



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE

T E S I S

**DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE MEJORA CONTINUA
BASADAS EN PRINCIPIOS LEAN MANUFACTURING
EN EMPRESA DE CONSERVAS EN SINALOA.**

presentada por

ESPARZA URIAS ORLANDO

como requisito para la obtención del grado de

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Director(a) de tesis

MEC. BRENDA GUADALUPE DELGADO JIMÉNEZ

Codirector (a) de tesis

DRA. GRACE ERANDY BÁEZ HERNÁNDEZ



Guasave, Sinaloa, México. Enero, 2026

CARTA DE LIBERACIÓN O APROBACIÓN DE TESIS.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto, en especial a mis padres quienes hicieron que las cosas fueran más sencillas. Agradezco a la empresa La costeña planta Sinaloa, la cual me otorgo la oportunidad de acercarme y aprender sobre ellos y por permitirme realizar visitas de campo dentro del área de desgranado de maíz amarillo.

También mi reconocimiento al personal operativo, quien mostró disposición para compartir su experiencia y permitió la observación directa del funcionamiento de las máquinas, aportando información y ayuda constante para el desarrollo de la investigación.

Agradezco profundamente la asesoría proporcionada por la MEC Brenda Guadalupe Delgado Jiménez, cuyas observaciones, recomendaciones y acompañamiento fueron esenciales.

Finalmente agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Guasave por las herramientas formativas que me otorgó y por la oportunidad de aplicar mis conocimientos en un entorno laboral real de trabajo.

NOMBRE DEL PROYECTO

“DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE MEJORA CONTINUA BASADAS EN PRINCIPIOS LEAN MANUFACTURING EN EMPRESA DE CONSERVAS EN SINALOA”

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló con el propósito de reducir desperdicios y mejorar la eficiencia operativa en una empresa dedicada al procesamiento de maíz amarillo para conservas. El estudio se centró en el área de deshojado y desgranado, donde se identificaron pérdidas derivadas de tiempos muertos, atoramientos en equipos, ausencia de estandarización y variaciones en productividad entre máquinas y turnos.

El desarrollo del proyecto incluyó cuatro etapas principales: diagnóstico del proceso, análisis de desperdicios y pérdidas mediante herramientas Lean, evaluación del desempeño a través del OEE y diseño de estrategias de mejora. Durante el análisis se identificaron cuellos de botella asociados a fallas recurrentes en equipos, problemas en la alimentación del producto, falta de orden en estaciones y ausencia de mantenimiento autónomo estandarizado.

A partir de estos hallazgos, se diseñaron propuestas basadas en SMED y TPM, enfocadas en disminuir tiempos de cambio, mejorar la disponibilidad de máquinas, incrementar la vida útil de las navajas desgranadoras y reducir pérdidas por calidad. Las estrategias planteadas buscan promover un flujo más estable, reducir mermas y crear una cultura de mejora continua dentro del área operativa.

El proyecto concluye que la aplicación de los principios de *Lean Manufacturing* permite la construcción de procesos más confiables y predecibles, con una reducción significativa de mermas y un potencial incremento en la eficiencia global de hasta un 25%.

Se recomienda dar continuidad a la estandarización de actividades y fortalecer la capacitación del personal para asegurar la sostenibilidad de las mejoras.

Palabras clave: Lean Manufacturing, OEE, TPM, SMED, desperdicios, desgranado, mejora continua.

ABSTRACT

This study was conducted with the aim of reducing waste and improving operational efficiency in a company dedicated to processing yellow corn for preserves. The study focused on the husking and shelling area, where losses were identified due to downtime, equipment jams, lack of standardization, and variations in productivity between machines and shifts.

The project development included four main stages: process diagnosis, waste and loss analysis using Lean tools, performance evaluation through OEE, and improvement strategy design. During the analysis, bottlenecks associated with recurring equipment failures, product feeding problems, lack of order at stations, and absence of standardized autonomous maintenance were identified.

Based on these findings, proposals were designed based on SMED and TPM, focused on reducing changeover times, improving machine availability, increasing the useful life of the shelling blades, and reducing quality losses. The proposed strategies seek to promote a more stable flow, reduce waste, and create a culture of continuous improvement within the operational area.

The project concludes that applying Lean Manufacturing principles enables the creation of more reliable and predictable processes, with a significant reduction in waste and a potential increase in overall efficiency of up to 25%.

Keywords: Lean Manufacturing, OEE, TPM, SMED, waste, debarking, continuous improvement.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	9
II. JUSTIFICACIÓN.....	10
III. HIPÓTESIS	11
IV. OBJETIVOS.	12
V. MARCO TEÓRICO.....	13
5.2 Estado del arte	21
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
6.1 Materiales	25
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
IX. REFERENCIAS.....	64

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1. Registro de datos desgranadoras	28
Tabla 2. Registro de datos deshojadoras.....	30
Tabla 3. OEE Desgranadoras	33
Tabla 4. OEE Deshojadoras	34
Tabla 5. Tren 1 desgranadoras Hughes.....	36
Tabla 6. Tren 2 desgranadoras Hughes.....	38
Tabla 7. Tren 3 desgranadoras Hughes.....	39
Tabla 8. Tren 4 desgranadoras A&K.....	41
Tabla 9. Tren 5 desgranadoras CCM.....	42
Tabla 10. Tren 6 deshojadoras	44
Tabla 11. Propuesta de mejora SMED.....	56
Tabla 12. Propuesta de mejora TPM	59

ÍNDICES DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Calificativo OEE.....	31
Ilustración 2. Eficiencia general de los equipos.....	32
Ilustración 3. Gráfico criterio OEE.....	35
Ilustración 4. Diagrama de Ishikawa tren 1	36
Ilustración 5. Diagrama de Ishikawa tren 2	38
Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa tren 3	40
Ilustración 7. Diagrama de Ishikawa tren 4	41
Ilustración 8. Diagrama de Ishikawa tren 5	43
Ilustración 9. Diagrama de Ishikawa tren 6	44
Ilustración 10. Diagrama de flujo área desgranado	46
Ilustración 11. VSM Actual área de desgranado	51
Ilustración 12. VSM futuro área de desgranado	54
Ilustración 13. Layout área de desgranado	56

INTRODUCCIÓN}

El presente documento expone el proyecto de tesis titulado “Diseño de estrategias de mejora continua basadas en principios Lean Manufacturing en empresa de conservas en Sinaloa”, cuyo propósito es analizar el proceso productivo del área de deshojado y desgranado de maíz amarillo, identificar los desperdicios presentes y diseñar estrategias que permitan incrementar la eficiencia operativa mediante herramientas Lean.

A lo largo del desarrollo del proyecto se realizó un diagnóstico detallado del estado actual del proceso, evaluando aspectos como disponibilidad de equipos, tiempos muertos, productividad por máquina, flujos operativos y pérdidas relacionadas con la calidad. Posteriormente, se aplicaron metodologías como OEE, Diagrama de Ishikawa y VSM para determinar las raíces de los problemas y orientar las propuestas de mejora.

El documento presenta de forma estructurada el análisis del proceso, el planteamiento del problema, la fundamentación teórica y las estrategias diseñadas para reducir desperdicios y fortalecer la confiabilidad del sistema productivo. Finalmente, se exponen los resultados obtenidos, las conclusiones derivadas y recomendaciones que permiten asegurar la continuidad de las mejoras implementadas.

Este proyecto constituye una contribución al fortalecimiento de la cultura de mejora continua en la empresa, promoviendo prácticas más eficientes y sostenibles que impactan directamente en la productividad y competitividad del proceso.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el proceso de deshojado y desgranado de maíz amarillo se han identificado diversas problemáticas que afectan de manera significativa la eficiencia operativa de la empresa. Entre los principales inconvenientes se encuentran:

- Desperdicios elevados generados por atoramientos del producto, cortes defectuosos y acumulación de mazorcas no procesadas.
- Variabilidad en el desempeño de las máquinas, con diferencias importantes en la productividad entre equipos del mismo tren.
- Tiempos muertos recurrentes, ocasionados por alimentaciones irregulares, desgaste acelerado de navajas y ausencia de actividades de mantenimiento autónomo.
- Flujo de trabajo inestable, debido a falta de estandarización y orden en las estaciones, generando retrasos en la alimentación de las líneas.
- Impacto directo en la eficiencia global, reflejado en valores de OEE por debajo de lo esperado.

Estas pérdidas afectan la continuidad del proceso, incrementan los costos operativos y limitan la capacidad de producción. Ante este escenario, surge la necesidad de diseñar estrategias de mejora continua que permitan reducir desperdicios y restablecer un flujo productivo estable y eficiente.

Pregunta de investigación:

¿Cómo pueden los principios Lean Manufacturing contribuir a disminuir desperdicios y mejorar la eficiencia del proceso de desgranado en una empresa de conservas en Sinaloa?

II. JUSTIFICACIÓN.

La implementación de estrategias Lean Manufacturing en el área de desgranado se justifica, en primer lugar, por su impacto social, ya que la reducción de fallas operativas y atoramientos en el proceso contribuye a disminuir los riesgos laborales y a mejorar el ambiente de trabajo, mediante la definición de actividades más claras, seguras y estructuradas para el personal operativo.

Desde el impacto económico, la eliminación de desperdicios, tiempos muertos y pérdidas por defectos de calidad permite incrementar la productividad del proceso sin requerir inversiones adicionales en maquinaria, lo que se traduce en una reducción de costos operativos y en un mejor aprovechamiento de los recursos existentes.

En cuanto al impacto tecnológico, la aplicación de herramientas como el OEE, SMED y TPM favorece la adopción de metodologías de gestión modernas, fortaleciendo la confiabilidad de los equipos, la estandarización de los procesos y la toma de decisiones basada en indicadores de desempeño.

Respecto al impacto ambiental, la disminución de la generación de merma y la optimización en el uso del maíz contribuyen a reducir los residuos orgánicos y el consumo innecesario de recursos asociados a las actividades de limpieza y reproceso, promoviendo prácticas operativas más sustentables.

Finalmente, la viabilidad del proyecto se sustenta en que las estrategias propuestas se apoyan en herramientas Lean que no implican una inversión elevada y pueden implementarse con los recursos actuales de la planta y el personal existente, lo que convierte al proyecto en una oportunidad concreta para mejorar el desempeño operativo del área de desgranado y fortalecer la competitividad de la empresa.

III. **HIPÓTESIS**

La implementación de estrategias de mejora continua basadas en principios Lean Manufacturing permitirá reducir desperdicios y mejorar la eficiencia del proceso de desgranado de maíz amarillo, aumentando la estabilidad del flujo productivo.

IV. OBJETIVOS.

4.1 Objetivo general

Diseñar estrategias de mejora continua basadas en principios Lean Manufacturing que contribuyan a reducir desperdicios en una empresa de conservas en Sinaloa.

4.2 Objetivos específicos

1. Analizar el proceso actual de desgranado de maíz amarillo, identificando tiempos de operación, mermas, cuellos de botella y errores que afectan la productividad.
2. Sistematizar el proceso de desgranado, documentando procedimientos estandarizados, flujos de operación, responsables, formatos de registro y criterios de control de calidad.
3. Diseñar estrategias de mejora continua, basadas en herramientas Lean Manufacturing y buenas prácticas de la industria alimentaria, para optimizar la eficiencia del proceso.

V. MARCO TEÓRICO.

5.1 Fundamentos teóricos

5.1.1. La Industria del Maíz y el Proceso de Desgranado

El maíz (*Zea Mays*) es una de las pocas especies cultivadas originaria de América que nace hace unos 7000 años. Su origen ha sido extensamente estudiado, desde los mitos de la creación Maya y Azteca con la selección natural, hasta las evidencias que deriva de la transformación de un maíz salvaje a una planta domesticada con valor. En el siglo XV y XVI, debido a su adaptación y productividad logró cultivarse alrededor del mundo antes que los europeos y españoles exportaran las plantas desde América. A lo largo de los años, el maíz incrementó el número de granos de mazorca de 60 a 500 y pasó de tener una longitud de 2,5 cm a unos 30 cm. Prácticamente se cultiva en todas las zonas del mundo y ocupa la tercera posición en cuanto a producción total, detrás del arroz y el trigo (Pereira, s. f.).

