

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UNA MÁQUINA CALIBRADORA DE
TOMATES**

Trabajo de Titulación para optar al título de
Ing. Mantenimiento Industrial

Alumno:

Sr. Luis Alarcón Vásquez

Profesor Guía:

Mg. Ing. Félix Pizarro Martínez

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UNA MÁQUINA CALIBRADORA DE TOMATES

Nombre del candidato(a): Luis Esteban Alarcón Vásquez

Carrera / Grado: Ingeniería en mantenimiento Industrial

Campus: Viña del Mar ; **Departamento:** Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Félix Pizarro Martínez , en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 01/09/2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 01/09/2025

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal proponer un rediseño funcional para una máquina calibradora de tomates, con el propósito de optimizar el proceso de clasificación y reducir las pérdidas generadas por daños en el producto. A través de un diagnóstico técnico y operacional, se identificaron diversas deficiencias estructurales y operativas, tales como la acumulación excesiva de tomates en las cintas transportadoras, el daño físico por fricción con componentes metálicos y la ausencia de un control dinámico de velocidad que permita regular el flujo de trabajo según la carga procesada.

El trabajo se desarrolla en tres etapas: en primer lugar, se establecen los fundamentos teóricos relacionados con la producción y clasificación de tomates, así como el funcionamiento general de las máquinas calibradoras. Luego, se describe en detalle la máquina en estudio, su desempeño actual y las principales problemáticas detectadas durante el proceso de calibración. Finalmente, se presenta una propuesta de rediseño que contempla la incorporación de un sistema de regulación de velocidad mediante variador de frecuencia y potenciómetro, además de la implementación de láminas de caucho en zonas críticas para mitigar el daño en los frutos.

Con estas mejoras se busca no solo aumentar la eficiencia operativa y la calidad del producto final, sino también optimizar el trabajo del personal, reduciendo el estrés operativo y facilitando un entorno laboral más organizado. Los resultados proyectados evidencian una disminución significativa en las pérdidas económicas y una mejora en la rentabilidad del proceso agrícola.

Palabras Claves: “*Maquina calibradora de tomates*”, “*Calibre de los tomates*”, “*Cosecha*”, “*Rediseño*”, “*Desperdicio*”.

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ÍNDICE.....	3
ÍNDICE DE FOTOS.....	6
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	7
ÍNDICE DE DISEÑOS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	8
SIGLAS Y SÍMBOLOS.....	9
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA CLASIFICACIÓN, SELECCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL TOMATE.....	3
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA CLASIFICACIÓN, SELECCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL TOMATE.....	4
1.1. EL TOMATE: PRODUCTO CLAVE EN EL SECTOR AGRÍCOLA Y SU IMPACTO EN EL MERCADO GLOBAL.....	4
1.2. PROCESO DE COSECHA: CLAVE PARA LA CALIDAD Y PRECISIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATES.....	6
1.3. TRANSPORTE DEL TOMATE: PRESERVANDO LA CALIDAD DEL FRUTO HACIA LA CLASIFICACIÓN.....	8
1.4. CLASIFICACIÓN DE TOMATES SEGÚN ESTÁNDARES DE CALIDAD: IMPACTO EN EL VALOR COMERCIAL.....	10
1.5. MÁQUINAS CALIBRADORAS EN LA INDUSTRIA AGRÍCOLA: OPTIMIZACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN Y EFICIENCIA.....	12
1.6. EFICIENCIA OPERATIVA Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA: CLAVES PARA LA RENTABILIDAD.....	14
1.7. IMPACTO DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA AGRICULTURA: EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN..	16
1.8. FACTORES AMBIENTALES Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL TOMATE: INFLUENCIA EN LA CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN.....	17

1.9.	CONCLUSIÓN DEL CAPITULO	19
<i>CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DE LA MÁQUINA CALIBRADORA DE TOMATES.....</i>		
<i>2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DE LA MÁQUINA CALIBRADORA DE TOMATES.....</i>		
2.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA MÁQUINA CALIBRADORA	23
2.2.	FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN.....	24
2.2.1.	ALIMENTACIÓN MANUAL Y TRANSPORTE INICIAL.....	25
2.2.2.	TRANSPORTE, SECADO Y LIMPIEZA DE TOMATES.	25
2.2.3.	CLASIFICACIÓN POR CALIBRES MEDIANTE MALLAS CALIBRADORAS.	26
2.2.4.	VERIFICACIÓN DE CALIDAD Y SELECCIÓN MANUAL.....	27
2.2.5.	PESAJE Y EMPAQUE FINAL.	27
2.2.6.	ELEMENTOS EXTERNOS DE APOYO.	28
2.3.	FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DE LA MÁQUINA.....	28
2.4.	RECOPILACIÓN DE DATOS.....	30
2.5.	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.	37
<i>CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DE REDISEÑO DE LA MAQUINA CALIBRADORA DE TOMATES.....</i>		
<i>3. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y ESTRATEGIAS DE REDISEÑO DE LA MAQUINA CALIBRADORA DE TOMATES.....</i>		
3.1.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA MAQUINA CALIBRADORA	39
3.1.1.	ANÁLISIS DEL FLUJO OPERATIVO	40
3.1.2.	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS.....	41
3.1.3.	PERDIDAS Y DAÑOS EN EL PRODUCTO PROCESADO	43
3.2.	PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN MEDIANTE REDISEÑO DE LA MÁQUINA.	62
3.2.1.	REDISEÑO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD SEGÚN EL FLUJO DE TOMATES	62
3.2.2.	REFORZAMIENTO DE ZONAS CRÍTICAS CON MATERIAL DE GOMA	65
3.3.	ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS	66
3.3.1.	PROPUESTA	66
3.3.2.	IMPACTO EN LA EFICIENCIA OPERATIVA.....	75
3.3.3.	BENEFICIOS ESPERADOS.....	76

3.4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	78
<i>CONCLUSIONES</i>	79
<i>RECOMENDACIONES</i>.....	79

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: "Alimentación Manual y Transporte Inicial - confección propia "	25
Foto 2: "Transporte, Secado y Limpieza de Tomates - confección propia "	25
Foto 3: "Transporte, Secado y Limpieza de Tomates - confección propia "	26
Foto 4: "Clasificación por Calibres mediante Mallas Calibradoras - confección propia "...	26
Foto 5: "Clasificación por Calibres mediante Mallas Calibradoras - confección propia "...	27
Foto 6: "Verificación de Calidad y Selección Manual - confección propia "	27
Foto 7: "Pesaje y Empaque Final - confección propia "	28
Foto 8: "Elementos Externos de Apoyo – confección propia"	28
Foto 9: “Tomate atrapado en sección de Calibre 9 - confección propia”	44
Foto 10: “Tomate atrapado en sección de Calibre 9 - confección propia”	44
Foto 11: “Tomate aplastado sección Calibre 7 - confección propia”	45
Foto 12: “Tomates aplastados sección Calibre 7 - confección propia”	45
Foto 13: “Tomate cortado por malla calibradora - confección propia”	46
Foto 14: “Tomate dañado en la división de calibres 7 y 8 - confección propia”	46
Foto 15: “Tomate dañado en la división de calibre 7 y 8 - confección propia”	47
Foto 16: “Cinta transportadora dañada - confección propia”	48
Foto 17: “Separación entre malla y la carcasa de contención - confección propia”	48
Foto 18: “Separación entre la malla y la plataforma calibre 9 - confección propia”	49
Foto 19: “Separación cinta transportadora y malla calibradora - confección propia”	49
Foto 20: “Separación placa y maya calibradora – confección propia”	50
Foto 21: “Pérdida de tomates por disfunción del equipo – confección propia”	50
Foto 22: “Tomate con presencia de polilla – confección propia”	52
Foto 23: “Tomate en presencia de polillas, jugo de tomate – confección propia”	52
Foto 24: “Tomate en proceso de pudrición por efecto de polilla – confección propia”	53
Foto 25: “Tomate con presencia de polillas y galerías – confección propia”	53
Foto 26: “Tomate con presencia de polilla – confección propia”	54
Foto 27: “Tomata blando – confección propia”	55
Foto 28: “Tomate partido y con presencia de pudrición – confección propia”	55
Foto 29: “Tomate con líneas bicolor – confección propia”	56
Foto 30: “Tomate con presencia de deformación en su cuerpo – confección propia”	57
Foto 31: “Tomate Rosca – confección Propia”	57
Foto 32: “Tomate Rosca – confección propia”	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: "Variedad de Tomates existentes en el mercado - confeccionado por IA "	5
Ilustración 2: "Proceso de Cosecha - confeccionado por IA "	7
Ilustración 3: "Gamela de Tomates - confeccionado por IA "	9
Ilustración 4: "Proceso de Calibración de Tomates - confeccionado por IA "	11
Ilustración 5: "Automatización en la Industria - confeccionado por IA"	13
Ilustración 6: "Sistema de regulación de velocidad – confeccionado por IA"	70

ÍNDICE DE DISEÑOS

Diseño 1: "Potenciómetro, tubería Emt 25 mm– confeccionado por diseñadora gráfica"...	71
Diseño 2: "Conexión entre tubería Emt 25 mm y Tubería Conduit flexible reforzada acero – confeccionado por diseñadora gráfica"	71
Diseño 3: "Gabinete IP65 - confeccionado por diseñadora gráfica"	72
Diseño 4: "Variador de frecuencia y conexiones con tubería Conduit flexible - confeccionado por diseñadora gráfica"	72
Diseño 5: "Tubería Emt 20 mm, caja galvanizada, conexión a motor – confeccionado por diseñadora gráfica"	73
Diseño 6: "Instalación de lámina de caucho en la superficie de salida Calibre 9 – confeccionado por diseñadora gráfica"	75
Diseño 7: "Instalación de lámina de caucho en la superficie lateral del equipo – confeccionado por diseñadora gráfica"	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: "Datos Mes de Mayo – confección propia"	31
Tabla 2: "Variables Cuantitativas Mes de Mayo – confección propia"	31
Tabla 3: "Datos Mes de Junio – confección propia"	33
Tabla 4: "Variables cuantitativas Mes de Junio – confección propia"	34
Tabla 5: "Datos Mes de Julio – confección propia"	35
Tabla 6: "Variables cuantitativas Mes de Julio – confección propia"	36
Tabla 7: “Tabla del funcionamiento paso a paso del sistema eléctrico”	64
Tabla 8: “Presupuesto valor mano de obra, para instalación eléctrica del sistema – Elaborado por un profesional con título en electricidad”	69
Tabla 9: “Presupuesto sistema regulador de velocidad - confección propia”	69
Tabla 10: “Tabla de costos asociados a la implementación de láminas protectoras de caucho”	74
Tabla 11: “Tabla de proyección de perdidas tras rediseño”	76
Tabla 12: “Tabla de proyección de tiempo tras rediseño”	76
Tabla 13: “Tabla de proyección de valores después del Rediseño.”	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos 1: “Grafico de Producción Mes de Mayo – confección propia”	32
Gráficos 2: “Grafico de Producción Mes de Junio – confección propia”	34
Gráficos 3: “Grafico de Producción Mes de Julio – confección propia”	36

SIGLAS Y SÍMBOLOS

g:	gramo
kg:	kilogramo
mm:	milímetro
cm:	centímetro
m:	metro
VFD:	Variado de Frecuencia
IVA:	Impuesto al Valor Agregado
CLP:	peso chileno
V:	voltio
A:	amperios
mA:	miliamperios
W:	vatio
kW:	kilovatio
kWh:	kilovatio hora
Ω :	ohmio
k Ω :	kiloohmio
HP:	horsepower
CV:	caballos de vapor
HZ:	hercio

INTRODUCCIÓN

La industria agrícola enfrenta constantemente el desafío de optimizar sus procesos productivos para mejorar la eficiencia operativa y reducir las pérdidas asociadas a la manipulación y clasificación de los productos. En el caso particular de la producción y selección de tomates, las máquinas calibradoras desempeñan un rol fundamental en la clasificación por tamaño, condición que incide directamente en el valor comercial del producto. Sin embargo, el desempeño de estas máquinas no siempre es óptimo, generando problemas como pérdidas por daños mecánicos en los frutos, cuellos de botella en el flujo operativo y una alta dependencia del recurso humano.

