para proceso de envasado



Nota. Elaboración propia

Figura 18
Imagen almacén de producto terminado



Nota. Elaboración propia