El maíz es una planta gramínea de tallo generalmente cilíndrico que posee una vital importancia alimentaria e industrial a nivel mundial. Su fruto es la mazorca, una estructura cilíndrica donde los granos crecen apretados alrededor de un eje central firme denominado olote. El proceso de desgranado es la etapa crucial en el manejo de este cereal, pues consiste en la separación física del grano de la mazorca para su posterior transformación (Real Academia Española, s.f.). En la actualidad, este proceso se optimiza mediante el uso de máquinas desgranadoras, diseñadas para procesar grandes volúmenes de manera rápida y eficaz, superando ampliamente las limitaciones del esfuerzo manual tradicional. Estas máquinas funcionan mediante electricidad, combustible u otras fuentes de energía, y están diseñadas para un procesamiento de mayor escala. Son capaces de desgranar grandes cantidades de maíz en poco tiempo, optimizando el rendimiento y reduciendo la necesidad de mano de obra. Las desgranadoras mecánicas son especialmente populares en entornos de producción industrial y en fincas grandes, donde la eficiencia y rapidez son esenciales (González, 2025).

5.1.2. Procesos de desgranado

Segun (Ramos, J, et al, 2022) existen varios tipos de procesos de desgranado los cuales se presentan a continuación:

- **Método manual mediante pulgares:** es el método más simple y tradicional para desgranar el cual implica la aplicación de presión sobre los granos empleando los pulgares, o frotando 2 mazorcas, o bien una mazorca y un olote, entre sí para desprender los granos.
- **Desgranado mediante implementos manuales:** Existen algunos desgranadores manuales rotativos contruidos mediante madera, piezas de fundición o bien perfilería de acero.
- **Método manual mediante utensilios (Piedra, olotera, tabla de grapas):** Consiste en desprender los granos frotando las mazorcas contra piedras o contra utensilios manufacturados por los propios trabajadores (olotera, tabla de grapas, etc...).
- **Desgranado mediante máquinas manuales:** Dentro de las desgranadoras sin motor, estas son unas de las de mayor rendimiento cantidad-tiempo, funcionan mediante una manivela, replicando los principios de los implementos manuales. Su manufactura, ya comienza a asemejarse a las máquinas de motor, aunque solo en volumen de material empleado y dimensiones, dado que no se acercan al rendimiento por hora de estas. Es difícil encontrar quien las comercialice en México.
- **Desgranado mediante máquinas eléctricas y a gasolina:** Estas desgranadoras son algunas de las de mayor rendimiento cantidad-tiempo, normalmente funcionan con motores eléctricos (1 a 7 hp), o bien con motores (generalmente OHV) a gasolina (3 a 16 hp), la potencia aumenta en función de la cantidad de cosecha. Su capacidad oscila entre 800 y 5000 kg/h siendo las máquinas eléctricas más eficientes.

5.1.3. Gestión de la Producción, Productividad y Calidad

La producción es la actividad económica encargada de fabricar bienes mediante la transformación de materias primas, buscando satisfacer necesidades y crear valor.

Desde su definición hasta los tipos y factores que la afectan, hemos explorado cómo la producción da forma a todo, desde nuestro entorno inmediato hasta la macroeconomía global. Al entender mejor la producción, podemos apreciar su papel integral en el desarrollo económico y la satisfacción de las necesidades humanas, así como en la creación de empleo y el sustento de diversas industrias.

Es crucial seguir innovando y mejorando los procesos de producción para enfrentar los desafíos del futuro, incluidos los cambios en la demanda del consumidor y la sostenibilidad medioambiental. La producción no solo es un componente económico, sino también un pilar para el progreso y la mejora continua de la calidad de vida (Nueva Escuela Mexicana, 2025).

En este contexto, la productividad se define como la relación entre la producción obtenida y los recursos empleados (trabajo, capital, materiales), funcionando como una medida de eficiencia operativa.

Un bajo desempeño productivo se asocia frecuentemente con la ineficiencia, que es la incapacidad de utilizar los recursos de forma óptima, lo que genera costos adicionales y resultados por debajo del potencial (Webmaster & Webmaster, 2023).

Esta ineficiencia suele manifestarse como desperdicio, entendido como el uso innecesario de recursos materiales, energéticos o temporales que deriva en una pérdida de valor.

También se puede definir la productividad como la forma de utilizar los factores de producción en la creación de bienes y servicios para ofertar en un mercado, tiene el objetivo de optimizar los recursos utilizados, como recursos humanos, materiales, capital y financieros en el proceso de producción. Es parte de los objetivos organizacionales para alcanzar la competitividad en el mercado. Así mismo, la productividad es vista como la eficiencia en la producción, determina cuánto se produce de un conjunto disponibles de insumos, es la razón entre las salidas de bienes y servicios y una o más entradas de insumos, como mano de obra, capital o administración, mejorar la productividad significa mejorar la efectividad (Méndez et al., 2022).

Por su parte, la calidad es el grado en que un conjunto de características inherentes de un proceso o producto cumple con los requisitos establecidos (Organización Internacional de Normalización, 2015). En la agroindustria alimentaria, los sistemas de calidad no solo son una herramienta de diferenciación, sino una estrategia de ventaja competitiva y un requisito imprescindible para competir en mercados globalizados. Dichos sistemas se entrelazan con conceptos como la inocuidad alimentaria, que garantiza que el alimento no causará daño al consumidor, y la seguridad alimentaria, que asegura el acceso permanente a alimentos suficientes y nutritivos (Banco Mundial, s.f.a).

5.1.4. Medición del desempeño mediante el *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

El OEE es una métrica fundamental para analizar la eficiencia de una sola máquina o de un sistema de fabricación integrado. Según Nakajima (1988), el OEE es una función de tres factores determinantes: disponibilidad, tasa de rendimiento y tasa de calidad. En la práctica, se calcula como el producto de estos tres componentes: $OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$.

- **Disponibilidad:** Se define considerando el tiempo de turno menos el tiempo de inactividad planificado, restando las pérdidas por paros.
- **Rendimiento:** Se calcula en función de la velocidad de la máquina y la producción real obtenida frente a la producción esperada.
- **Calidad:** Mide la cantidad de productos conformes, restando el rechazo o mermas de la producción total.

El objetivo primordial del OEE es maximizar la efectividad del equipo, eliminando averías y reduciendo desperdicios. A nivel internacional, se considera que un OEE de clase mundial debe ser igual o superior al 85%. Esta medición es una herramienta objetiva para el diagnóstico de la productividad operativa y permite tomar decisiones basadas en datos cuantitativos para la mejora continua.

5.1.5. *Lean Manufacturing* como enfoque de mejora continua

La manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*) constituye una dimensión operativa necesaria para apoyar el aseguramiento de la calidad y la puesta en marcha de procesos de mejora continua en las empresas. El enfoque principal de esta metodología es el uso del pensamiento sistémico para eliminar los despilfarros (mermas) y crear valor real en la organización (Jones y Womack, 2012). Un concepto central en la administración japonesa vinculado al *Lean* es el Kaizen, que significa "cambio para mejor" o mejoramiento en marcha que involucra a todos, desde la alta dirección hasta los trabajadores de planta. Este enfoque sostiene que un gran número de pequeñas mejoras son más efectivas en un entorno organizacional que unas pocas mejoras de gran valor.

Como base del *Lean* y del Mantenimiento Productivo Total (TPM), se encuentra el programa 5S, un proceso sistemático de orden y limpieza (*housekeeping*) diseñado para lograr un ambiente de trabajo sereno y hacer visibles las anomalías en los equipos. Las fases de las 5S incluyen: Clasificar (*Sort*), Ordenar (*Set in Order*), Limpiar (*Shine*), Estandarizar (*Standardize*) y Mantener la disciplina (*Sustain*).

5.1.6. Value Stream Mapping (VSM) y la optimización de procesos

Dentro de las metodologías de calidad, el mapeo de la cadena de valor o VSM se relaciona directamente con la eficiencia de los procesos y la optimización de la cadena de suministro (Jones y Womack, 2012). El VSM permite identificar los principales desperdicios y cuellos de botella que afectan la productividad al visualizar el flujo actual de materiales e información. La implementación de estas herramientas tiene un impacto positivo en el desempeño empresarial, incrementando la rentabilidad y reduciendo los tiempos de entrega. En la industria alimentaria, estos sistemas se consideran una estrategia de ventaja competitiva, permitiendo la diferenciación y el cumplimiento de las altas exigencias de los mercados internacionales. Al sistematizar los procesos y documentar procedimientos estandarizados mediante herramientas como el VSM, las empresas aseguran una producción más eficiente y sostenible.

5.1.7. Tipos de Mantenimiento

El mantenimiento busca garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos de la organización.

- **Mantenimiento Correctivo:** Se realiza cuando el equipo ya ha fallado.
- **Mantenimiento Preventivo:** Se realiza a intervalos predeterminados para reducir la probabilidad de falla.
- **Mantenimiento Predictivo:** Basado en el monitoreo del estado real de la máquina (vibraciones, termografía)
- **TPM (Mantenimiento Productivo Total):** Involucra al operador en el cuidado básico. *Ventaja:* Empoderamiento y detección temprana de ruidos o fugas. (Moubray, 1997, p. 12).

5.1.8. Gestión del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Dado que el problema central es la eficiencia en maquinaria, el TPM es un pilar fundamental. El TPM es un sistema de mantenimiento que cubre la vida entera del equipo y busca una relación sinérgica entre todas las funciones organizacionales, particularmente entre producción y mantenimiento. Fue promovido por Seiichi Nakajima, conocido como el padre del TPM.

- **Los Pilares del TPM:** Además de las 5S que ya mencionaste, puedes incluir el Mantenimiento Autónomo (*Jishu Hozen*), donde los operadores aceptan la responsabilidad del cuidado diario de su equipo, y el Mantenimiento Planificado, cuyo objetivo es establecer condiciones óptimas para los procesos (Suzuki, 1994).

5.1.9. Diagrama de Ishikawa

También conocido como diagrama de espina de pescado o de causa-efecto, es una herramienta de gestión de calidad que ayuda a identificar las causas raíces de un problema. Se basa en la clasificación de causas en categorías (comúnmente las 6M: Mano de obra, Maquinaria, Métodos, Materiales, Medición y Medio ambiente) (Ishikawa, 1986).

Pasos a seguir:

1. Definir el problema: Escribir el efecto o síntoma en la "cabeza" del pescado.
2. Dibujar las espinas principales: Etiquetar con las 6M (Mano de obra, Maquinaria, Métodos, Materiales, Medición, Medio ambiente).
3. Lluvia de ideas: Identificar causas secundarias para cada categoría.
4. Preguntar "¿Por qué?": Profundizar hasta llegar a la causa raíz.

Ventajas: Mejora el trabajo en equipo, visualiza relaciones complejas y prioriza áreas de intervención.

5.1.10. Diagrama de Flujo

Es una representación gráfica de la secuencia de pasos de un proceso. En ingeniería, se utiliza para analizar, diseñar y gestionar procesos o programas. Utiliza una simbología estandarizada (ISO 5807 o ANSI) para representar inicios, decisiones, procesos y finales (García, 2012).

Pasos:

1. Determinar los límites: ¿Dónde empieza y dónde termina el proceso?
2. Identificar actividades: Listar las tareas, decisiones y esperas.
3. Secuenciar: Unir con flechas de dirección de flujo.
4. Revisión técnica: Verificar que cada decisión (rombo) tenga una salida de "Sí" y otra de "No".

Ventajas: Facilita la capacitación de nuevo personal, detecta duplicidad de tareas y optimiza el tiempo de ciclo.

5.1.11. Layout (Distribución de Planta)

Se refiere a la disposición física de las máquinas, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento y personal dentro de una instalación. Su objetivo es optimizar el flujo de materiales y personas para reducir costos de manejo y tiempos de espera (Krajewski et al., 2013, p. 385).