En este contexto, la presente tesis tiene como objetivo principal **proponer un rediseño funcional de la máquina calibradora de tomates**, orientado a solucionar las deficiencias estructurales y operativas observadas en el proceso actual. A través de un diagnóstico técnico y operacional de la máquina en funcionamiento, se identificaron áreas críticas que limitan la eficiencia, tales como la acumulación excesiva de tomates en las cintas transportadoras, el impacto negativo de elementos metálicos sobre el fruto, la falta de control dinámico de la velocidad de procesamiento y las pérdidas económicas por producto dañado o desperdiciado.

La propuesta de rediseño plantea la incorporación de **un sistema de regulación de velocidad mediante variador de frecuencia y potenciómetro**, permitiendo al operario adaptar el ritmo de trabajo en función del volumen de tomates procesados. Asimismo, se propone el **reforzamiento de zonas críticas de la máquina con láminas de caucho**, con el propósito de mitigar el daño físico en los tomates causado por fricciones o atrapamientos en las estructuras metálicas.

Este estudio busca no solo optimizar la calidad del producto final y reducir las pérdidas, sino también **mejorar las condiciones laborales del personal**, disminuyendo el estrés operativo asociado a un flujo descontrolado de tomates y generando un entorno de trabajo más eficiente y organizado. A través de este rediseño, se espera contribuir a la **sostenibilidad y competitividad del proceso agrícola**, incrementando la rentabilidad de la operación.

OBJETIVO GENERAL

Proponer un rediseño funcional de la máquina calibradora de tomates, a partir de la evaluación técnica y operacional de su desempeño actual, con el fin de optimizar la eficiencia en el proceso de clasificación, reducir las pérdidas por daños en el producto y mejorar las condiciones laborales del personal involucrado en la operación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los fundamentos teóricos y técnicos relacionados con la producción, clasificación y selección de tomates en la industria agrícola, así como las tecnologías asociadas al proceso de calibración, para establecer una base conceptual que sustente el estudio de la máquina calibradora.
- Describir detalladamente la estructura, el funcionamiento y el desempeño operativo actual de la máquina calibradora de tomates, identificando las principales deficiencias estructurales y operativas que afectan la eficiencia y calidad del proceso de clasificación.
- Evaluar el desempeño de la máquina calibradora en condiciones reales de operación y desarrollar propuestas de rediseño orientadas a optimizar su funcionamiento, incorporando mejoras estructurales, tecnológicas y de control, que permitan disminuir el daño en los frutos, minimizar las pérdidas y mejorar la eficiencia global del proceso.

**CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA CLASIFICACIÓN,
SELECCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL TOMATE.**

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA CLASIFICACIÓN, SELECCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL TOMATE.

El proceso postcosecha en la producción agrícola representa una de las fases más críticas que influye directamente en la calidad de los productos que llegan al mercado... En un entorno cada vez más competitivo, la capacidad de las empresas agrícolas para mantener altos estándares de calidad, mientras optimizan sus operaciones, se ha convertido en un factor clave de éxito. La **eficiencia en la clasificación y selección de productos agrícolas**, como el tomate, es fundamental para responder a las exigencias del mercado global, donde la precisión en la calidad del producto determina tanto su valor comercial como su viabilidad en la cadena de suministro.

La adopción de **tecnologías avanzadas**, como las **máquinas calibradoras**, ha permitido a las empresas mejorar significativamente sus procesos postcosecha... Estas máquinas no solo reducen los tiempos de selección, sino que también **mejoran la precisión** en la clasificación de los frutos, asegurando una mayor consistencia en los estándares de calidad. Sin embargo, el éxito de estas innovaciones tecnológicas depende de una comprensión sólida de los principios teóricos que sustentan la clasificación, así como del **uso eficiente de la tecnología** en cada etapa del proceso.

Este capítulo tiene como objetivo proporcionar un **marco teórico integral** que sirva de base para el análisis del desempeño de las máquinas calibradoras en la clasificación de tomates... Se explorarán los principales conceptos relacionados con la **clasificación según estándares de calidad**, la **eficiencia operativa** en los procesos agrícolas y la importancia de la tecnología para optimizar estos sistemas. A través de esta revisión teórica, se establecerán las bases para identificar **oportunidades de mejora** en los procesos de selección, con un enfoque en la **reducción de pérdidas postcosecha** y en la maximización del aprovechamiento del producto.

1.1.EL TOMATE: PRODUCTO CLAVE EN EL SECTOR AGRÍCOLA Y SU IMPACTO EN EL MERCADO GLOBAL.

El tomate (*Solanum lycopersicum*) ha alcanzado un lugar de indiscutible importancia dentro del sector agrícola global, debido a su gran demanda en diversos mercados y su capacidad de adaptarse a distintos tipos de cultivo y climas... Originario de América del Sur, el tomate ha logrado establecerse como uno de los productos agrícolas más comercializados a nivel mundial, contribuyendo tanto a la seguridad alimentaria como al desarrollo económico de muchas regiones. Su relevancia en la dieta de millones de personas, así como su valor nutricional, lo convierten en un elemento clave para una alimentación saludable y equilibrada.

El tomate es una excelente fuente de **vitaminas A, C y K**, así como de **potasio**, nutrientes esenciales para el buen funcionamiento del organismo. Sin embargo, uno de los componentes más destacados del tomate es el **licopeno**, un antioxidante poderoso que ha sido ampliamente estudiado por sus propiedades beneficiosas en la prevención de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Este perfil nutricional no solo ha posicionado al tomate como un alimento clave en la gastronomía mundial, sino que también ha generado una mayor demanda por parte de los consumidores preocupados por su salud.

Existen numerosas variedades de tomates, cada una de ellas adaptada a diferentes nichos del mercado en función de sus características específicas -como el tamaño, la forma y el sabor-... Entre las más destacadas están el **tomate cherry**, pequeño y de sabor dulce; el **tomate pera**, ideal para la producción de salsas debido a su textura y sabor; y el **tomate saladette**, que es popular para el consumo en fresco. Cada una de estas variedades no solo difiere en su valor comercial, sino que también requiere de técnicas agrícolas específicas que aseguren su **calidad óptima en el mercado**.



Ilustración 1: "Variedad de Tomates existentes en el mercado - confeccionado por IA "

El ciclo de producción del tomate es relativamente corto en comparación con otros cultivos, lo que lo convierte en una opción atractiva para los productores... Desde la siembra hasta la cosecha, pueden transcurrir entre **60 y 85 días**, dependiendo de factores como la variedad cultivada y las condiciones climáticas. Durante este período, es esencial un manejo adecuado del **riego**, la **fertilización** y el **control de plagas** para garantizar la producción de frutos saludables y de alta calidad. El tomate es un cultivo particularmente sensible a las fluctuaciones climáticas, lo que obliga a los productores a ser extremadamente cuidadosos con factores como la temperatura y la humedad para asegurar un crecimiento óptimo del fruto.

La fase de **cosecha** es un punto crítico para el éxito comercial del tomate... El momento en que se corta el fruto de la planta influye directamente en su calidad final. Si el tomate se cosecha demasiado pronto, no desarrolla todo su sabor ni su color característico; si, por el contrario, se cosecha demasiado tarde, el fruto puede madurar en exceso, volviéndose propenso a sufrir daños durante su manipulación y transporte. Los productores deben encontrar el equilibrio perfecto para garantizar que el tomate llegue al mercado en su punto óptimo de maduración y con las mejores condiciones posibles.

Tras la cosecha, el tomate enfrenta el desafío de **transporte y almacenamiento**, fases que son igual de importantes para preservar su calidad... Para evitar daños físicos y asegurar que el producto mantenga su frescura, los tomates se transportan en **gamelas**, cajas plásticas ventiladas que permiten la circulación adecuada de aire alrededor del fruto. Este sistema de transporte protege los tomates de los golpes y la compresión, manteniéndolos en condiciones óptimas hasta su llegada a los centros de clasificación, donde serán evaluados y distribuidos.

Finalmente, el éxito comercial del tomate depende en gran medida de su **clasificación postcosecha**... En esta fase, se evalúan características como el tamaño, la forma y el estado del fruto para determinar su categoría comercial. Los tomates de **Primera categoría** -de mayor calibre y sin imperfecciones- obtienen los precios más altos en el mercado, mientras que los de menor calidad son destinados a la **producción de salsas** o productos derivados. Las tecnologías de clasificación, como las **máquinas calibradoras**, han permitido automatizar y mejorar la precisión de este proceso, asegurando una separación más eficiente y reduciendo las pérdidas derivadas de una clasificación inexacta.

La relevancia del tomate en la agricultura moderna no solo está determinada por su valor nutricional y su alta demanda, sino también por los cuidados y la tecnología que se aplican a lo largo de su producción... Cada etapa del proceso -desde el cultivo hasta la comercialización- es esencial para asegurar que el producto final cumpla con los estándares exigidos por el mercado. A continuación, se explorará el **proceso de cosecha**, analizando las técnicas empleadas y el papel crucial de los trabajadores agrícolas en este delicado proceso.

1.2.PROCESO DE COSECHA: CLAVE PARA LA CALIDAD Y PRECISIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATES.

La **cosecha del tomate** es uno de los momentos más decisivos dentro del ciclo productivo agrícola... Es en esta etapa donde se define gran parte de la calidad final del fruto que llegará al mercado. La recolección, ya sea **manual o mecanizada**, debe realizarse con una planificación meticulosa y por un equipo humano capacitado, ya que la manipulación incorrecta de los tomates puede provocar daños irreversibles en su estructura, afectando su valor comercial. He de asegurar que los tomates sean cosechados en su punto exacto de **madurez** es esencial para que lleguen a los consumidores con el mejor sabor, color y textura.