Ventajas: Reduce accidentes laborales, minimiza el inventario en proceso (WIP) y mejora la moral del empleado al tener un espacio ordenado.

5.1.12. Indicadores de Producción (KPIs)

Son métricas cuantitativas que permiten evaluar la eficiencia y eficacia de los procesos productivos frente a los objetivos de la empresa. Se centran en medir variables como productividad, calidad, tiempo de ciclo y cumplimiento de programas (Pérez, 2016, p. 22). Lo que no se mide, no se puede mejorar. Para un gestor, los KPIs son el tablero de control del negocio.

Pasos para definirlos:

1. Criterio SMART: Deben ser Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y con un Tiempo definido.
2. Establecer la meta: ¿Qué valor queremos alcanzar?
3. Asignar responsables: ¿Quién recolecta el dato y quién lo analiza?

Indicadores Clave:

Eficiencia: $(Producción\ Real / Producción\ Esperada) \times 100$

Calidad: $(Productos\ Buenos / Total\ Producidos) \times 100$

Ventajas: Proporcionan objetividad y permiten la toma de decisiones basada en hechos, no en corazonadas.

5.2 Estado del arte

El estudio del proceso de desgranado de maíz amarillo se sustenta en múltiples investigaciones y normas técnica que han evidenciado la necesidad de modernizar operaciones agroindustriales para mejorar la eficiencia. Se encontró que el uso de desgranadoras mecánicas diseñadas adecuadamente reduce dramáticamente el tiempo y esfuerzo requerido comparado con métodos manuales (Ingenius, 2017). Estas desgranadoras son de una alta eficiencia con respecto a cantidad-tiempo, las mismas son activadas o funcionan con un motor eléctrico el cual controla el funcionamiento de la misma, sin embargo, es necesario el uso de

energía eléctrica y el consumo de esta es proporcional a la potencia del motor con el cual funciona, por lo que los costos de procesamiento aumentan (Isidro Castelán H. y Olga Vázquez Nieto. 2012). En un plano más general, se observó que empresas de procesamiento de alimentos, en especial las PYMEs, que han aplicado herramientas Lean como 5s, mantenimiento productivo total, control de calidad y estrategias de mejora continua, han reportado mejoras sensibles en rendimiento, reducción de desperdicios y optimización de recursos (Dora et al., 2014).

Chávez et al. (2020) Reportaron un aumento del rendimiento del producto y eficiencia en empresas peruanas procesadoras de alimentos tras aplicar Lean Production Management. También es relevante considerar el aspecto de calidad en los materiales usados en maquinaria. La norma UNE-EN 10020:2001 define y clasifica los tipos de acero, lo que permite asegurar que los componentes en contacto con el producto cumplan estándares de resistencia física, durabilidad e higiene requeridos (UNE-EN 10020:2001).

Finalmente, estudios recientes muestran que la aplicación de Lean Six Sigma mejora no sólo la eficiencia productiva, sino también la calidad del producto y la seguridad del proceso, lo cual refuerza que los indicadores medidos antes y después de la mejora son útiles para evaluar el impacto (López Telenchana et al., 2024).

La literatura reciente sobre la aplicación de Lean Manufacturing en la industria alimentaria indica que estas metodologías han demostrado mejoras operativas significativas en diversas líneas de producción de alimentos, especialmente cuando se adaptan al contexto productivo y regulatorio de cada empresa (Cusiatado, 2024; Norton & Fearne, 2020).

Las revisiones bibliográficas recientes muestran un aumento notable en estudios sobre Lean Manufacturing en el sector alimentario durante la última década. Estas investigaciones destacan la necesidad de adaptar las herramientas Lean a la variabilidad de la materia prima y a los estrictos requisitos sanitarios característicos del sector alimentario (Cusiatado, 2024; Monteiro, 2024). Asimismo,

los estudios coinciden en que las metodologías híbridas que combinan análisis cuantitativo y evaluación cultural permiten una comprensión más completa de la adopción Lean (Cusiatado, 2024).

El VSM ha demostrado ser una herramienta eficaz para identificar cuellos de botella, desperdicios y oportunidades de mejora en plantas alimentarias. Investigaciones recientes evidencian reducciones significativas en tiempos de ciclo y mejoras en eficiencia cuando se aplica esta herramienta, especialmente cuando se integra con enfoques ambientales como Green-VSM (Batwara et al., 2023; Norton & Fearne, 2020).

Diversos autores destacan que la metodología 5S facilita el orden, la limpieza y el control visual dentro de plantas de alimentos, contribuyendo directamente al cumplimiento de normas de inocuidad alimentaria. Estudios aplicados han demostrado mejoras en tiempos de búsqueda y reducción de contaminación cruzada tras su implementación (Castañeda, 2022; Singh et al., 2021).

SMED ha sido ampliamente utilizado para reducir tiempos de cambio de producto en líneas alimentarias, permitiendo mayor flexibilidad y menores tiempos muertos. Estudios en el sector agroindustrial reportan reducciones superiores al 40% en tiempos de preparación tras la aplicación de SMED (Maalouf, 2019; Gerónimo, 2022).

La integración del mantenimiento productivo total (TPM) y el indicador OEE se ha convertido en una estrategia central para aumentar la disponibilidad y el rendimiento en equipos de procesamiento y envasado. Investigaciones recientes confirman incrementos significativos del OEE tras la aplicación de TPM, especialmente en empresas alimentarias con alta variabilidad operativa (Alzahrani & Mohammed, 2023; Rojas-Valverde, 2024).

Los estudios sobre aplicaciones Lean en la industria de conservas muestran mejoras en eficiencia, reducción de desperdicios, optimización de trazabilidad y mayor estabilidad en los procesos productivos. Investigaciones realizadas en líneas de enlatado de sardinas y vegetales resaltan que Lean debe implementarse de

manera conjunta con sistemas de inocuidad como HACCP, para evitar comprometer la seguridad alimentaria (Díaz-Ruiz et al., 2020; Herrera & Yusuf, 2021).

La literatura es consistente al señalar que la medición del desempeño mediante OEE es fundamental para evaluar el impacto real de las metodologías Lean. Los estudios pre–post demuestran mejoras significativas en disponibilidad, rendimiento y calidad luego de implementar herramientas como 5S, TPM o SMED (Alzahrani & Mohammed, 2023; Rojas-Valverde, 2024).

Las PYMEs del sector enfrentan retos como limitación de recursos, resistencia cultural al cambio, falta de capacitación y dificultades para mantener mejoras en el tiempo. Los investigadores recomiendan implementar herramientas de bajo costo y alto impacto, así como programas de capacitación progresiva para asegurar sostenibilidad (Monteiro, 2024; León-Hernández et al., 2021).

En los últimos años se ha incrementado la investigación sobre la integración de Lean con tecnologías de Industria 4.0 como IoT, sensores inteligentes y monitoreo en tiempo real. Estas herramientas potencian la capacidad de análisis del OEE y permiten disminuir variaciones en líneas de alimentos perecederos (Abideen & Ravi, 2024; Kumar et al., 2023).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1 Materiales

Para la obtención de los datos al igual que el registro de los mismos se utilizaron los siguientes materiales e instrumentos:

- Cronómetro para registrar tiempos de ciclos y paros.
- Tablas de registro OEE.
- Computadora con Excel para realizar el análisis.
- Formatos de observación de campo para documentar.
- Diagramas de Ishikawa

6.2 Diseño de la Investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, debido a que se apoya en la medición objetiva de variables operativas relacionadas con el desempeño del proceso de desgranado de maíz, tales como disponibilidad de los equipos, rendimiento del proceso y calidad del producto. Este enfoque permite analizar el comportamiento del sistema productivo antes y después de la implementación de estrategias de mejora, utilizando indicadores numéricos que facilitan la comparación y evaluación de resultados.

El estudio es de tipo aplicado, ya que busca resolver un problema específico dentro de una empresa procesadora de alimentos, mediante la implementación de estrategias Lean Manufacturing orientadas a mejorar la eficiencia operativa del área de desgranado.

6.3 Variables

De acuerdo con el planteamiento del problema y los objetivos de la investigación, se identifican las siguientes variables:

- *Variable independiente:*

Implementación de estrategias Lean Manufacturing en el proceso de desgranado.

- *Variable dependiente:*

Eficiencia operativa del proceso de desgranado de maíz.

6.4 Población

La población de la presente investigación está conformada por la totalidad de los ciclos operativos del proceso de desgranado de maíz desarrollados en una empresa procesadora de alimentos, durante el periodo de análisis establecido. Esta población incluye las operaciones realizadas por las máquinas desgranadoras, los tiempos de funcionamiento, las paradas programadas y no programadas, así como los registros de calidad del producto obtenido bajo condiciones normales de operación.

6.5 Instrumentos

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- **Formatos de registro de tiempos de operación y paros:** permitió medir Tiempos de operación efectiva, Tiempos de inactividad (paros por atoramientos, mantenimiento, ajustes y limpieza), Frecuencia y duración de fallas.
- **Hoja de cálculo para medición de OEE:** Se utilizó para calcular la Disponibilidad, el Desempeño, la Calidad y la Eficiencia global del equipo.
- **Cronómetro digital:** Para medir de manera directa y precisa los tiempos de Operación efectiva del proceso de desgranado, Paros por atoramientos,

fallas mecánicas y ajustes, Tiempos de preparación, limpieza y cambio de condiciones operativas

- **Paquetería de Microsoft office:** para la realización de los análisis de los datos.
- **Diagramas y gráficas:** para la visualización de los datos procesados.

6.6 Procedimientos

El procedimiento se llevó a cabo en la planta de producción de la empresa procesadora de alimentos, dentro del área de desgranado de maíz amarillo, durante el turno A.

Las etapas desarrolladas fueron las siguientes:

6.6.1 Diagnóstico inicial

Se realizaron visitas de campo para conocer las condiciones actuales de operación, documentando tiempos de proceso, frecuencia de paros, limpieza, ajustes y disponibilidad de equipos, mediante análisis visual y registrando con ayuda del cronometro los tiempos de proceso y tiempo de paros durante 1 minuto, completando un total de 3 minutos por máquina.

6.6.2 Registro de datos y análisis

Se registraron los datos obtenidos haciendo ciertos ajustes para colocarlos en el OEE, teniendo en cuenta los puntos más importantes que serían los tiempos de ciclo, tiempo de paro al igual que el desperdicio. Posteriormente se analizaron los datos para poder tener una idea más clara con ayuda de los diagramas de Ishikawa hechos por tren, para así darnos cuenta de los principales problemas que afectaban a la eficiencia de las máquinas.

6.6.3 Propuesta de mejora

Se elaboro una estrategia enfocada en mantenimiento preventivo, reducción de tiempos improductivos, capacitación operativa y estandarización del proceso, con el fin de incrementar la eficiencia global del área.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1 Análisis del proceso actual

En esta sección se presentan los hallazgos obtenidos tras la aplicación de las herramientas de diagnóstico (Diagrama de Flujo y Hojas de Verificación) en la línea de maíz amarillo. Se analizó el proceso actual de desgranado de maíz amarillo, identificando tiempos de operación, mermas, cuellos de botella y errores que afectan la productividad (ver Tabla 1).