En muchas explotaciones agrícolas, la **recolección manual** sigue siendo el método más común... Los trabajadores agrícolas son responsables de seleccionar cuidadosamente los

tomates de las plantas, utilizando herramientas como tijeras de podar o cuchillos especializados para cortar el fruto sin dañarlo. Este método permite una evaluación visual directa de cada tomate, lo que facilita la cosecha de frutos que han alcanzado su madurez óptima, evitando así que se mezclen tomates inmaduros o demasiado maduros en el mismo lote. La **destreza del recolector** es esencial para asegurar que los mejores frutos lleguen al proceso de clasificación en buenas condiciones.



Ilustración 2: "Proceso de Cosecha - confeccionado por IA "

El papel de los **trabajadores agrícolas** es crucial en este proceso... Su labor no se limita únicamente a cortar los tomates de las plantas, sino que también incluye una evaluación visual en la que deben descartar aquellos frutos que presentan defectos, plagas o daños físicos. Este nivel de intervención humana es especialmente valioso en explotaciones donde se prioriza la calidad sobre la cantidad. Sin embargo, la **recolección manual** es un trabajo físicamente demandante, que requiere largas jornadas bajo condiciones climáticas variables, lo que puede derivar en **fatiga** y **reducción de la eficiencia** con el paso de las horas. Por este motivo, garantizar **condiciones laborales adecuadas** es fundamental para asegurar una cosecha de alta calidad.

En plantaciones de mayor envergadura o con sistemas de producción más avanzados, la **cosecha mecanizada** ofrece una alternativa rápida y eficiente para la recolección de grandes volúmenes de tomate... Las máquinas cosechadoras cortan los tomates de las matas y los depositan directamente en gamelas o contenedores, lo que reduce considerablemente el tiempo y el esfuerzo humano necesario para completar la cosecha. Sin embargo, este método también presenta desafíos: las máquinas, al no poder discernir entre frutos maduros e inmaduros, pueden dañar algunos tomates durante el proceso, lo que impacta negativamente en su clasificación posterior. Por lo tanto, las explotaciones deben evaluar cuidadosamente si

la **cosecha mecanizada** es la opción más adecuada según sus necesidades y los requisitos de calidad del mercado.

Uno de los aspectos más importantes durante la cosecha es el **manejo postcosecha**... Una vez que los tomates han sido recolectados, deben ser manipulados con el máximo cuidado para evitar **golpes o presiones** que puedan dañar su piel o su estructura interna. Los tomates dañados tienden a perder su valor rápidamente, ya que tienen una vida útil mucho más corta y son más propensos a desarrollar **infecciones** causadas por hongos u otros patógenos durante el transporte o almacenamiento. Para minimizar estos riesgos, los frutos deben ser colocados en **gamelas** —cajas plásticas ventiladas— que facilitan su transporte y almacenamiento sin comprometer su integridad.

Además de los cuidados en la manipulación de los tomates, es crucial garantizar **condiciones laborales apropiadas** para los recolectores... Las largas jornadas y las difíciles condiciones de trabajo exigen que los empleados dispongan de **descansos adecuados**, acceso a **agua y sombra**, y que se implementen medidas para preservar su salud y bienestar. Un equipo saludable y bien gestionado es mucho más eficiente, lo que repercute directamente en la calidad de la cosecha.

La **coordinación entre el equipo humano y los recursos tecnológicos** disponibles en la cosecha es vital para asegurar que los tomates lleguen a los centros de clasificación en las mejores condiciones posibles... En este sentido, tanto los métodos manuales como los mecanizados tienen un impacto directo en la calidad final del producto. La elección del método de recolección dependerá de factores como el volumen de producción, las características del terreno y los **objetivos de calidad** que se quieran alcanzar.

En conclusión, el proceso de cosecha del tomate es una fase crítica que determina la calidad del producto que llegará al mercado... La elección entre recolección manual o mecanizada debe basarse en una cuidadosa evaluación de las necesidades de cada explotación, pero en ambos casos, el manejo adecuado de los frutos y las **condiciones laborales** del equipo humano son factores esenciales para preservar la integridad del tomate y garantizar una cosecha de alta calidad. Sin embargo, una vez recolectados, los tomates deben ser transportados con el mismo cuidado hasta los centros de clasificación, donde comenzará la fase de **selección y categorización** según su tamaño, forma y calidad visual.

1.3. TRANSPORTE DEL TOMATE: PRESERVANDO LA CALIDAD DEL FRUTO HACIA LA CLASIFICACIÓN.

El **transporte del tomate**, desde el momento de su cosecha hasta los centros de clasificación, es una etapa crítica en la **cadena de suministro agrícola**... Aunque a menudo no recibe la misma atención que otras fases, como la cosecha o la clasificación, su correcta gestión es esencial para garantizar que los tomates lleguen en condiciones óptimas para su procesamiento y posterior comercialización. Durante esta fase, los tomates están expuestos a

varios riesgos que pueden comprometer su calidad, como golpes, magulladuras y condiciones ambientales adversas que afectan su **vida útil y frescura**.

Una de las principales herramientas utilizadas para asegurar un transporte seguro y eficiente son las **gamelas**, cajas plásticas ventiladas diseñadas específicamente para el manejo postcosecha de productos agrícolas... Estas gamelas permiten una **circulación adecuada de aire** alrededor de los tomates, evitando la acumulación de humedad que podría propiciar el desarrollo de moho o acelerar el proceso de descomposición. Además, gracias a su diseño resistente pero ligero, facilitan la manipulación durante las **fases de carga y descarga**, tanto por parte de los trabajadores como de las máquinas, minimizando los daños en los frutos.



Ilustración 3: "Gamela de Tomates - confeccionado por IA "

El diseño de las gamelas no solo está orientado a proteger el tomate durante el transporte, sino también a **optimizar el uso del espacio** en los vehículos que los trasladan desde los campos hasta los centros de clasificación... Las gamelas pueden apilarse unas sobre otras sin aplastar los frutos, lo que asegura un aprovechamiento máximo del espacio disponible sin comprometer la calidad del producto. Además, el material plástico con el que están fabricadas es **fácil de limpiar**, lo que permite su reutilización en múltiples cosechas y minimiza el riesgo de **contaminación cruzada** entre distintos lotes de productos.

Durante el transporte, es fundamental que los **vehículos utilizados** estén adaptados a las necesidades del tomate... Los camiones o vehículos de transporte deben contar con **ventilación adecuada** y, en algunos casos, con sistemas de refrigeración que mantengan los tomates a una **temperatura controlada**. Esto es especialmente importante cuando el transporte se realiza en condiciones climáticas adversas -como altas temperaturas o niveles de humedad elevados-, ya que el **calor excesivo** puede acelerar el proceso de maduración del

tomate, reduciendo así su vida útil antes de llegar a los centros de clasificación. Mantener una **temperatura óptima** durante el transporte es crucial para preservar la **frescura y calidad** del producto hasta su llegada a los centros de selección.

El **manejo del tiempo de transporte** es otro factor clave para preservar la calidad del tomate... Cuanto más rápido se pueda realizar el traslado desde el campo hasta el centro de clasificación, menores serán las probabilidades de que los tomates sufran daños o deterioros que afecten su clasificación posterior. Por ello, la **logística** desempeña un papel crucial en esta fase, ya que una buena coordinación entre los tiempos de cosecha carga y transporte puede reducir significativamente el riesgo de que el producto pierda su frescura durante el trayecto. Además, una vez que los tomates llegan al centro de clasificación, deben ser **procesados lo más pronto posible** para evitar que el almacenamiento prolongado afecte negativamente su apariencia y frescura.

En algunos casos, el transporte se realiza a **largas distancias**, lo que aumenta la complejidad del proceso... En estos escenarios, contar con vehículos adecuados y un **sistema logístico bien planificado** es aún más importante para evitar retrasos o contratiempos que comprometan la calidad de la cosecha. Además, la infraestructura vial y las condiciones de las rutas juegan un papel fundamental en la preservación de los tomates, ya que **camino en mal estado** o con **baches** pueden provocar movimientos bruscos que dañen los frutos durante el trayecto.

En definitiva, el transporte del tomate, aunque a menudo subestimado, es una etapa clave para preservar la calidad del fruto y garantizar que llegue en **condiciones óptimas** a los centros de clasificación... El uso de gamelas adecuadas, vehículos acondicionados y una planificación logística eficiente son esenciales para minimizar los daños y maximizar la vida útil del producto. Sin embargo, el transporte es solo el preludio de una etapa aún más determinante: la **clasificación de los tomates según su calidad y tamaño**, proceso que define su destino en el mercado.

A continuación, abordaremos el **proceso de clasificación** de los tomates según los **estándares de calidad** y cómo esta etapa impacta en su valor comercial y su preparación para la venta.

1.4. CLASIFICACIÓN DE TOMATES SEGÚN ESTÁNDARES DE CALIDAD: IMPACTO EN EL VALOR COMERCIAL.

Una vez que los tomates llegan a los centros de clasificación, comienza una de las etapas más cruciales en su camino hacia el mercado: la **clasificación según estándares de calidad**... Este proceso es fundamental, ya que determina el valor comercial del producto y asegura que los tomates cumplan con los requisitos exigidos por los distribuidores y consumidores. Los **estándares de calidad** no solo influyen en la percepción del consumidor, sino que también dictan el precio de venta del tomate y su viabilidad en mercados específicos.

La clasificación se realiza tomando en cuenta varios factores clave, como el tamaño, la forma, el color, y la presencia o ausencia de defectos físicos.

El primer criterio que se evalúa en el proceso de clasificación es el **calibre o tamaño** del tomate... Este es un factor determinante, ya que los tomates de mayor tamaño suelen tener mayor demanda y valor en el mercado. En términos generales, los tomates se clasifican en tres calibres principales: **Primera** (los más grandes), **Segunda** (de tamaño mediano), y **Tercera** (los más pequeños o aquellos que no cumplen con los estándares de tamaño). Este sistema de clasificación permite a los productores segmentar su cosecha y distribuirla de manera más eficiente, optimizando así la rentabilidad del cultivo. Además, la **clasificación por tamaño** asegura que los tomates se comercialicen en envases o presentaciones que correspondan a las expectativas del consumidor y del mercado, tanto a nivel nacional como internacional, donde las demandas de tamaño y calidad pueden variar.



Ilustración 4: "Proceso de Calibración de Tomates - confeccionado por IA "

Otro aspecto importante en la clasificación es la **forma del tomate**... Los tomates deben ser simétricos y de apariencia regular para entrar en las categorías más altas de calidad. Los frutos que presentan deformidades o irregularidades en su forma suelen ser clasificados en categorías inferiores, lo que reduce su valor comercial. La **tecnología aplicada** en las máquinas calibradoras ha permitido mejorar la detección de imperfecciones en la forma, aunque la intervención de los trabajadores sigue siendo fundamental para detectar deformidades que pueden pasar desapercibidas para los sistemas automatizados. En este sentido, la combinación de **tecnología y revisión manual** es esencial para asegurar que el producto final cumpla con los estándares establecidos.

El **color** es otro indicador clave de la calidad del tomate... Los consumidores asocian ciertos tonos de rojo con la madurez y frescura del producto. Los tomates que no han

alcanzado un color rojo uniforme pueden ser percibidos como inmaduros, mientras que aquellos con manchas marrones o áreas decoloradas podrían indicar problemas en su desarrollo o manejo postcosecha. Un color no homogéneo puede también reflejar una falta de maduración adecuada, lo que afecta la percepción del sabor y la calidad del fruto. Además, el color del tomate está vinculado con su **vida útil**, ya que un tomate que ha alcanzado su madurez óptima en el momento correcto tendrá una mayor durabilidad durante el transporte y almacenamiento. Los **sistemas de visión** utilizados en los centros de clasificación ayudan a identificar variaciones de color de manera rápida y precisa, contribuyendo a una mejor segmentación del producto según los estándares de calidad.

Por último, la **presencia de defectos físicos** es una de las principales causas de desclasificación en el proceso de selección... Los tomates con **daños en la piel**, cortes, magulladuras, o aquellos que han sido afectados por plagas, son rápidamente eliminados del proceso comercial. Estos defectos no solo afectan la apariencia del fruto, sino que también reducen su **vida útil** y su capacidad de soportar el transporte y almacenamiento. Dependiendo de la **gravedad del daño**, los tomates defectuosos pueden ser descartados por completo o destinados a la producción de productos derivados, como salsas, purés o conservas. La **intervención manual** sigue siendo crítica para asegurar que se identifiquen y separen aquellos tomates que no cumplen con los requisitos de calidad establecidos, complementando la labor de las máquinas calibradoras.

En resumen, la **clasificación de los tomates** según los estándares de calidad es un proceso meticuloso que garantiza que el producto final cumpla con las expectativas del mercado... Factores como el tamaño, la forma, el color y la ausencia de defectos físicos determinan el destino comercial de cada tomate. La integración de **tecnología avanzada** y la experiencia humana han permitido a los productores optimizar este proceso, asegurando que solo los mejores productos lleguen a los consumidores, mientras que los tomates de menor calidad se destinan a otros fines, optimizando el uso de la cosecha y maximizando su valor en toda la cadena de producción.

1.5. MÁQUINAS CALIBRADORAS EN LA INDUSTRIA AGRÍCOLA: OPTIMIZACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN Y EFICIENCIA.

El avance de la tecnología en la agricultura ha permitido la incorporación de **sistemas automatizados** que optimizan los procesos postcosecha, mejorando la **eficiencia en la clasificación y selección de productos**... Las máquinas calibradoras representan una innovación clave en la cadena de valor agrícola, particularmente en el caso de cultivos como el tomate, donde la **homogeneidad en tamaño y calidad** es fundamental para cumplir con los estándares comerciales. Estas máquinas están diseñadas para clasificar automáticamente los tomates en función de parámetros predefinidos, como el **calibre**, que influye directamente en su valor comercial y su destino en los mercados.

La **operación de las máquinas calibradoras** se basa en un conjunto de sensores avanzados y mecanismos que permiten la rápida selección de los productos según su tamaño... Este proceso no solo reduce significativamente el **tiempo de procesamiento**, sino que también mejora la precisión en la clasificación, disminuyendo la variabilidad y los errores que pueden surgir en el manejo manual de los productos. Al clasificar los tomates en diferentes categorías —tales como Primera, Segunda y Tercera— así como aquellos que no son aptos para la venta, estas máquinas permiten una mejor distribución del producto hacia diferentes segmentos del mercado, **maximizando el aprovechamiento de la cosecha** y reduciendo las pérdidas derivadas de una clasificación imprecisa.

Un aspecto importante que considerar es la necesidad de **integrar tecnologías complementarias** que permitan evaluar otros factores cualitativos además del tamaño, como el **color, la textura y el estado superficial del tomate**... Actualmente, muchas máquinas calibradoras están limitadas a la clasificación por tamaño, lo que implica que otros aspectos críticos de la calidad del producto aún dependen de la **intervención manual**. Este proceso de inspección visual requiere tiempo y está sujeto a **variaciones dependiendo de las condiciones del operario**, lo que puede generar inconsistencias en los resultados finales. Para superar estas limitaciones, se están desarrollando sistemas avanzados de **visión por computadora** y **sensores ópticos** que permiten evaluar de manera precisa y rápida los diferentes aspectos cualitativos de los tomates, mejorando así la consistencia en la clasificación.



Ilustración 5: "Automatización en la Industria - confeccionado por IA"

El desarrollo de soluciones tecnológicas que combinen sistemas de **visión por computadora** y **sensores avanzados** permitiría **automatizar por completo el proceso de selección de calidad**, reduciendo la subjetividad y los errores humanos... Con la integración

de estas tecnologías, las máquinas calibradoras no solo optimizarían la eficiencia operativa, sino que también garantizarían una mayor **uniformidad en los productos clasificados**, lo que es clave para cumplir con los estrictos estándares del mercado global. Estas innovaciones no solo benefician a los productores, al reducir costos y mejorar la eficiencia, sino que también **aumentan la satisfacción del consumidor final**, al asegurar productos homogéneos y de alta calidad.

En términos de futuro, la tendencia hacia la **automatización total del proceso de clasificación** está en auge... A medida que la tecnología avanza, se espera que las máquinas calibradoras puedan manejar volúmenes aún mayores de productos con mayor precisión, reduciendo la necesidad de intervención manual. Además, estas tecnologías están ayudando a **reducir el impacto ambiental**, ya que minimizan las pérdidas postcosecha y mejoran la eficiencia energética en los procesos agrícolas. En un contexto en el que la sostenibilidad es una prioridad, la adopción de **tecnologías más eficientes** no solo asegura mejores resultados comerciales, sino que también contribuye a una producción agrícola más responsable y rentable.

1.6. EFICIENCIA OPERATIVA Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA: CLAVES PARA LA RENTABILIDAD.

La **eficiencia operativa** en la agricultura moderna es un factor determinante para garantizar la **rentabilidad de los cultivos** y maximizar el aprovechamiento de los recursos... En el caso del cultivo de tomates, las fases de postcosecha y clasificación juegan un papel crucial para optimizar los resultados y minimizar las pérdidas. La incorporación de **tecnologías avanzadas**, como las máquinas calibradoras, ha permitido reducir el **tiempo de procesamiento**, mejorar la precisión en la clasificación de los frutos y minimizar las pérdidas asociadas a errores humanos o fallos en el manejo del producto.

Uno de los desafíos más grandes en cualquier operación agrícola es la **gestión de las pérdidas postcosecha**... Los tomates, al ser frutos delicados, son susceptibles a sufrir daños físicos durante las fases de **cosecha, transporte y clasificación**. Golpes, magulladuras o daños en la piel pueden reducir significativamente la vida útil del fruto y acelerar su deterioro. Además, la presencia de defectos como plagas o daños por factores climáticos puede provocar que se descarte un porcentaje considerable de la producción. Estas pérdidas no solo disminuyen la cantidad de producto comercializable, sino que también tienen un **impacto económico directo** sobre los productores, reduciendo sus márgenes de beneficio.

La **automatización de procesos** mediante máquinas calibradoras ha permitido reducir significativamente los errores humanos, que en muchos casos son la principal causa de pérdidas postcosecha... Al implementar sistemas automáticos que clasifican los tomates en función de **parámetros predefinidos**, se minimizan los errores en la selección y se asegura una mayor consistencia en los lotes de producto. Esto tiene un efecto directo en la **eficiencia operativa**, ya que las máquinas pueden trabajar de manera continua y con menos

variabilidad que el trabajo manual, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento de la cosecha y una reducción de las pérdidas.

A pesar de los avances en la automatización, todavía existen desafíos en términos de **eficiencia operativa**... Las máquinas calibradoras, aunque mejoran la precisión y la velocidad del proceso, dependen de una **gestión integral** que incluya el **mantenimiento regular** del equipo, la **capacitación del personal** encargado y una **coordinación logística eficiente**. Por ejemplo, si las máquinas no reciben un mantenimiento adecuado, pueden sufrir **averías inesperadas**, lo que genera tiempos de inactividad que incrementan los costos operativos y afectan la productividad. De igual manera, la falta de **personal capacitado** para manejar los equipos y supervisar el proceso puede resultar en una clasificación ineficiente y en mayores pérdidas de producto.

La **gestión de los recursos humanos** sigue siendo un pilar fundamental en cualquier operación agrícola, a pesar del creciente uso de la tecnología... Aunque la automatización ha reducido la dependencia de la mano de obra en ciertas fases del proceso, los trabajadores continúan siendo responsables de la **inspección visual** y del manejo de los tomates antes y después de la clasificación. Garantizar que el personal esté adecuadamente capacitado para utilizar la tecnología y manejar los frutos con cuidado es esencial para minimizar las pérdidas y mantener la **eficiencia operativa**. Además, los trabajadores juegan un papel clave en el mantenimiento de los equipos y en la identificación de posibles problemas durante el proceso.

El **impacto económico de las pérdidas postcosecha** es significativo para los productores... Si bien las tecnologías avanzadas han permitido mejorar la precisión en la clasificación y reducir las pérdidas, siempre existirán factores externos e imprevistos que afecten la cosecha. El objetivo de cualquier productor es reducir estas pérdidas al mínimo posible, y para ello es fundamental gestionar adecuadamente todos los factores que influyen en la calidad del producto, desde el momento de la cosecha hasta la entrega en el mercado.

En conclusión, la **eficiencia operativa** y la **minimización de pérdidas** son aspectos esenciales para asegurar la rentabilidad en la producción agrícola... La incorporación de tecnologías avanzadas como las máquinas calibradoras ha permitido mejorar significativamente estos aspectos, aunque todavía existen desafíos que requieren una gestión eficiente tanto de los **recursos humanos** como de la **maquinaria**. Al reducir las pérdidas postcosecha y optimizar el proceso de clasificación, los productores pueden maximizar el valor de su cosecha y garantizar que los productos lleguen al mercado en las mejores condiciones posibles.

A continuación, exploraremos cómo la **innovación tecnológica** está transformando el panorama de la agricultura moderna, con un enfoque en el impacto de las nuevas tecnologías en la **producción y clasificación de tomates**.

1.7.IMPACTO DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA AGRICULTURA: EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN.

La **agricultura moderna** ha experimentado una transformación profunda en las últimas décadas gracias al avance de la **tecnología**... La incorporación de herramientas y sistemas automatizados ha permitido optimizar no solo los procesos de cultivo, sino también las fases críticas de postcosecha, como la clasificación y selección de productos agrícolas. En el caso del tomate, la **innovación tecnológica** ha jugado un papel crucial para mejorar la **eficiencia operativa** y la **calidad del producto** que llega al mercado, generando beneficios tanto para los productores como para los consumidores.