Tabla 1. Registro de datos desgranadoras

Desgranadoras											
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	Capacidad estándar (pz/min) min	Capacidad programada (pz/min) min	Tiempo Muerto (paros)segundos	Muestra	Capacidad real (pz/min)	Unidades defectuosas (pz/min)	Capacidad estándar (pz/min) max	Capacidad programada (pz/min) max	Capacidad programada (pz/min)
1	Hughes	Desgranado	50	50	28.6478873	1	26	0	90	90	
2	Hughes	Desgranado	50	50	27.2575758	1	31	0	90	90	
3	Hughes	Desgranado	50	50	26.1617647	1	29	1	90	90	
4	Hughes	Desgranado	50	50	37.3064516	1	20	1	90	90	
5	Hughes	Desgranado	50	50	24.4202899	1	33	0	90	90	
6	Hughes	Desgranado	50	50	23.8666667	1	32	0	90	90	
7	Hughes	Desgranado	50	50	27.0877193	1	33	0	90	90	
8	Hughes	Desgranado	50	50	33.3333333	1	23	0	90	90	
9	Hughes	Desgranado	50	50	29.8333333	1	28	0	90	90	
10	Hughes	Desgranado	50	50	28.5777778	1	28	0	90	90	
11	Hughes	Desgranado	50	50	20.9130435	1	40	0	90	90	

12	Hughes	Desgranado	50	50	24.6458333	1	37	0	90	90	
13	Hughes	Desgranado	50	50	30	1	27	0	90	90	
14	Hughes	Desgranado	50	50	33	1	26	0	90	90	
16	Hughes	Desgranado	50	50	21.7179487	1	38	0	90	90	
17	Hughes	Desgranado	50	50	12.6790123	1	49	0	90	90	
18	Hughes	Desgranado	50	50	18.4166667	1	40	0	90	90	
19	Hughes	Desgranado	50	50	12.5333333	1	53	0	90	90	
20	Hughes	Desgranado	50	50	12.7283951	1	54	0	90	90	
21	Hughes	Desgranado	50	50	25.8170732	1	30	0	90	90	
22	Hughes	Desgranado	50	50	23.3066667	1	34	0	90	90	
23	A&K	Desgranado	100		15.702381	1	64	0		120	99
24	A&K	Desgranado	100		19.6666667	1	53	0		120	110
25	A&K	Desgranado	100		26.3580247	1	42	0		120	114
26	A&K	Desgranado	100		25.1445783	1	41	0		120	111
27	A&K	Desgranado	100		24.8571429	1	46	0		120	107
28	A&K	Desgranado	100		23.8875	1	44	0		120	106
29	A&K	Desgranado	100		34.6666667	1	31	0		120	108
1	CCM	Desgranado			24	1	32	0			
2	CCM	Desgranado			28.6666667	1	25	0			
3	CCM	Desgranado			21.6666667	1	31	0			
4	CCM	Desgranado			32.5	1	37	0			

De igual manera se analizó el desempeño del proceso de deshojado, identificándose los tiempos reales de operación y los periodos de inactividad asociados a ajustes mecánicos y paros no programados de las máquinas deshojadoras (ver tabla 2).

Tabla 2. Registro de datos deshojadoras

Deshojadoras										
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	Capacidad estándar (Ton/h) mínima	Capacidad programada (Ton/h) mínima	Tiempo Muerto (paros)segundos	Muestra	Capacidad real (Kg)	Unidades defectuosas (Kg)	Capacidad programada (Ton/h) máxima	Capacidad estándar (Ton/h) máxima
1	A&K	Deshojado	16	16	0	1	119.047619	36.2728571	18	18
2	Hughes	Deshojado	12	12	0	1	105.555556	31.3937037	16	16
3	Hughes	Deshojado	12	12	0	1	187.8125	75.3366667	16	16
4	Hughes	Deshojado	12	12	0	1	137.970588	40.0747059	16	16

Durante la fase de diagnóstico inicial, se llevó a cabo un registro sistemático de datos operativos, mediante el cual se recopiló información relevante para la medición cuantitativa de la eficiencia de las máquinas desgranadoras y deshojadoras. Dicho registro se realizó a lo largo de un periodo de seis semanas, con el propósito de obtener información representativa del comportamiento real del proceso, considerando las limitaciones de tiempo establecidas para el diagnóstico. Los datos obtenidos permitieron contar con mediciones confiables y una aproximación precisa al estado del proceso en esta etapa de análisis. No obstante, se identificó que algunas máquinas presentaron un número reducido de registros debido a su inactividad temporal o a la falta de información disponible.

Una vez concluida la recopilación de datos, se procedió al análisis de la eficiencia de los equipos, para lo cual se diseñó y aplicó un formato específico basado en la metodología OEE (Overall Equipment Effectiveness). Esta metodología se utilizó para cuantificar la eficiencia de las máquinas considerando sus componentes de disponibilidad, desempeño y calidad, lo que permitió identificar pérdidas asociadas a paros no programados, variaciones en la velocidad de operación y defectos en el producto final.

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados "World Class"
OEE > 95%	Excelente	Competitividad excelente

Ilustración 1. Calificativo OEE



Ilustración 2. Eficiencia general de los equipos

7.1.1 Resultados del OEE

Tabla 3. OEE Desgranadoras

Desgranadoras				
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	OEE	OEE
1	Hughes	Desgranado	52.25%	52.25%
2	Hughes	Desgranado	54.57%	54.57%
3	Hughes	Desgranado	56.39%	56.39%
4	Hughes	Desgranado	37.82%	37.82%
5	Hughes	Desgranado	59.30%	59.30%
6	Hughes	Desgranado	60.22%	60.22%
7	Hughes	Desgranado	54.85%	54.85%
8	Hughes	Desgranado	44.44%	44.44%
9	Hughes	Desgranado	50.28%	50.28%
10	Hughes	Desgranado	52.37%	52.37%
11	Hughes	Desgranado	65.14%	65.14%
12	Hughes	Desgranado	58.92%	58.92%
13	Hughes	Desgranado	50.00%	50.00%
14	Hughes	Desgranado	45.00%	45.00%
16	Hughes	Desgranado	63.80%	63.80%
17	Hughes	Desgranado	78.87%	78.87%
18	Hughes	Desgranado	69.31%	69.31%
19	Hughes	Desgranado	79.11%	79.11%
20	Hughes	Desgranado	78.79%	78.79%
21	Hughes	Desgranado	56.97%	56.97%
22	Hughes	Desgranado	61.16%	61.16%
23	A&K	Desgranado	73.83%	74.53%
24	A&K	Desgranado	67.22%	61.39%
25	A&K	Desgranado	56.07%	49.26%
26	A&K	Desgranado	58.09%	52.31%
27	A&K	Desgranado	58.57%	54.90%
28	A&K	Desgranado	60.19%	56.88%
29	A&K	Desgranado	42.22%	39.22%
1	CCM	Desgranado	Inactivas	
2	CCM	Desgranado		
3	CCM	Desgranado		
4	CCM	Desgranado		

Tabla 4. OEE Deshojadoras

Deshojadoras				
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	OEE	OEE
1	A&K	Deshojado	31.04%	31.04%
2	Hughes	Deshojado	37.08%	37.08%
3	Hughes	Deshojado	56.24%	56.24%
4	Hughes	Deshojado	48.95%	48.95%

A partir de los datos obtenidos, fue necesario precisar el criterio utilizado para el cálculo de la eficiencia de las máquinas analizadas. La eficiencia representada en color rojo se calculó considerando la capacidad estándar mínima de cada máquina, mientras que la eficiencia indicada en color gris se determinó con base en la capacidad programada o real. Cabe señalar que, en algunos casos, no fue posible medir la capacidad programada debido a la falta de registros operativos o a la inactividad temporal de ciertos equipos; en dichas situaciones, se optó por utilizar la capacidad estándar mínima como referencia. Esta condición explica la repetición de valores de eficiencia en algunas máquinas.

Al continuar con el análisis de los resultados, se observó que la eficiencia global de la mayoría de las máquinas desgranadoras fue considerablemente baja. De acuerdo con los criterios de evaluación del OEE, los equipos que presentan una eficiencia inferior al 65 % se clasifican como inaceptables, ya que generan pérdidas económicas significativas asociadas a paros frecuentes, bajo desempeño y defectos en el producto.

En este contexto, se identificó que **22 máquinas** desgranadoras se ubicaron en el rango de eficiencia inaceptable, lo que evidencia un bajo rendimiento operativo en una proporción significativa del parque de maquinaria. Por otro lado, de las seis máquinas restantes, tres registraron eficiencias superiores al 65.14 %, pero inferiores al 75 %, clasificándose como regulares, lo que implica la existencia de pérdidas económicas moderadas. Finalmente, las tres máquinas restantes alcanzaron niveles de eficiencia comprendidos entre el 75 % y el 85 %, lo que

permitió clasificarlas como aceptables, aunque aún con presencia de ligeras pérdidas económicas conforme a los estándares del OEE, como se muestra en la ilustración 3.

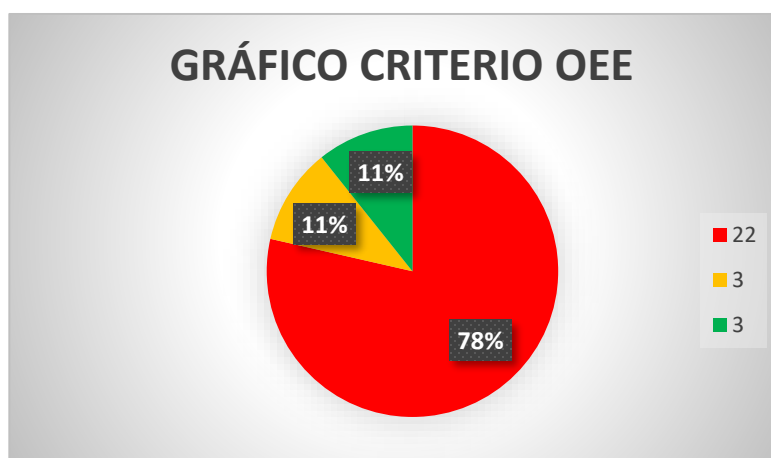


Ilustración 3. Gráfico criterio OEE

En relación con las máquinas deshojadoras, los resultados mostraron que ninguna alcanzó un nivel de eficiencia superior al 65 %, por lo que, de acuerdo con los criterios de evaluación del OEE, todas se clasificaron dentro del rango de rendimiento inaceptable. Esta situación evidenció deficiencias importantes en el desempeño operativo de dichos equipos.

Cabe señalar que ciertos factores influyeron en los valores obtenidos, particularmente la falta de información relacionada con la capacidad programada de algunas máquinas, así como la ausencia de registros completos sobre los tiempos muertos en las deshojadoras. Estas limitaciones afectaron el cálculo preciso de la eficiencia; sin embargo, los datos recopilados se consideraron confiables y representativos, ya que permitieron visualizar de manera cuantitativa el estado real del área de desgranado y constituyeron una base sólida para la identificación de áreas de oportunidad y la formulación de estrategias de mejora.

7.2 Sistematización de proceso de desgranado

La sistematización del proceso de desgranado consistió en la documentación, ordenamiento y análisis detallado de las operaciones que integran el flujo productivo, desde el ingreso del maíz hasta la obtención del grano desgranado. Este proceso permitió establecer una visión integral del funcionamiento real del área, identificar la secuencia de actividades, los puntos críticos de control y las interacciones entre equipos, personal y materiales, sentando las bases para el análisis de causas de los principales problemas operativos.

7.2.1 Identificación de las principales causas de problemas por tren

Como parte de la sistematización del proceso, se llevó a cabo la identificación de las principales causas de problemas operativos por cada tren de desgranado, entendido como el conjunto de equipos que operan de manera secuencial dentro del proceso productivo. Para ello, se analizaron los registros de operación, tiempos muertos, fallas recurrentes y pérdidas de eficiencia, complementados con herramientas de análisis como el diagrama de Ishikawa. Este análisis permitió detectar causas asociadas a la maquinaria, métodos de trabajo, materiales, mano de obra y condiciones del entorno, facilitando la priorización de áreas de intervención.