Una de las tecnologías más destacadas en la industria agrícola es la **introducción de máquinas calibradoras**, que permiten clasificar grandes volúmenes de tomates de manera rápida y precisa... Estas máquinas están equipadas con **sensores avanzados** que miden parámetros como el tamaño y peso de cada tomate, determinando su categoría comercial de manera automatizada. Este nivel de precisión no solo reduce el **margen de error** asociado al trabajo manual, sino que también asegura que los productos se ajusten a los **estándares del mercado**, lo que mejora la **rentabilidad del productor** y reduce las pérdidas postcosecha.

Además de las máquinas calibradoras, la **innovación tecnológica** en la agricultura incluye la integración de **sensores ópticos** y **sistemas de visión por computadora** para evaluar otros aspectos cualitativos del tomate, como el **color, la textura y el estado superficial**... Estas tecnologías permiten detectar imperfecciones en la piel del fruto o variaciones en el color que podrían indicar problemas en su madurez o desarrollo. Con estas herramientas, los productores pueden realizar una **clasificación más completa y precisa**, asegurando que solo los mejores tomates lleguen al consumidor final, mientras que los frutos que no cumplen con los estándares son destinados a otros usos, como la producción de salsas o purés.

Otra tecnología emergente es el uso de **inteligencia artificial (IA)** y **big data** en la gestión agrícola... Al combinar datos obtenidos de los cultivos, las máquinas y el mercado, los agricultores pueden tomar decisiones más informadas sobre el manejo de su producción. Por ejemplo, mediante el análisis de **patrones de comportamiento** de las máquinas calibradoras, es posible identificar **cuellos de botella** en el proceso o predecir cuándo será necesario realizar **mantenimiento preventivo**. La inteligencia artificial también puede ayudar a ajustar los parámetros de clasificación en tiempo real, optimizando el proceso y mejorando la precisión en la selección de los tomates. Además, el uso de big data permite **predecir tendencias del mercado**, lo que ayuda a los productores a ajustar su producción para satisfacer la demanda y mejorar la **eficiencia operativa**.

La **automatización robótica** también está ganando terreno en el sector agrícola... En lugar de depender exclusivamente de la mano de obra humana para tareas como la **cosecha**

o el manejo postcosecha, los robots agrícolas pueden realizar estas labores con mayor eficiencia y menor margen de error. Equipados con cámaras y sensores avanzados, estos robots pueden recolectar los tomates de manera delicada, minimizando los daños que suelen ocurrir durante la **cosecha manual**. Además, al estar conectados a **sistemas de gestión de datos**, los robots pueden operar de forma autónoma o semiautónoma, ajustando su rendimiento según las condiciones del cultivo y el estado del producto, lo que permite una **producción más precisa y controlada**.

La **sostenibilidad** también se ha visto beneficiada por la innovación tecnológica... Las soluciones tecnológicas permiten un **uso más eficiente de los recursos**, como el agua y la energía, reduciendo el impacto ambiental de las explotaciones agrícolas. Por ejemplo, los sistemas de **riego inteligentes**, que ajustan el suministro de agua según las necesidades del cultivo en tiempo real, y las máquinas más eficientes desde el punto de vista energético, están ayudando a hacer la agricultura más sostenible. Además, la reducción de las pérdidas postcosecha mediante un control preciso del manejo de los tomates contribuye a **disminuir el desperdicio de alimentos**, un factor clave en la sostenibilidad del sector.

La **innovación tecnológica** está redefiniendo la agricultura moderna... Desde la implementación de **máquinas calibradoras** hasta la adopción de **inteligencia artificial y robótica**, estas soluciones no solo aumentan la **eficiencia y precisión** de los procesos, sino que también contribuyen a la **sostenibilidad del sector agrícola**. La automatización y el uso de datos permiten una **gestión más precisa** de la producción, reduciendo las pérdidas y mejorando la calidad de los productos que llegan al mercado, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores.

A continuación, exploraremos los **factores ambientales** que influyen en la clasificación y selección de tomates, analizando cómo el clima y otras condiciones externas pueden afectar la calidad del fruto y la precisión de su clasificación.

1.8.FACTORES AMBIENTALES Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL TOMATE: INFLUENCIA EN LA CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN.

Los **factores ambientales** juegan un papel determinante en la **calidad de los tomates** y, por ende, en la **precisión del proceso de clasificación**... El entorno en el que los tomates se cultivan, cosecha y manejan después de la recolección influye directamente en su estado final, afectando tanto la apariencia externa como la vida útil del fruto. Esta relación entre el **clima**, las condiciones del **suelo**, y otros factores externos es clave para optimizar la clasificación y selección en los centros postcosecha, asegurando que los tomates cumplan con los **estándares de calidad** del mercado.

Uno de los factores ambientales más importantes es la **temperatura**... Las fluctuaciones de temperatura, tanto durante el cultivo como en la fase de transporte y almacenamiento, pueden afectar de manera significativa el **desarrollo del tomate**. Temperaturas excesivamente altas o bajas pueden acelerar o ralentizar el proceso de

maduración, lo que influye directamente en la clasificación final. Por ejemplo, un tomate que ha madurado de manera irregular debido a un **calor extremo** puede presentar problemas de **coloración o textura**, impactando negativamente su clasificación en los centros de selección. Además, temperaturas inadecuadas durante el **almacenamiento** pueden comprometer la frescura del fruto, provocando que se deteriore más rápidamente y pierda valor comercial.

Otro factor crucial es la **humedad**... Un exceso de humedad ya sea en el aire o en el suelo, puede causar que los tomates se pudran o desarrollen **enfermedades**, como hongos o moho. Esto no solo afecta la **calidad visual** del tomate, sino que también reduce su capacidad de ser comercializado. Por otro lado, la **falta de humedad** puede causar que el fruto se **agriete o deshidrate**, lo que también repercute negativamente en su clasificación. La gestión del **riego** es fundamental para mantener el equilibrio adecuado de humedad durante el crecimiento de los tomates, y tecnologías como los **sensores de monitoreo de humedad** permiten ajustar el suministro de agua en tiempo real, mejorando el control sobre las condiciones de cultivo y preservando la calidad del producto.

El **viento y la lluvia** también tienen un impacto significativo en el proceso de cultivo y, posteriormente, en la clasificación del tomate... Los **vientos fuertes** pueden dañar las plantas, provocar la caída prematura de los frutos, o golpear los tomates contra estructuras cercanas, causando **magulladuras** en la piel. Asimismo, una **lluvia excesiva o mal gestionada** puede saturar los suelos, afectando las raíces de las plantas y, en consecuencia, el desarrollo del fruto. Estas condiciones climáticas extremas afectan directamente la **calidad** del tomate que llega a los centros de clasificación, donde se determinará si cumplen con los **estándares comerciales** o deben ser descartados. Para mitigar estos efectos, los productores pueden implementar estructuras de protección y técnicas de manejo agrícola que mejoren la **resiliencia del cultivo** ante estos factores climáticos.

Además de las condiciones climáticas, el **tipo de suelo** y su manejo influyen en la calidad del tomate... Suelos mal equilibrados en términos de **nutrientes** pueden producir frutos más pequeños o con defectos en su **forma y color**. Un manejo adecuado del suelo mediante **técnicas agrícolas sostenibles**, como la rotación de cultivos o el uso de fertilizantes orgánicos, puede mejorar significativamente la calidad de los tomates, asegurando que lleguen a la fase de clasificación en las mejores condiciones posibles.

Asimismo, las **plagas y enfermedades** son factores críticos que pueden dañar severamente los tomates... Las plagas pueden causar daños visibles en la piel del fruto, como manchas, mordeduras o áreas descoloridas, lo que afecta su clasificación. Las enfermedades fúngicas o bacterianas pueden hacer que el tomate pierda su **firmeza y color**, obligando a los productores a descartarlo. El manejo preventivo de plagas y enfermedades mediante **pesticidas biológicos** o el uso de **tecnología de monitoreo** es esencial para reducir la cantidad de tomates afectados y minimizar las pérdidas durante el proceso de selección.

Finalmente, los **factores postcosecha**, como la **manipulación durante el transporte y almacenamiento**, son igualmente críticos... Una manipulación inadecuada, combinada con condiciones ambientales adversas, puede causar que los tomates se **dañen** antes de llegar a la clasificación. El uso de **sensores de temperatura y humedad** en los vehículos de transporte y almacenes ayuda a mantener los tomates en un entorno controlado, garantizando que lleguen en las mejores condiciones posibles para ser clasificados.

En resumen, los **factores ambientales** tienen una influencia decisiva en la calidad del tomate y en la **precisión del proceso de clasificación**... Un manejo adecuado de la temperatura, la humedad, el suelo y las plagas es esencial para garantizar que los frutos lleguen a los centros de selección en las mejores condiciones posibles. Mantener controlados estos elementos asegura no solo un producto de mayor calidad, sino también una clasificación más **precisa y eficiente**, lo que minimiza las pérdidas postcosecha y maximiza la rentabilidad.

A continuación, exploraremos cómo la **sostenibilidad en la producción agrícola** se ha convertido en un eje clave para las explotaciones modernas, y de qué manera las **prácticas sostenibles** impactan tanto en la eficiencia operativa como en la **rentabilidad** del negocio agrícola.

1.9.CONCLUSIÓN DEL CAPITULO

El proceso de **clasificación y selección de tomates** en la industria agrícola es un paso crucial que determina no solo la **calidad final del producto**, sino también su **valor comercial** y su viabilidad en los mercados globales... A lo largo de este capítulo, se ha demostrado cómo cada fase del proceso postcosecha —desde la **cosecha y transporte** hasta la **clasificación automatizada** mediante máquinas calibradoras— juega un papel esencial en la **preservación de la calidad** del tomate y en la **maximización de la rentabilidad** para los productores.

La **clasificación según estándares de calidad**, apoyada por el uso de **tecnología avanzada** para automatizar la selección de los frutos, y la **influencia de factores ambientales** en el resultado final son elementos clave que, gestionados adecuadamente, pueden optimizar los resultados del cultivo de tomate. La adopción de innovaciones tecnológicas, como la **visión por computadora** y los **sensores avanzados**, ha transformado significativamente la **eficiencia operativa** al mejorar la precisión en la clasificación y reducir las pérdidas postcosecha, lo que contribuye directamente a una mayor competitividad en los mercados.

El avance en la implementación de **tecnologías automatizadas** ha permitido a los productores de tomate **mejorar la eficiencia operativa** y optimizar el uso de los **recursos disponibles**, reduciendo tanto los costos como el impacto ambiental... No obstante, sigue siendo esencial la **gestión integral** de los **factores humanos y ambientales** para garantizar

que los resultados sean consistentes y estén alineados con los **estándares comerciales más exigentes**. La interacción entre las máquinas calibradoras y los operarios, así como el manejo adecuado de condiciones como la temperatura, la humedad y la calidad del suelo, son determinantes para maximizar el rendimiento del cultivo.

En resumen, la **correcta integración de tecnologías** y el **manejo eficaz** de los recursos, tanto humanos como ambientales, son elementos fundamentales para garantizar una **producción agrícola rentable y sostenible** en el tiempo... En el próximo capítulo, se examinará en detalle el funcionamiento de la **máquina calibradora**, profundizando en sus **especificaciones técnicas**, su **impacto en la eficiencia de la clasificación**, y las **oportunidades de mejora** para optimizar su rendimiento y asegurar una mayor uniformidad en los productos clasificados.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DE LA MÁQUINA
CALIBRADORA DE TOMATES.