Tabla 5. Tren 1 desgranadoras Hughes

TREN 1					
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	OEE	OEE	Observaciones
1	Hughes	Desgranado	52.25%	52.25%	Falta de alimentación
2	Hughes	Desgranado	54.57%	54.57%	Falta de alimentación
3	Hughes	Desgranado	56.39%	56.39%	Falta de alimentación
4	Hughes	Desgranado	37.82%	37.82%	Falta de alimentación
5	Hughes	Desgranado	59.30%	59.30%	Falta de alimentación
6	Hughes	Desgranado	60.22%	60.22%	Entro atravesado el elote
7	Hughes	Desgranado	54.85%	54.85%	Falta de alimentación
PROMEDIO			53.63%	53.63%	Falta de alimentación



Ilustración 4. Diagrama de Ishikawa tren 1

En el análisis correspondiente al primer tren de desgranado, se identificó que la observación más recurrente fue la falta de alimentación continua del material, lo cual impactó directamente en la estabilidad del proceso. El valor promedio de eficiencia de este tren se ubicó en 53.63 %, nivel que, de acuerdo con el criterio del OEE, se clasificó como inaceptable. Este bajo desempeño se vio influenciado, además, por el desgaste de las máquinas y por diversos factores previamente identificados en el diagrama de Ishikawa, relacionados con la maquinaria, el método de operación y las condiciones del proceso.

Asimismo, es importante señalar que, tal como se mencionó anteriormente en el caso de las máquinas Hughes, la ausencia de ciertos datos operativos pudo haber influido en el cálculo de la eficiencia, afectándola potencialmente de manera positiva o negativa. No obstante, los resultados obtenidos permitieron identificar con claridad las principales áreas de oportunidad en el desempeño de este tren.

Tabla 6. Tren 2 desgranadoras Hughes

TREN 2					
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	OEE	OEE	Observaciones
8	Hughes	Desgranado	44.44%	44.44%	Falta de alimentación
9	Hughes	Desgranado	50.28%	50.28%	Falta de alimentación
10	Hughes	Desgranado	52.37%	52.37%	Falta de alimentación
11	Hughes	Desgranado	65.14%	65.14%	Falta de alimentación
12	Hughes	Desgranado	58.92%	58.92%	Falta de alimentación
13	Hughes	Desgranado	50.00%	50.00%	No funciona
14	Hughes	Desgranado	45.00%	45.00%	Falta de alimentación
PROMEDIO			52.31%	52.31%	Falta de alimentación



Ilustración 5. Diagrama de Ishikawa tren 2

En el análisis correspondiente al segundo tren de desgranado, se identificó que la **observación más recurrente** fue la **falta de alimentación continua del material**, situación que afectó de manera directa el desempeño del proceso. El valor promedio de eficiencia de este tren se ubicó en **52.31 %**, lo que, conforme a los criterios de evaluación del OEE, lo clasificó dentro del rango de rendimiento **inaceptable**. Este bajo nivel de eficiencia se vio influenciado por el **desgaste de las**

máquinas y por diversos factores previamente identificados en el diagrama de Ishikawa, asociados principalmente a la maquinaria y a las condiciones operativas.

Asimismo, al igual que en el caso de las máquinas Hughes, la ausencia de ciertos datos operativos pudo haber impactado el cálculo de la eficiencia, afectándola potencialmente de manera positiva o negativa. Cabe destacar que este tren presentó resultados similares al primer tren analizado, lo cual se atribuyó a que ambos conjuntos de equipos cuentan con el mismo tiempo de operación y pertenecen a la misma marca, lo que sugiere patrones de comportamiento y desempeño comparables.

Tabla 7. Tren 3 desgranadoras Hughes

TREN 3					
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	OEE	OEE	Observaciones
16	Hughes	Desgranado	63.80%	63.80%	Entro atravesado el elote
17	Hughes	Desgranado	78.87%	78.87%	Entro atravesado el elote
18	Hughes	Desgranado	69.31%	69.31%	Falta de alimentación
19	Hughes	Desgranado	79.11%	79.11%	Entro atravesado el elote
20	Hughes	Desgranado	78.79%	78.79%	Entro atravesado el elote
21	Hughes	Desgranado	56.97%	56.97%	Falta de alimentación
22	Hughes	Desgranado	61.16%	61.16%	Falta de alimentación
PROMEDIO			69.71%	69.71%	Entro atravesado el elote



En el análisis correspondiente al **tercer tren de desgranado**, se identificó como observación más recurrente la presencia de **elotes atravesados durante el proceso**, lo cual generó interrupciones operativas y afectaciones al flujo continuo del material. El valor promedio de eficiencia de este tren fue de **69.71 %**, ubicándose en el rango de **desempeño regular** conforme al criterio de evaluación del OEE. Este resultado lo posicionó como el tren de desgranadoras con el nivel de eficiencia más alto en comparación con los demás trenes analizados.

No obstante, a pesar de presentar un mejor desempeño relativo, la eficiencia de este tren también se vio influenciada por el desgaste de ciertos componentes de las máquinas y por diversos factores identificados en el diagrama de Ishikawa, relacionados con la maquinaria, el método de operación y las condiciones del proceso. Asimismo, tal como se mencionó previamente en el caso de las máquinas Hughes, la ausencia de algunos datos operativos pudo haber impactado el cálculo de la eficiencia, afectándola potencialmente de manera positiva o negativa.

Cabe destacar que, a diferencia de los dos primeros trenes, este tren Hughes es de incorporación más reciente, lo cual explica la diferencia en los resultados obtenidos, aun cuando pertenece a la misma marca. Esta condición sugiere una relación directa entre la antigüedad de los equipos y su desempeño operativo.

Tabla 8. Tren 4 desgranadoras A&K

TREN 4					
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	OEE	OEE	Observaciones
23	A&K	Desgranado	73.83%	74.53%	Entro atravesado el elote
24	A&K	Desgranado	67.22%	61.39%	Entro atravesado el elote
25	A&K	Desgranado	56.07%	49.26%	Entro atravesado el elote
26	A&K	Desgranado	58.09%	52.31%	Entro atravesado el elote
27	A&K	Desgranado	58.57%	54.90%	Entro atravesado el elote
28	A&K	Desgranado	60.19%	56.88%	Entro atravesado el elote
29	A&K	Desgranado	42.22%	39.22%	Entro atravesado el elote
PROMEDIO			59.46%	55.50%	Entro atravesado el elote



Ilustración 7. Diagrama de Ishikawa tren 4

En el análisis correspondiente al cuarto tren de desgranado, se identificó como observación más recurrente la presencia de **elotes atravesados durante el proceso**, lo que generó interrupciones frecuentes en la operación. El valor promedio de eficiencia de este tren se ubicó en **59.46 %** al considerar la **capacidad estándar**,

y en **55.50 %** al tomar en cuenta la capacidad programada (real) de las máquinas, la cual, en este caso, pudo ser medida de manera completa. De acuerdo con los criterios de evaluación del OEE, ambos valores clasificaron el desempeño del tren dentro del rango de **rendimiento inaceptable**.

Cabe destacar que este tren de desgranadoras marca A&K fue uno de los que presentó mayor volumen de elotes procesados; sin embargo, la alta velocidad de operación con la que trabajó generó paros improductivos recurrentes ocasionados por el atravesamiento de elotes. Estas interrupciones derivaron en incrementos significativos de los tiempos muertos, los cuales impactaron de forma negativa en la eficiencia global de las máquinas, evidenciando la necesidad de ajustes en las condiciones operativas para mejorar el desempeño del proceso.

Tabla 9. Tren 5 desgranadoras CCM

TREN 5					
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	OEE	OEE	Observaciones
1	CCM	Desgranado	0%	0%	No funcionó la mayor parte del tiempo de monitoreo
2	CCM	Desgranado	0%	0%	No funcionó la mayor parte del tiempo de monitoreo
3	CCM	Desgranado	0%	0%	No funcionó la mayor parte del tiempo de monitoreo
4	CCM	Desgranado	0%	0%	No funcionó la mayor parte del tiempo de monitoreo
PROMEDIO			0%	0%	No funcionó la mayor parte del tiempo de monitoreo

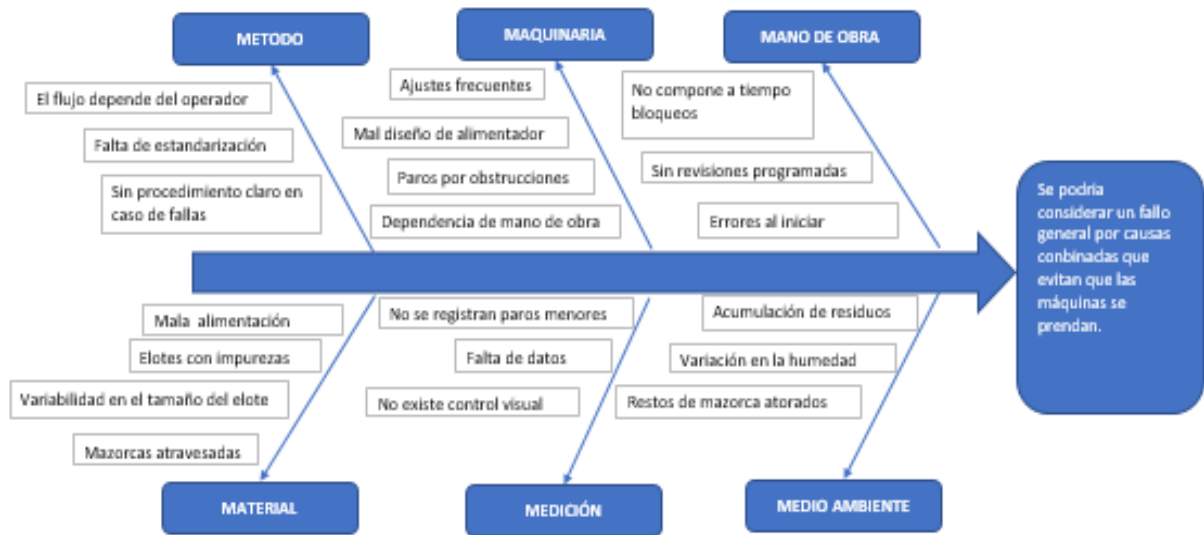


Ilustración 8. Diagrama de Ishikawa tren 5

En el análisis del quinto tren de desgranado, no se contó con un número suficiente de muestras que permitiera obtener información clave para el cálculo de la eficiencia de las máquinas, por lo que no fue posible determinar un porcentaje de OEE. Esta limitación se debió principalmente a la inactividad recurrente de los equipos, así como a la falta de registros operativos durante el periodo de estudio.

La inactividad observada se explicó por el hecho de que, al ser puestos en operación, estos equipos generaban mayores incidencias operativas en comparación con los demás trenes, lo que demandaba una mayor asignación de personal para mantener el flujo del proceso. Ante esta situación, se optó operativamente por no activar dichas máquinas. Los resultados indicaron que el funcionamiento de este tren no resultó compatible con los requerimientos de rapidez y eficiencia que demanda el área de desgranado, evidenciando una clara área de oportunidad para la toma de decisiones relacionadas con su operación o sustitución.

Tabla 10. Tren 6 deshojadoras

TREN 6					
Máquina N°	Marca	Proceso (Deshojado/Desgranado)	OEE	OEE	Observaciones
1	A&K	Deshojado	31.04%	31.04%	Se atorán los elotes porque llegan parados a los rodillos
2	Hughes	Deshojado	37.08%	37.08%	Tenía dos elotes atorados en la caída de la alimentación a los costados
3	Hughes	Deshojado	56.24%	56.24%	S/N Observaciones
4	Hughes	Deshojado	48.95%	48.95%	S/N Observaciones
PROMEDIO			43.33%	43.33%	S/N Observaciones



Ilustración 9. Diagrama de Ishikawa tren 6

En el análisis del sexto tren, correspondiente al único tren de deshojadoras, se identificaron diversas observaciones operativas, aunque con una frecuencia menor en comparación con los trenes de desgranadoras. Esta situación se debió a que dichas máquinas no fueron evaluadas durante el mismo intervalo de tiempo que el resto de los trenes; sin embargo, el problema operativo resultó más evidente, lo que provocó que los datos comenzaran a repetirse conforme avanzaba la observación.

Al igual que las desgranadoras marca Hughes, este tren presentó limitaciones en la disponibilidad de información, particularmente en lo referente a datos operativos clave; aun así, los registros obtenidos resultaron relevantes y representativos para el análisis. El promedio de eficiencia global del equipo (OEE) se ubicó en 43.33%, valor que se encuentra muy por debajo del nivel considerado inaceptable, de acuerdo con el criterio establecido.