2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DE LA MÁQUINA CALIBRADORA DE TOMATES.

La implementación de la máquina calibradora de tomates ha sido un avance crucial para optimizar el proceso postcosecha y asegurar que el producto final cumpla con los exigentes estándares del mercado. Esta máquina es responsable de realizar una clasificación precisa de los tomates en función de su tamaño y calidad, lo cual es determinante para maximizar la rentabilidad y reducir las pérdidas durante la postcosecha.

Este capítulo aborda en detalle la estructura y funcionamiento de la máquina calibradora, explicando cada uno de sus componentes y el flujo de trabajo que permite clasificar grandes volúmenes de tomates con precisión y eficiencia. A través de esta descripción técnica, se establecerán los factores clave que influyen en el desempeño de la máquina, sentando las bases para el análisis de eficiencia que se abordará en capítulos posteriores.

La descripción de la máquina se organiza en varias secciones: comenzando por el sistema de alimentación de tomates, seguido por el proceso de clasificación por calibres y finalizando con el control de calidad y empaque. Cada componente es detallado en función de su rol en la cadena de valor de la producción, resaltando tanto sus características técnicas como su impacto en el rendimiento general de la máquina.

- **Sistema de Alimentación de Tomates**

En esta sección, se describe el proceso inicial en el cual los tomates son introducidos en la máquina para su clasificación. Se detalla el sistema de alimentación manual a través de gamelas (cajas plásticas ventiladas) que aseguran un flujo constante de tomates y optimizan la capacidad operativa del equipo.

- **Proceso de Clasificación por Calibres**

Este apartado se enfoca en la función principal de la máquina: la clasificación por tamaño, o calibre. Aquí se explica cómo los tomates son trasladados a través de rodillos y mallas calibradoras que los separan según su diámetro en distintas categorías comerciales (Primera, Segunda, y Tercera). Se incluyen especificaciones técnicas sobre la velocidad de los rodillos y el sistema de medición.

- **Control de Calidad y Empaque**

La sección de control de calidad describe el rol de los operarios en la verificación final de los tomates después de ser clasificados, asegurando que cumplan con los estándares de color, forma y estado. Además, se detalla el proceso de empaque de los tomates en gamelas estandarizadas, destacando la importancia de mantener el peso adecuado para cada caja.

- **Factores que Afectan el Desempeño de la Máquina**

Aquí se identifican y explican los factores internos y externos que influyen en el rendimiento de la máquina. Los factores internos incluyen el mantenimiento preventivo y calibración periódica de los componentes, mientras que los factores externos abarcan la calidad y condiciones de los tomates, el ritmo de alimentación, y las variaciones en el flujo de trabajo.

2.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA MÁQUINA CALIBRADORA

El proceso de clasificación en la máquina calibradora de tomates inicia con la **alimentación manual** del producto a través de gamelas o cajas plásticas ventiladas, cada una con un peso aproximado de 19 kg. Un operario dedicado vacía las cajas en una tolva de recepción, asegurando un flujo continuo y controlado de tomates hacia la maquinaria para su procesamiento. Los tomates se organizan en columnas de hasta siete gamelas de altura en una zona designada junto a la máquina, lo que optimiza el tiempo de carga y facilita el vaciado rápido y eficiente de las cajas en el sistema.

La máquina Calibradora de tomates está construida en su mayoría de Acero al Carbono, lo que le confiere una gran resistencia al desgaste y una larga vida útil, incluso bajo condiciones de operación intensiva. Está equipada con cuatro motores eléctricos de **1 HP** cada uno, dando un total aproximado de **4 HP** lo cual equivale a un consumo aproximado de **2,984 kWh**, dando un consumo aproximado diario de tres horas de trabajo de **8,952 kWh**, un balance eficiente entre potencia y consumo energético, ideal para operaciones continuas.

La máquina Escogedora de tomates tiene las siguientes dimensiones:

- Largo total: 18 m.
- Ancho total: 4 m.
- Altura total: 1.20 m.
- Ancho de rodadura: 0,74 m.

La **capacidad operativa** de la máquina es un aspecto sobresaliente, ya que permite procesar hasta aproximadamente 350 a 400 gamelas por hora, un volumen esencial para mantener el ritmo de producción de la empresa. Esta capacidad asegura que los recursos de la empresa se utilicen de manera óptima, maximizando la eficiencia en el proceso de selección y clasificación, y reduciendo la probabilidad de cuellos de botella en la línea de producción.

Una vez que los tomates ingresan en la máquina, pasan por un sistema de **cintas transportadoras y rodillos**, diseñado para guiar los tomates a un conjunto de **mallas calibradoras** que separan los frutos en función de su calibre. Los calibres comerciales se dividen en Tercera, Segunda y Primera, abarcando los tamaños específicos denominados Calibre 7, Calibre 8 y Calibre 9. Este sistema de mallas es fundamental para garantizar que cada tomate cumpla con las especificaciones de tamaño exigidas por el mercado.

Los calibres mencionados anteriormente se pueden llevar a medidas:

- Segunda: 60 mm $\pm$ 1 mm
- Calibre 7: 70 mm $\pm$ 1 mm
- Calibre 8: 80 mm $\pm$ 1 mm
- Calibre 9: 90 mm $\pm$ 1 mm
- Extra: Mayor a 91 mm

Cada malla calibradora está configurada con aperturas específicas que permiten clasificar los tomates de manera precisa, asegurando que cumplan con los estándares del mercado

Al atravesar las mallas, los tomates caen en **cintas transportadoras secundarias** que los trasladan hacia las gamelas correspondientes según su clasificación. Durante este recorrido, el personal realiza una verificación de calidad adicional, retirando manualmente aquellos tomates que no cumplen con los estándares de color y apariencia. Los tomates verdes se apartan para ser envasados en cajas específicas, mientras que aquellos con plagas o daños en la piel se eliminan como desperdicio, manteniendo así la consistencia y calidad del producto final.

Las dimensiones de dichas cintas transportadoras pueden variar según la máquina, en este caso son:

- Segunda: Ancho 29.7 cm, Largo 23 cm, Alto 80 cm.
- Calibre 7: Ancho 39.6 cm, Largo 172 cm, Alto 80 cm.
- Calibre 8: Ancho 39.4 cm, Largo 23 cm, Alto 80 cm.
- Calibre 9: Ancho 39.7 cm, Largo 273 cm, Alto 80 cm.
- Extra: Ancho 50.3 cm, Largo 156 cm, Alto 80 cm.

Finalmente, los tomates que pasan esta revisión son **envasados y pesados en una balanza** para asegurar que cada caja no exceda los 18 kg, respetando las normativas de comercialización. Las cajas llenas se almacenan en palés, listos para su transporte y posterior venta en el mercado. Este proceso integrado garantiza que los tomates clasificados cumplan con los estándares de calidad y tamaño, optimizando el rendimiento de la máquina y maximizando la productividad de la empresa.

2.2.FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN.

El proceso de clasificación en la máquina calibradora de tomates sigue una secuencia estructurada que permite la selección precisa de los frutos en función de su tamaño y calidad, optimizando el rendimiento de la producción y minimizando el margen de error. A continuación, se describe cada fase del proceso de manera detallada.

2.2.1. ALIMENTACIÓN MANUAL Y TRANSPORTE INICIAL.

El proceso comienza con la alimentación manual de tomates mediante gamelas (cajas plásticas ventiladas) que cada operario ~ vacía en una tolva de recepción. Esta etapa inicial asegura un flujo constante de producto hacia el sistema, manteniendo la velocidad de clasificación. Los tomates se distribuyen en la cinta transportadora principal, donde se orientan adecuadamente para evitar obstrucciones y asegurar un flujo continuo en el sistema.



Foto 1: "Alimentación Manual y Transporte Inicial - confección propia "

2.2.2. TRANSPORTE, SECADO Y LIMPIEZA DE TOMATES.

Una vez que los tomates son alimentados en la máquina, pasan a la sección de **secado y limpieza**, donde se preparan para la siguiente fase del proceso de clasificación. En esta etapa, los tomates son expuestos a un **sistema de ventiladores** que elimina el exceso de humedad en la superficie, seguido por un conjunto de **rodillos con cerdas suaves** que limpia cualquier suciedad superficial adherida al fruto. Este proceso no solo asegura que los tomates mantengan una apariencia limpia, sino que también mejora su **presentación visual**, haciéndolos más atractivos para el mercado.



Foto 2: "Transporte, Secado y Limpieza de Tomates - confección propia "



Foto 3: "Transporte, Secado y Limpieza de Tomates - confección propia "

2.2.3. CLASIFICACIÓN POR CALIBRES MEDIANTE MALLAS CALIBRADORAS.

Una vez en la fase de clasificación, los tomates son guiados hacia el conjunto de **mallas calibradoras**, cuya función es separar los frutos según su calibre. Estas mallas están configuradas con aperturas ajustables, que permiten clasificar los tomates en categorías comerciales como Primera, Segunda y Tercera. Los calibres específicos (Calibre 7, Calibre 8, y Calibre 9) están determinados por el diámetro del fruto, de acuerdo con los estándares del mercado. Cada tomate cae en el compartimiento correspondiente, de acuerdo con su tamaño, asegurando una distribución homogénea.

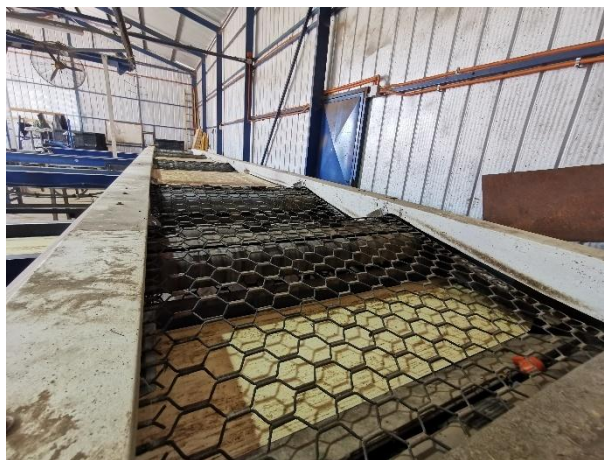


Foto 4: "Clasificación por Calibres mediante Mallas Calibradoras - confección propia "



Foto 5: "Clasificación por Calibres mediante Mallas Calibradoras - confección propia "

2.2.4. VERIFICACIÓN DE CALIDAD Y SELECCIÓN MANUAL.

Durante el proceso de clasificación, el personal realiza una **inspección visual** para asegurar que los tomates cumplan con los estándares de calidad visual, como el color y la firmeza. Los tomates que no cumplen con estos criterios son retirados manualmente. Aquellos que presentan tonos verdes o manchas visibles se separan para ser envasados en cajas especiales, mientras que los tomates con daños severos o plagas se eliminan como desperdicio. Este control de calidad garantiza que solo los tomates que cumplen con los requisitos de mercado continúen en el proceso.