Entre los principales factores que afectaron negativamente el desempeño del tren se identificaron la acumulación de residuos, la presencia de elotes atorados parcialmente deshojados, así como el desgaste mecánico de las máquinas. Estas condiciones provocaron paros improductivos, disminución en la fluidez del proceso y una afectación directa en la eficiencia operativa de las deshojadoras.

Derivado de estos resultados, se evidencia la necesidad de sistematizar el proceso de desgranado, mediante la documentación de procedimientos estandarizados, la definición clara de flujos de operación, la asignación de responsables, el uso de formatos de registro y el establecimiento de criterios de control de calidad, con el fin de mejorar la confiabilidad de la información y favorecer la toma de decisiones orientadas al incremento de la eficiencia del proceso.

7.2.2 Diagrama de flujo área de desgranado

Como parte del proceso de sistematización del desgranado de maíz amarillo, se elaboró un diagrama de flujo con el propósito de representar de manera gráfica y secuencial las actividades que conforman el proceso, desde la recepción del elote hasta la obtención del grano. Este diagrama permitió visualizar el flujo de operación, identificar puntos de decisión, tiempos de espera, retrabajos y posibles cuellos de botella, facilitando así la comprensión integral del proceso actual y sirviendo como base para el análisis de mejoras y estandarización de las operaciones (ver ilustración 10).



Ilustración 10. Diagrama de flujo área desgranado

Descripción del diagrama de flujo

1. Alimentación al proceso

La alimentación del proceso inicia con la colocación de las tinas que contienen los elotes sobre una plataforma inclinable, la cual se eleva mediante la acción de dos pistones hidráulicos. Esta inclinación permite el deslizamiento controlado de los elotes hacia una banda transportadora metálica, que los conduce a un elevador. Posteriormente, otra banda transportadora dirige los elotes hasta los vasos de alimentación de las deshojadoras.

De manera paralela, los insumos complementarios del proceso, tales como sal fina, azúcar (utilizada únicamente para el producto tipo choclo) y material de empaque, son trasladados desde sus áreas de almacenamiento correspondientes hasta el área de proceso mediante el uso de montacargas.

2. Almacenamiento transitorio

Previo a la operación de deshojado, los elotes son depositados en una tolva que funciona como almacenamiento temporal, cuya finalidad es asegurar el abastecimiento continuo y uniforme de las deshojadoras, evitando interrupciones en la operación por falta de materia prima.

3. Deshojado

La operación de deshojado se realiza de forma mecánica. El sistema cuenta con un vibrador que regula la alimentación del elote hacia un conjunto de pares de rodillos que giran en sentido contrario. Este movimiento permite que las hojas del elote queden atrapadas entre los rodillos y sean desprendidas mediante un arrastre descendente, separando la mazorca de las hojas. Los residuos vegetales son evacuados a través de bandas transportadoras, mientras que los elotes deshojados caen hacia la banda de selección.

4. Selección

En esta etapa se lleva a cabo la inspección visual del elote con el objetivo de identificar y retirar piezas que presenten defectos físicos, tales como quiche, mazorcas tiernas, vacías o deshidratadas, manchas, pedacería u otras condiciones que puedan afectar la calidad y apariencia del grano. En los casos en que se detecten mazorcas con presencia de hoja, estas son redirigidas mediante un chute de retorno hacia la etapa de deshojado para su reprocesamiento.

5. Lavado

Posteriormente, los elotes pasan por un sistema de lavado por aspersión de agua, compuesto por una banda de rodillos que facilita la eliminación de residuos como quiche, hojas sueltas, jilotes e insectos. Durante esta operación se adiciona hipoclorito de sodio con el fin de mantener una concentración de cloro residual en un rango de 7 a 9 ppm, garantizando condiciones adecuadas de higiene y sanidad del producto.

6. Selección mecánica por tamaño y transporte

Los elotes deshojados son transportados hacia un sistema vibratorio que cuenta con guías de direccionamiento, las cuales conducen la mazorca hacia una compuerta regulada para la eliminación de elotes de tamaño pequeño. Estos elotes caen sobre una banda transportadora que los conduce a una estación de corte manual, donde son alimentados de forma individual para su desgranado. Las piezas excesivamente pequeñas son descartadas, mientras que los elotes que cumplen con las dimensiones establecidas continúan su traslado, mediante vibradores, hacia el sistema de desgranado automático.

7. Corte (desgranado) y transporte de grano

Esta etapa está conformada por un sistema de guías alimentadoras que orienta la mazorca en posición de punta, asegurando una alimentación adecuada. Posteriormente, una banda transportadora dirige el elote hacia un conjunto de navajas circulares que giran de manera sincronizada, permitiendo el corte y

desprendimiento del grano. En la parte inferior de las desgranadoras se dispone de una canaleta vibratoria dividida en tres secciones: una para los elotes que no fueron desgranados correctamente y que son enviados a reproceso, otra destinada a la descarga de los elotes, y una sección central que transporta el grano hacia la etapa de limpieza mecánica.

8. Limpieza mecánica

La limpieza mecánica del grano se realiza mediante un cilindro giratorio perforado. Durante su rotación, los granos atraviesan los orificios del cilindro y caen sobre una banda transportadora, mientras que los residuos de mayor tamaño, tales como hojas y pedacitos de quiche, permanecen en el interior del cilindro y son descargados hacia el área de desecho.

9. Lavado de grano por flotación

El grano limpio es alimentado a una lavadora por flotación, donde sedimenta debido a su mayor peso específico. Los componentes livianos, como hollejo, fragmentos de hoja y quiche, son separados por efecto de flotación. El sistema consta de un recipiente con una serie de láminas que regulan el nivel del agua, evitando el arrastre del grano y permitiendo su sedimentación. Posteriormente, el grano es impulsado mediante un flujo de agua hacia la superficie a través de una descarga tipo cuello de ganso, cayendo en un separador de sólidos que permite la recuperación del agua y el envío del grano a la siguiente etapa. Los residuos flotantes son conducidos junto con el agua hacia la descarga de desperdicio, pasando igualmente por un separador de sólidos, y finalmente son transportados por una banda hacia el área de recolección de basura.

10. Selección manual

En esta etapa, el grano de elote es alimentado sobre una banda sanitaria con el objetivo de realizar una inspección visual final. Se eliminan aquellos granos que presenten defectos de calidad, tales como manchas, fragmentos de quiche u otras anomalías que puedan afectar la apariencia y calidad del producto final.

11. Bombeo y separación de sólidos

La función de esta operación es bombear el grano mediante una tubería de acero inoxidable hacia un separador de sólidos. En este punto, el grano es descargado hacia un tanque de almacenamiento transitorio, mientras que el agua es recirculada nuevamente al sistema de bombeo para su reutilización en el proceso.

12. Almacenamiento transitorio y alimentación a proceso

El almacenamiento del grano se realiza en un tanque de acero inoxidable provisto de alimentación continua de agua limpia y un sistema de *overflow* que permite el recambio constante del líquido. El operador mantiene la comunicación operativa necesaria para asegurar que el tanque conserve el nivel adecuado de grano y, de manera simultánea, controla la alimentación al proceso mediante la apertura y cierre de válvulas de descarga, permitiendo que el grano sea conducido a la siguiente etapa a través de tuberías de acero inoxidable.

7.2.3 VSM actual

Como parte de la sistematización del proceso de desgranado de maíz amarillo, se elaboró el Mapa de la Cadena de Valor del estado actual (ver ilustración 11), con el objetivo de representar de manera integral el flujo de materiales e información a lo largo del proceso productivo. Este mapeo permitió visualizar de forma estructurada cada una de las operaciones involucradas, así como los tiempos de ciclo, tiempos muertos, inventarios en proceso y puntos de acumulación.

El VSM Actual facilitó la identificación de actividades que no agregan valor, tales como esperas, reprocesos, paros no programados y transportes innecesarios, además de evidenciar los cuellos de botella presentes en el área de desgranado. Asimismo, permitió analizar la interacción entre los equipos, el personal y los flujos de información, proporcionando una visión clara del desempeño real del proceso.

Los resultados obtenidos a partir del VSM sirvieron como línea base para el diagnóstico del sistema productivo, sustentando la priorización de problemáticas

críticas y estableciendo los fundamentos para el diseño del VSM Futuro y la posterior propuesta de estrategias Lean orientadas a la mejora de la eficiencia, la reducción de desperdicios y el incremento de la productividad del área.

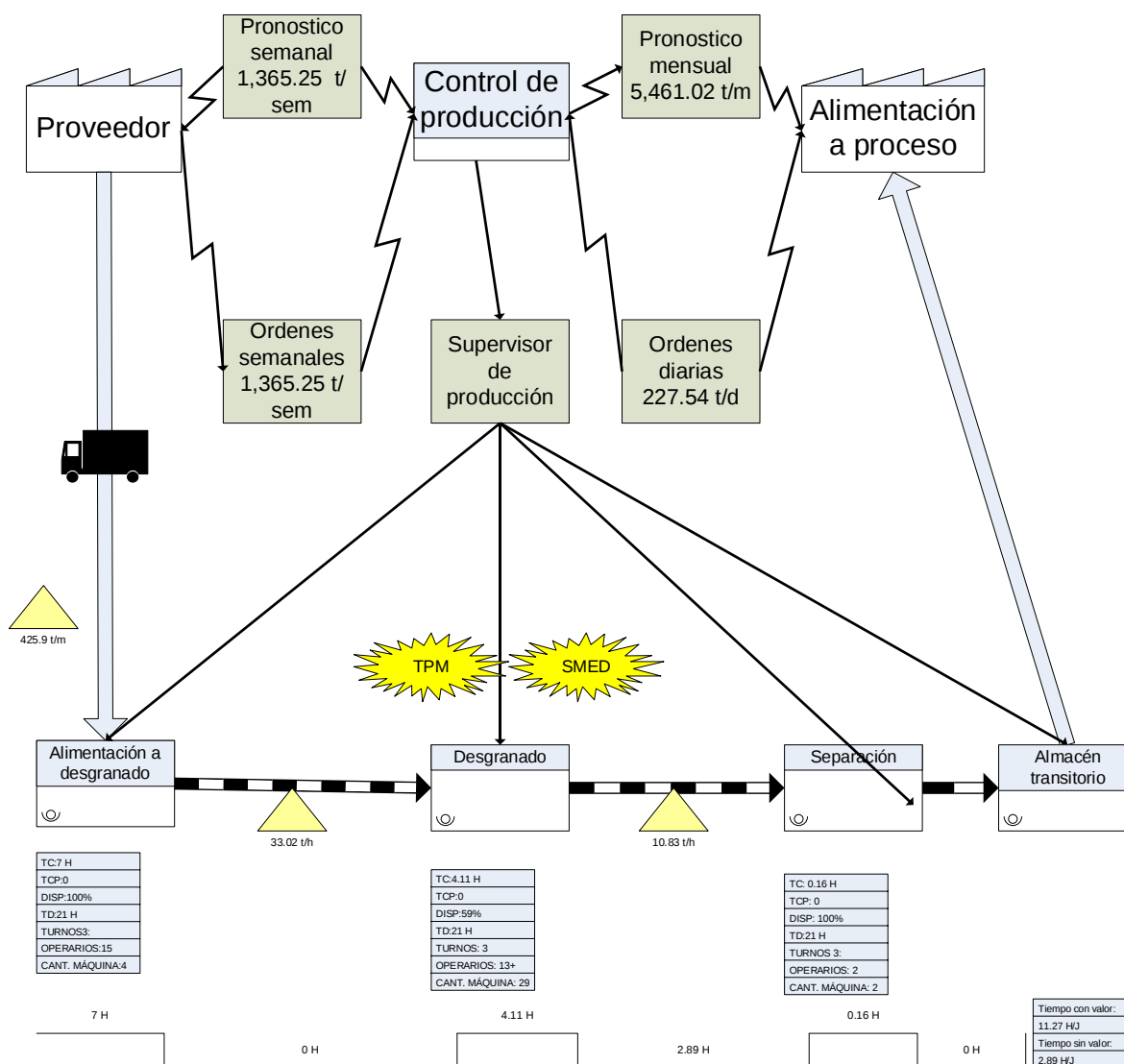


Ilustración 11. VSM Actual área de desgranado

El VSM Actual se elaboró con la finalidad de visualizar las áreas del proceso afectadas por ineficiencias operativas y por la ausencia de un enfoque estructurado de mejora continua. A partir de este análisis, se identificó que la etapa de

desgranado es la más impactada, registrando en promedio 2.89 horas de tiempo muerto por máquina. Esta condición se refleja en un desempeño limitado del proceso, ya que, mientras el flujo de entrada es de aproximadamente 33.02 toneladas por hora, únicamente se procesan 10.83 toneladas por hora en esta operación.

Asimismo, se determinó que el tiempo productivo promedio fue de 4.11 horas, considerando una jornada total de 7 horas analizadas en el VSM Actual, lo cual evidencia una pérdida significativa de capacidad operativa asociada principalmente a paros no programados y fallas en los equipos.

Con base en los hallazgos del VSM Actual, se proponen acciones de mejora enfocadas en el fortalecimiento del mantenimiento preventivo y proactivo, integradas a la filosofía de Lean Manufacturing, con el objetivo de reducir los tiempos muertos, incrementar el tiempo productivo efectivo y mejorar la velocidad de procesamiento, contribuyendo así a un flujo más continuo y eficiente en el área de desgranado.

7.2.4 VSM futuro

Con base en los resultados obtenidos del VSM Actual y en el análisis de las principales ineficiencias detectadas en el proceso de desgranado de maíz amarillo, se diseñó el Mapa de la Cadena de Valor del estado futuro (VSM Futuro). Este mapeo tuvo como propósito establecer un escenario operativo mejorado, orientado a la reducción de desperdicios, la optimización del flujo de materiales e información y el incremento de la eficiencia global del proceso.

El VSM Futuro incorpora la implementación de estrategias Lean Manufacturing, tales como el fortalecimiento del mantenimiento preventivo y proactivo, la estandarización de operaciones, la reducción de tiempos muertos y la mejora en la confiabilidad de los equipos, como se observa en la ilustración 12. Asimismo, se plantea una mejor sincronización entre las etapas del proceso, con el fin de disminuir acumulaciones, reprocesos y paros no programados, logrando un flujo más continuo y estable.

Este mapa representa una propuesta de mejora factible, alineada a las capacidades actuales de la planta y orientada a maximizar el aprovechamiento del tiempo productivo, aumentar la capacidad efectiva de procesamiento y establecer las bases para un sistema de mejora continua en el área de desgranado.

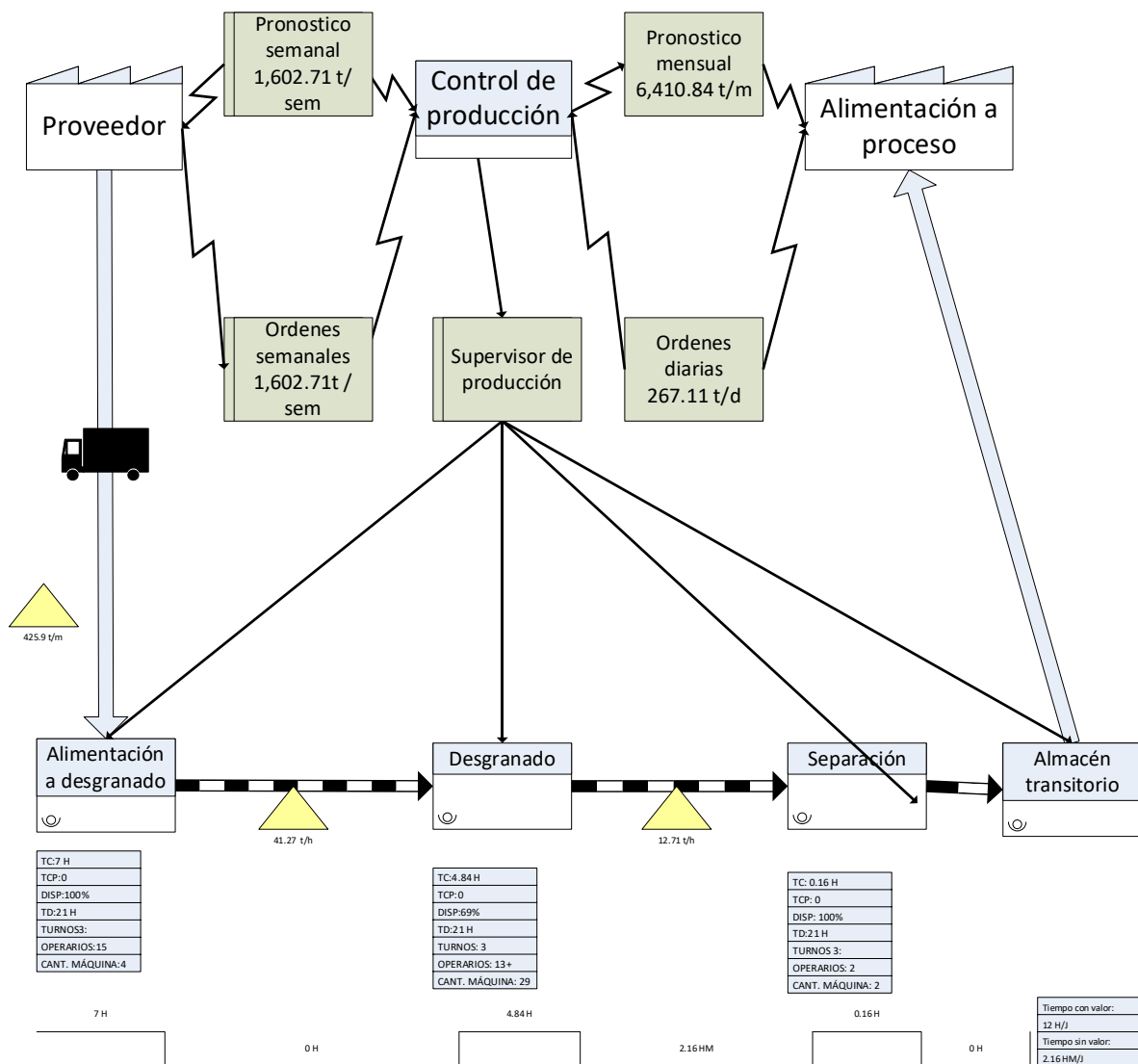


Ilustración 12. VSM futuro área de desgranado

El VSM Futuro que se presenta en este apartado representa un escenario en el cual se contemplan las acciones necesarias para mejorar el desempeño del área de desgranado, considerando los principales defectos y causas que generaban la mayor parte de las ineficiencias identificadas en el estado actual. En este contexto, la implementación de metodologías de mejora continua, particularmente TPM y SMED, de manera individual o combinada, permite visualizar el impacto potencial que dichas herramientas pueden generar en la operación.

Con base en estudios previos y en experiencias documentadas relacionadas con la aplicación de metodologías Lean Manufacturing, se estima que la eficiencia

del proceso podría incrementarse hasta en un 25%, lo cual se traduciría en una reducción significativa de los tiempos muertos y un incremento en los tiempos de ciclo efectivos (TC). Este escenario proyectado evidencia una mejora sustancial en la continuidad del flujo y en el aprovechamiento de la capacidad instalada.

No obstante, el VSM Futuro también permite identificar posibles restricciones operativas, entre las que destaca la capacidad de alimentación de las deshojadoras, la cual podría convertirse en un factor limitante para el área si no se acompaña de ajustes en la logística de suministro y en la coordinación entre procesos. Por ello, se resalta la importancia de complementar la implementación de las herramientas Lean con acciones orientadas al balanceo de líneas y al aseguramiento del abastecimiento continuo.

7.2.5 Layout del área de desgranado

El layout del área de desgranado refleja la disposición física de los equipos, estaciones de trabajo y zonas de almacenamiento tal como operan en la situación presente (ver ilustración 13). Su análisis permitió identificar la forma en que se desarrollan los flujos de materiales, el desplazamiento del personal y la interacción entre las distintas etapas del proceso productivo.

El estudio del layout actual sirvió como punto de partida para la identificación de áreas de oportunidad, proporcionando los elementos necesarios para plantear un rediseño orientado a la mejora del flujo, la reducción de desperdicios y el incremento de la productividad, en alineación con los principios de Lean Manufacturing.

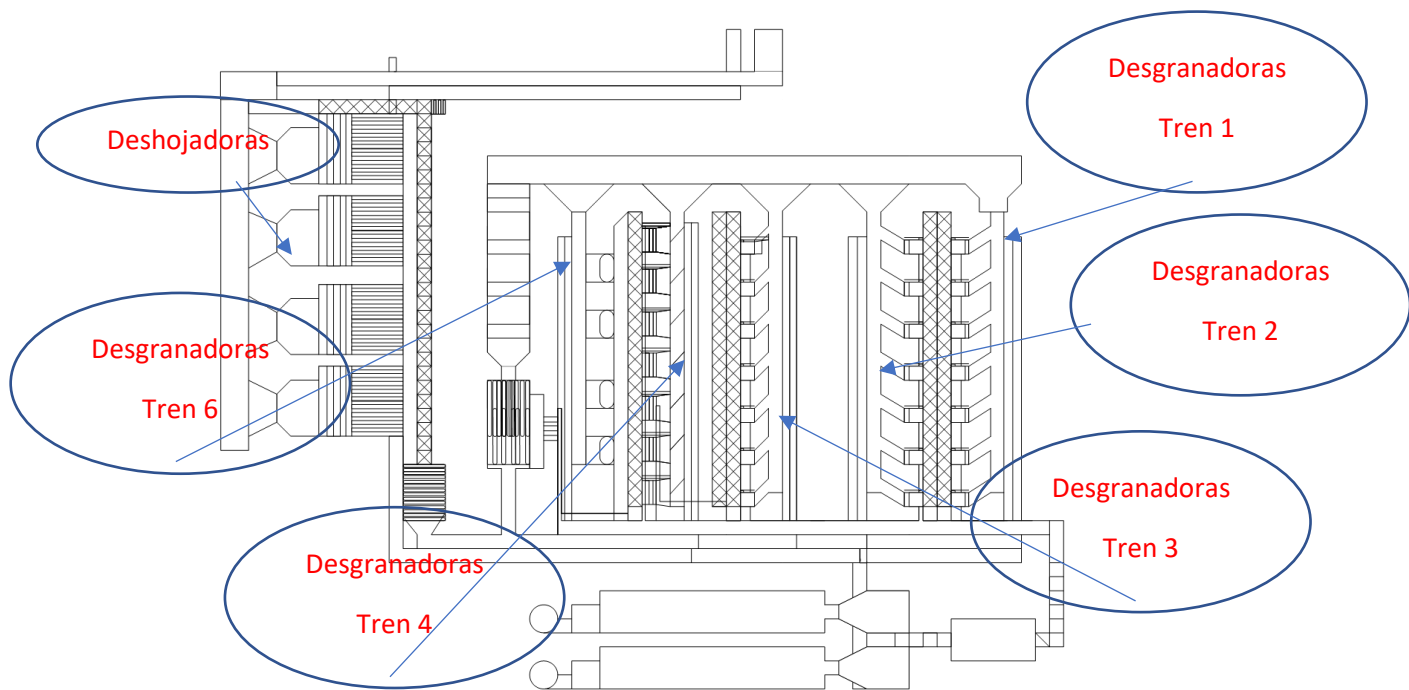


Ilustración 13. Layout área de desgranado

7.3 Diseño de estrategias de mejora continua, basadas en herramientas Lean Manufacturing

7.3.1 Propuesta de mejora SMED (Single Minute Exchange of Die) en el área de desgranado

Una de las propuestas de mejora se basó en la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), la cual se diseñó con el objetivo de reducir los tiempos improductivos asociados a los cambios, ajustes y reinicios del proceso de desgranado, identificados durante el diagnóstico del área como una de las principales causas de ineficiencia (ver tabla 11).