Foto 6: "Verificación de Calidad y Selección Manual - confección propia "

2.2.5. PESAJE Y EMPAQUE FINAL.

Después de la clasificación y verificación, los tomates se agrupan en gamelas y pasan por una **balanza de control** para asegurar que el peso de cada caja no exceda los 18 kg. Este paso es fundamental para garantizar la consistencia en el empaque y cumplir con los estándares de comercialización. Una vez pesadas y aprobadas, las cajas se etiquetan y se almacenan en palés para su posterior transporte y venta.



Foto 7: "Pesaje y Empaque Final - confección propia "

2.2.6. ELEMENTOS EXTERNOS DE APOYO.

Entre los elementos externos al proceso de clasificación, se encuentran:

- **Gamelas:** Cajas plásticas ventiladas que mantienen frescos los tomates durante el almacenamiento y transporte.
- **Balanza:** Permite pesar cada gamela para asegurar que no superen el estándar de 18 kg, respetando las normas de comercialización.
- **Carro de carga (Yegua):** Utilizado para trasladar las columnas de tomates dentro del packing, agilizando el proceso logístico.



Foto 8: "Elementos Externos de Apoyo – confección propia"

2.3.FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DE LA MÁQUINA.

El rendimiento eficiente de la máquina calibradora de tomates esta influido por una serie de factores que impactan tanto directa como indirectamente en la producción. Diseñada para procesar grandes volúmenes de tomates, esta máquina requiere una gestión precisa para garantizar un desempeño óptimo y minimizar el margen de error. Además de su

funcionamiento mecánico, es fundamental considerar el factor humano, ya que al manejar grandes cantidades de tomates pueden surgir errores en la evaluación y clasificación del producto. La correcta gestión de las variables que afectan el rendimiento de la máquina es clave para mantener la productividad y la calidad del proceso de clasificación de tomates.

Uno de los principales factores que afectan la producción es la condición del producto. Tomates dañados o con plagas pueden interrumpir el flujo de trabajo y alargar los tiempos de procesamiento. Además, las diferencias de color en los tomates exigen una mayor atención del personal, lo que puede aumentar el estrés y el cansancio del personal. Esta fatiga laboral puede derivar en errores humanos, como paradas innecesarias en el equipo, pérdida de producción o, en el peor de los casos, accidentes laborales. Los frutos no siempre llegan en óptimas condiciones, y cuando se procesan grandes volúmenes, es necesario contratar un número significativo de trabajadores para llevar a cabo la clasificación, lo que añade otra capa de complejidad al proceso.

Otro factor crítico es la manera en que los tomates son introducidos en la máquina. Una alimentación demasiado rápida o una sobrecarga en la cinta transportadora puede saturar el sistema, lo que resulta en fallos en la clasificación por calibre. Esto provoca que los tomates de distintos tamaños pasen por las mallas equivocadas, lo que reduce la eficiencia operativa. Una alimentación continua y controlada es esencial para evitar cuellos de botella y garantizar que la máquina funcione de manera fluida, sin interrupciones que afecten el ritmo de producción.

El mantenimiento preventivo de la máquina es igualmente importante. Si no se realiza un mantenimiento regular, es probable que surjan problemas de desgaste en los componentes críticos, como los rodillos, las cintas transportadoras y las mallas calibradoras. La acumulación de suciedad y el desgaste de los materiales no detectados a tiempo pueden llevar a fallos inesperados que interrumpan el proceso de clasificación, generando paradas no planificadas y reduciendo la eficiencia de producción. Ignorar el mantenimiento también puede afectar la precisión en la clasificación, ya que los tomates no serán evaluados correctamente según su calibre, lo que no solo afecta la consistencia del producto final, sino que también puede perjudicar su comercialización al reducir su calidad percibida.

Finalmente, el factor humano es crucial en todo el proceso, desde el inicio hasta la etapa final. El personal encargado de vaciar las gamelas, quienes vacían aproximadamente 400 gamelas por hora, y aquellos que verifican la calidad del fruto, separan los tomates dañados o con defectos de los tomates de calidad, desempeñan un papel fundamental. Además, los trabajadores que pesan, envasan y apilan las gamelas, así como quienes distribuyen las gamelas en el sistema, también son esenciales para asegurar que la producción fluya sin problemas. Sin embargo, la fatiga y las condiciones climáticas pueden afectar la eficiencia del personal, lo que, a su vez, impacta negativamente en la producción. Estos

factores humanos y ambientales deben gestionarse adecuadamente para mantener un proceso de alta calidad y eficiencia.

2.4.RECOPIACIÓN DE DATOS.

La recolección de datos es fundamental para evaluar el rendimiento de la máquina calibradora de tomates y garantizar la eficiencia del proceso de clasificación. La máquina tiene la capacidad de procesar aproximadamente 400 gamelas de tomates por hora, operando de manera continua entre 3 y 4 horas. Aproximadamente, se realiza una pausa acumulada de 1 hora, distribuida en intervalos no continuos, destinada tanto al descanso del personal (colación, pausas para ir al baño) como a la gestión de posibles imprevistos técnicos, como la acumulación de tomates en los carriles de clasificación. Este ciclo de operación e inactividad es parte del proceso planificado para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina y el bienestar del personal.

Un aspecto clave en la recolección de datos es la clasificación de los tomates por calibre. A lo largo de una cosecha de tres meses, los datos indican que el 40% de los tomates clasificados corresponde al calibre 9, el 29% al calibre 8, el 24% al calibre 7, y el 5% entra en la categoría de Segunda. Solo el 1% de la producción se clasifica como Extra. Estos porcentajes son cruciales para evaluar la calidad del producto y su alineación con las exigencias del mercado, ayudando a la empresa a planificar mejor la comercialización de los tomates.

Asimismo, se registra un promedio de pérdida del 4% de la cosecha, correspondiente a tomates descartados por plagas, defectos o daños físicos. Este dato es esencial para identificar ineficiencias en el proceso de clasificación y tomar medidas correctivas que minimicen las pérdidas y mejoren la rentabilidad general del proceso.

Algunos de los datos recolectados provienen de las facturas emitidas durante el proceso de comercialización, específicamente en lo que respecta a la cantidad de tomates clasificados por calibre. Estas facturas contienen información detallada sobre los volúmenes de tomates procesados y vendidos, desglosados por las diferentes categorías de tamaño, como Extra, Calibre 9, Calibre 8, Calibre 7 y Segunda. Esta información es esencial para evaluar la precisión del proceso de clasificación y la eficiencia de la máquina, ya que permite comparar los datos registrados durante la operación con los volúmenes de producto efectivamente comercializados. Además, el análisis de las facturas ofrece una visión clara de las demandas del mercado y las preferencias por calibres específicos, lo que ayuda a optimizar la producción y ajustar el proceso de clasificación para maximizar la rentabilidad.

A continuación, se presenta la cantidad de tomates cosechados y destinados a la venta. Estos datos corresponden a una cosecha de tres meses, que comienza el 1 de mayo y finaliza el 31 de julio. La información recopilada permite analizar el volumen de producción en este periodo, facilitando una evaluación precisa de la cantidad de tomates disponibles para la comercialización.

Tabla 1: "Datos Mes de Mayo – confección propia"

Mayo							
Fecha	Extra	Calibre 9	Calibre 8	Calibre 7	Segunda	Perdida	Total
01-may	0	472	85	109	55	15	721
02-may	42	385	189	126	0	12	742
06-may	0	343	294	147	0	13	784
08-may	0	392	196	147	49	16	784
09-may	49	294	196	147	0	14	686
10-may	42	194	84	100	0	11	420
16-may	0	326	245	157	0	13	728
17-may	42	284	245	157	0	15	728
20-may	0	450	0	0	0	9	450
21-may	0	491	0	0	18	12	509
24-may	0	140	336	147	49	16	672
24-may	0	495	0	0	0	15	495
25-may	0	180	0	0	0	8	180
27-may	70	294	322	98	0	21	784
28-may	0	495	0	0	0	17	495
29-may	0	294	245	147	0	23	686
Total	245	5529	2437	1482	171	230	9864

El conjunto de datos analizados corresponde a la cantidad de tomates procesados diariamente durante el mes de mayo. Cada registro refleja el total procesado en un día, desglosado en las diferentes categorías de tomates: **Extra**, **Calibre 9**, **Calibre 8**, **Calibre 7**, **Segunda** y las **pérdidas**. En total, se procesaron **9.864 tomates** en el mes, con un volumen significativo perteneciente al **Calibre 9** y **Calibre 8**, lo que indica una tendencia hacia tamaños medianos-grandes en la producción.

Este conjunto de datos proporciona una visión completa de la productividad diaria y permite identificar patrones en la calidad de los tomates procesados, así como las pérdidas generadas en el proceso.

Tabla 2: "Variables Cuantitativas Mes de Mayo – confección propia"

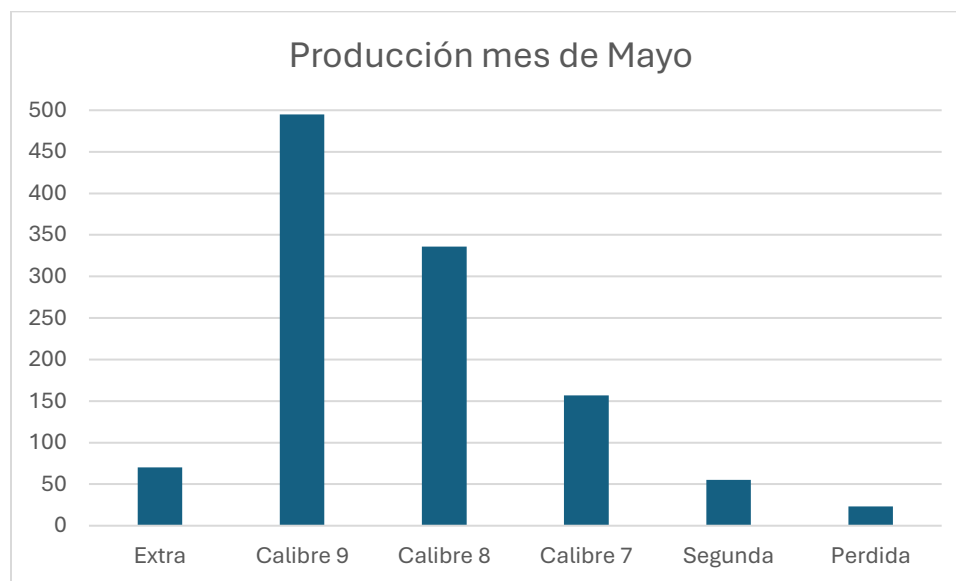
Mayo						
	Extra	Calibre 9	Calibre 8	Calibre 7	Segunda	Perdida
Máximo	70	495	336	157	55	23
Mínimo	42	140	84	98	18	8
N° Datos	5	16	11	11	4	16

Las categorías **Calibre 9** y **Calibre 8** presentan un mayor número de tomates, con 495 y 336 unidades respectivamente, lo que refleja una variabilidad significativa en estas

clasificaciones. Por otro lado, **Calibre 7**, **Segunda** y **Perdida** muestran una menor variabilidad, pero también un menor número de productos.