Tabla 11. Propuesta de mejora SMED

Elemento	Descripción
Nombre de la propuesta	Implementación de la metodología SMED en el área de desgranado
Objetivo	Optimizar los tiempos de preparación, ajuste y acondicionamiento de deshojadoras y desgranadoras, reduciendo paros y aumentando la disponibilidad operativa del proceso.
Problemática que abarca	-Tiempos excesivos de ajuste y cambio de navajas. -Bloqueos por mala alineación de guías y rodillos. -Ausencia de procedimientos estandarizados de setup. -Preparación realizada dentro del tiempo de máquina detenida.
Etapas 1: Estudio del proceso actual	-Registro y cronometraje de actividades de ajuste -Clasificación de actividades internas y externas.
Etapas 2: Separación de actividades internas y externas	Externas: preparación de herramientas, preajuste de guías, inspección visual previa. Internas: cambio de navajas, alineación final, desbloqueo de elotes.

Etapa 3: Conversión de internas y externas	-Implementación de kits de navajas preensambladas. -Instalación de perillas de ajuste rápido (quick-release). -Preajuste de guías con plantillas fuera de línea.
Etapa 4: Optimización y estandarización	-Creación de SOP de setup rápido. -Checklist SMED por turno. -Carro de herramientas SMED organizado bajo 5S. -Marcas visuales para ajustes recurrentes.
Indicadores de desempeño (KPIs)	-Reducción de tiempos de ajuste. -Incremento del OEE. -Reducción de atoramiento. -Mayor fluidez en la alimentación a proceso. -Mejora en corte.
Resultados esperados	-Aumento de disponibilidad del equipo. -Limpieza y ajustes más eficientes. - Proceso más estable y continuo.

7.3.2 Propuesta de mejora TPM (Total Productive Maintenance) en deshojadoras y desgranadoras

La propuesta de mejora basada en la metodología TPM (Total Productive Maintenance) se planteó con la finalidad de incrementar la confiabilidad operativa, disponibilidad y desempeño de las deshojadoras y desgranadoras del área de desgranado, las cuales presentaron altos niveles de paros no programados, tiempos muertos y fallas recurrentes durante la etapa de diagnóstico. A partir de los resultados obtenidos mediante el análisis del OEE, el diagrama de Ishikawa y el VSM actual, se identificó que el desgaste de los equipos, la acumulación de residuos y la ausencia de un mantenimiento sistemático impactaban negativamente en la eficiencia del proceso. En este contexto, la implementación de TPM se propone como una estrategia de mejora continua orientada a prevenir fallas, reducir pérdidas y fomentar la participación del personal operativo en el cuidado y mantenimiento de los equipos, contribuyendo así a la estabilidad del proceso y al incremento de la productividad en el área (Tabla 12).

Tabla 12. Propuesta de mejora TPM

Elemento	Descripción
Nombre de la propuesta	Implementación del programa TPM en deshojadoras y desgranadoras
Objetivo	Aumentar la disponibilidad, confiabilidad y vida útil de los equipos mediante mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado.
Problemática que abarca	-Fallas frecuentes por acumulación de hoja y pedacería. -Desalineación de rodillos. -Navajas desgastadas sin control de vida útil.

	-Deficiencias en limpieza, lubricación y revisiones. -Mantenimiento correctivo mayor al preventivo.
Pilar: Mantenimiento autónomo	-Limpieza externa por turno. -Retiro de pedacería en zonas críticas. -Chequeo de bandas, guías y navajas. -Lubricación básica. -Checklist AM por turno
Pilar: Mantenimiento planificado	-Revisión semanal de torque en componentes críticos. -Alineación mensual de rodillos y guías. -Sustitución programada de navajas con cartuchos preensamblados. -Lubricación profunda mensual. -Análisis de fallas recurrentes.
Pilar: Mejoras enfocadas	-Instalación de deflectores en puntos de acumulación. -Ampliación de chutes de olote. -Sensores de alimentación para evitar sobrecarga. -Guardas para evitar ingreso de material extraño.
Pilar: capacitación	-Entrenamiento en detección temprana de anomalías. -Capacitación técnica básica en ajustes menores. -Formación de equipos Kizen para análisis de fallas.

Indicadores de desempeño	-Disponibilidad. -Reducción de fallas repetitivas. -Reducción de atoramientos. -Incremento del MTBF.
Resultados esperados	-Menor número de paros correctivos. -Proceso más estable y predecible. -Mayor eficiencia global del equipo. -Vida útil extendida de navajas, rodillos y bandas.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusión

El desarrollo del presente estudio permitió concluir que el área de deshojado y desgranado de maíz amarillo presentaba pérdidas significativas de productividad derivadas de la falta de estandarización, fallas recurrentes en los equipos y una alimentación irregular del producto. Mediante el uso de herramientas de diagnóstico como el Diagrama de Ishikawa y el VSM Actual, se identificó que la etapa de desgranado era la más afectada, registrando un promedio de 2.89 horas de tiempo muerto por máquina en una jornada de siete horas, lo que evidencia una pérdida crítica de capacidad operativa.

La evaluación del desempeño a través del indicador OEE confirmó un estado de ineficiencia generalizado: el 78.5% de las máquinas desgranadoras (22 de 28 evaluadas) y la totalidad de las deshojadoras se ubicaron en un rango de rendimiento "inaceptable" (menor al 65%). Estas ineficiencias se atribuyeron principalmente a factores como el desgaste de componentes, la acumulación de residuos vegetales y la falta de un mantenimiento autónomo estandarizado.

Ante este escenario, el diseño de estrategias basadas en SMED y TPM constituye la solución técnica más viable para la organización. La propuesta SMED se orienta a la optimización de los tiempos de ajuste y cambio de navajas mediante la conversión de actividades internas a externas, mientras que el programa TPM busca fortalecer la confiabilidad de los activos a través del mantenimiento autónomo y planificado. De acuerdo con las proyecciones del VSM Futuro, la implementación de estas metodologías tiene el potencial de incrementar la eficiencia del proceso hasta en un 25%, logrando un flujo más estable y predecible.

Finalmente, se concluye que la adopción de los principios de *Lean Manufacturing* no solo permite una reducción sistemática de los desperdicios y mermas, sino que sienta las bases para una cultura de mejora continua. Esto fortalece la competitividad de la empresa al transformar un sistema operativo

inestable en uno de alta confiabilidad, asegurando la sostenibilidad del proceso productivo a largo plazo.

Recomendaciones

- Extender la metodología TPM hacia todas las áreas posibles para mejorar la confiabilidad del proceso.
- Implementar un programa formal de cambio rápido (SMED) para reducir tiempos de ajuste y limpieza.
- Estandarizar los procedimientos de alimentación, mantenimiento básico y retiro de mermas.
- Reforzar la capacitación del personal en prácticas Lean y en el uso correcto de las máquinas deshojadoras y desgranadoras.
- Realizar estudios adicionales que evalúen el impacto de las mejoras en otras áreas del proceso, permitiendo replicar los resultados en toda la planta.

IX. REFERENCIAS.

- Abideen, Z. U. y Ravi, V. (2024). Integración de Lean con tecnologías de Industria 4.0 en líneas de alimentos.
- Almanza, M. M. y Archundia, F. E. (2015). *El Outsourcing y la Planeación Fiscal en México*. México: Eumed.
- Alzahrani, A. y Mohammed, S. (2023). Incrementos del OEE tras la aplicación de TPM en empresas alimentarias.
- Andreu, N. (2024). *¿Qué es el Lean Manufacturing?*.
- Arturo, J. (2025). *Mantenimiento industrial y su importancia*.
- Banco Mundial. (s.f.). *Seguridad alimentaria*.
- Batwara, A., et al. (2023). Reducciones en tiempos de ciclo mediante VSM y enfoques ambientales Green-VSM.
- Betancourt, D. (2022). *Capacidad programada y real en la producción*.
- Castañeda, J. (2022). Metodología 5S y control visual en plantas de alimentos.
- Chávez, J., et al. (2020). Aumento del rendimiento mediante Lean Production Management en empresas procesadoras de alimentos.
- Costa, L. (2025). *Value Stream Mapping (VSM) en la filosofía Lean*.
- Cusiato, R. (2024). Aplicación de Lean Manufacturing y metodologías híbridas en la industria alimentaria.
- Díaz-Ruiz, et al. (2020). Lean Manufacturing e inocuidad alimentaria en la industria de conservas.
- Dora, M., et al. (2014). Aplicación de herramientas Lean en PYMEs de procesamiento de alimentos.
- García, J. (2012). *Representación gráfica y simbología de los diagramas de flujo*.
- Gerónimo, L. (2022). Reducción de tiempos de preparación tras la aplicación de SMED en el sector agroindustrial.
- González, A. (2025). *Optimización de procesos mediante máquinas desgranadoras*.
- Herrera, M. y Yusuf, A. (2021). Lean Manufacturing y sistemas de inocuidad HACCP en líneas de enlatado.

- Ingenius. (2017). *Modernización de operaciones agroindustriales y desgranadoras mecánicas*.
- Ishikawa, K. (1986). *Guía de control de calidad: El diagrama de causa-efecto*.
- Isidro Castelán, H. y Vázquez Nieto, O. (2012). *Eficiencia y consumo de energía en el funcionamiento de desgranadoras mecánicas*.
- Jones, D. y Womack, J. (2012). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*.
- Krajewski, L., et al. (2013). *Administración de operaciones: Layout y distribución de planta*.
- Kumar, S., et al. (2023). Tecnologías de Industria 4.0 y sensores inteligentes en líneas de alimentos perecederos.
- León-Hernández, et al. (2021). Retos de las PYMEs en la implementación de herramientas Lean.
- López Telenchana, et al. (2024). Aplicación de Lean Six Sigma para la mejora de la eficiencia productiva y calidad.
- Maalouf, M. (2019). Aplicación de SMED para la reducción de tiempos de cambio en el sector agroindustrial.
- Monteiro, R. (2024). Adaptación de las herramientas Lean a la variabilidad de la materia prima en el sector alimentario.
- Moubray, J. (1997). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM2)*.
- Méndez, G. G. R., Medina, D. E. M., & López, R. N. O. (2022). Productividad, aspectos que benefician a la organización. Revisión sistemática de la producción científica.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*.
- Norton, A. y Fearn, A. (2020). Mejoras operativas y aplicación del VSM en plantas alimentarias.
- Nueva Escuela Mexicana. (2025). *Estandarización y calidad en los procesos operativos*.
- Nueva Escuela Mexicana. (2025, 11 junio). Producción: Concepto, características y ejemplos clave.

- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos (ISO 9001:2015)*.
- Pérez, R. (2016). *Indicadores de Producción (KPIs): Lo que no se mide, no se puede mejorar*.
- Pereira, N. M. (s. f.). Conociendo el Maíz y su proceso de Industrialización.
- Real Academia Española. (s.f.). *Diccionario de la lengua española: Definición de maíz y desgranado*.
- Rojas-Valverde, D. (2024). Estrategias de TPM y OEE para aumentar la disponibilidad en procesamiento y envasado.
- Ramos, J., et al. (2022). Estudio comparativo de sistemas de desgranado de maíz, en base a criterios de sostenibilidad.
- Seijo, R. (2025). *OEE: El indicador clave para la eficiencia en la manufactura*.
- Singh, S., et al. (2021). Mejoras en tiempos de búsqueda y reducción de contaminación cruzada mediante 5S.
- Suzuki, T. (1994). *TPM en industrias de proceso*.
- UNE-EN 10020. (2001). *Definición y clasificación de los tipos de acero para maquinaria industrial*.
- Webmaster & Webmaster. (2023). *Productividad e ineficiencia en el uso de recursos industriales*.