Estos resultados sugieren que los calibres más bajos (**Calibre 7** y **Segunda**) y las **Pérdidas** tienen una menor incidencia en el primer mes de producción. Esto proporciona información valiosa para orientar los esfuerzos en el proceso de clasificación, destacando la necesidad de poner mayor enfoque en las categorías con mayor variabilidad y cantidad de productos, para optimizar la producción.

La distribución de estas variables es clave para comprender cómo se comportan las distintas categorías de tomates durante el proceso de clasificación y cómo optimizar la producción para reducir los tiempos muertos en el personal de trabajo.



Gráficos 1: "Grafico de Producción Mes de Mayo – confección propia"

El Grafico correspondiente al mes de mayo proporciona una representación gráfica de la distribución y comparación entre las categorías de tomates procesados, destacando sus valores máximos. Las barras más altas asociadas al **Calibre 9** y **Calibre 8** evidencian su predominancia en la producción diaria, mientras que las categorías Segunda y Pérdida presentan una menor representación.

Este resultado es un indicador positivo, ya que la predominancia de los **Calibres 8** y **Calibre 9**, considerados de mayor calidad y valor comercial, tiene un impacto directo en la rentabilidad. Estos productos suelen obtener precios más altos en el mercado, en contraste con el **Calibre 7** y la categoría **Segunda**, que generalmente tienen un menor valor económico. La distribución reflejada en el gráfico sugiere una producción alineada con las demandas del mercado, maximizando la competitividad del negocio.

Tabla 3: "Datos Mes de Junio – confección propia"

Junio							
Fecha	Extra	Calibre 9	Calibre 8	Calibre 7	Segunda	Perdida	Total
01-jun	0	245	308	196	35	18	784
04-jun	0	245	343	196	0	21	784
05-jun	0	346	0	0	0	17	346
05-jun	0	294	441	49	0	26	784
09-jun	0	347	0	0	26	15	373
17-jun	0	182	357	147	0	27	686
19-jun	0	196	392	196	0	31	784
21-jun	0	343	294	0	49	28	686
21-jun	0	0	0	315	135	24	450
22-jun	0	204	328	162	64	30	758
27-jun	0	196	343	196	49	37	784
27-jun	0	147	245	245	49	29	686
28-jun	0	142	250	147	49	27	588
Total	0	2887	3301	1849	456	330	8493

El conjunto de datos analizados corresponde a la cantidad de tomates procesados diariamente durante el mes de junio. Cada registro refleja el total procesado en un día, desglosado en las diferentes categorías de tomates: **Calibre 9**, **Calibre 8**, **Calibre 7**, **Segunda** y las **Pérdidas**. En este mes, se procesaron **8,493 tomates**, observándose que las categorías **Calibre 9** y **Calibre 8** continúan siendo predominantes en la producción, lo que refuerza la tendencia hacia tamaños medianos-grandes en los frutos procesados.

Estos datos ofrecen una perspectiva completa de la productividad diaria y permiten identificar las variaciones entre las diferentes categorías, así como evaluar el impacto de las Pérdidas y la proporción de tomates clasificados en las categorías de mayor valor comercial.

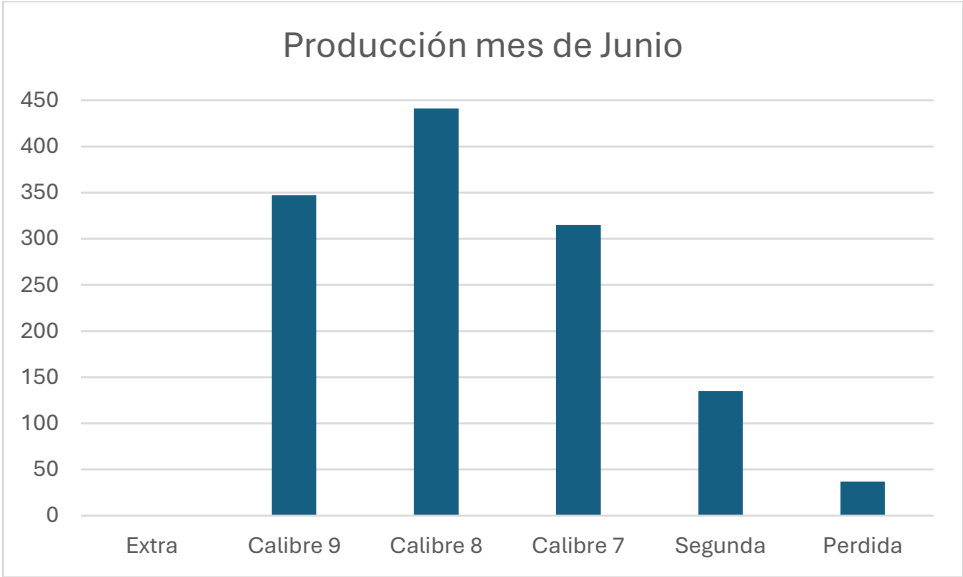
Tabla 4: "Variables cuantitativas Mes de Junio – confección propia"

Junio						
	Extra	Calibre 9	Calibre 8	Calibre 7	Segunda	Perdida
Máximo	0	347	441	315	135	37
Mínimo	0	142	245	49	26	15
N° Datos	0	12	10	10	8	13

Las categorías **Calibre 7**, **Calibre 8** y **Calibre 9** presentan los mayores números de tomates, con **315**, **441** y **347** unidades, respectivamente, reflejando una alta variabilidad en estas clasificaciones según su calibre. Es importante señalar que **Calibre 7** y **Segunda** experimentaron un crecimiento significativo en comparación con el mes anterior, lo que indica una tendencia hacia calibres más pequeños a medida que avanza el tiempo.

Esta disminución en el calibre tiene un impacto directo, ya que los productos de menor tamaño suelen tener un valor comercial más bajo. Entre menor sea el calibre, menor es su precio en el mercado.

La distribución de estos datos proporciona información clave sobre el comportamiento de las diferentes categorías durante el proceso de clasificación, permitiendo ajustar las estrategias operativas y optimizar la productividad para el próximo mes.



Gráficos 2: "Gráfico de Producción Mes de Junio – confección propia"

El gráfico correspondiente al mes de junio ofrece una representación visual que facilita la comparación de las categorías de tomates procesados en términos de valores máximos.

Las barras más altas corresponden nuevamente a **Calibre 9** y **Calibre 8**, mientras que se observa una notoria aparición de **Calibre 7** y **Segunda**, evidenciando la tendencia predominante de estos calibres en los procesos diarios. Por otro lado, la categoría de Pérdida mantiene una representación limitada, lo cual es un indicador positivo en términos de la calidad general del producto procesado.

No obstante, la disminución en el calibre es evidente, con un incremento significativo en los **Calibres 7** y **Segunda**. Este fenómeno afecta directamente, ya que estos productos tienen un menor valor comercial en el mercado. Además, esta tendencia sugiere que la cosecha está acercándose al final de su ciclo productivo, lo que puede requerir ajustes en la planificación operativa y comercial.

Tabla 5: "Datos Mes de Julio – confección propia"

Julio							
Fecha	Extra	Calibre 9	Calibre 8	Calibre 7	Segunda	Pérdida	Total
01-jul	12	104	282	239	49	32	686
04-jul	0	392	392	0	0	27	784
05-jul	0	0	0	315	54	31	369
05-jul	0	169	238	351	0	37	758
10-jul	0	147	245	196	0	34	588
12-jul	0	0	0	323	78	25	401
12-jul	36	239	294	215	0	46	784
18-jul	38	207	294	147	0	32	686
20-jul	0	0	0	283	67	23	350
30-jul	0	104	298	235	49	31	686
30-jul	0	186	39	51	32	27	308
31-jul	0	0	315	0	84	30	399
Total	86	1548	2397	2355	413	375	6799

El conjunto de datos analizados corresponde a la cantidad de tomates procesados diariamente durante el mes de julio, mes en el que la cosecha concluye, reflejándose en los calibres y en la composición de la producción. Los registros incluyen categorías como **Extra**, **Calibre 9**, **Calibre 8**, **Calibre 7**, **Segunda** y **Pérdida**. En total, se procesaron **6.799** tomates durante este periodo, destacándose un aumento significativo en la categoría Segunda y Pérdida, lo que evidencia una disminución en los calibres más comerciales. Este comportamiento es indicativo del final de la cosecha, afectando la calidad general del producto

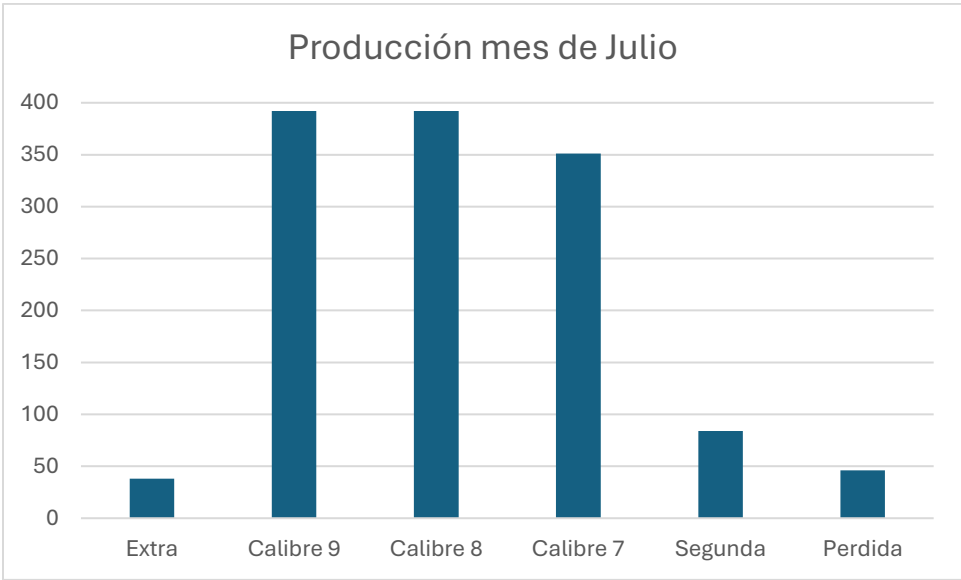
Tabla 6: "Variables cuantitativas Mes de Julio – confección propia"

Julio						
	Extra	Calibre 9	Calibre 8	Calibre 7	Segunda	Perdida
Máximo	38	392	392	351	84	46
Mínimo	12	104	39	51	32	23
N° Datos	3	8	9	10	7	12

El análisis cuantitativo de este mes evidencia una notable reducción en las cantidades procesadas **de Calibres 9 y 8**, en comparación con meses anteriores. Los valores máximos y mínimos reflejan esta tendencia:

Calibre 9 y Calibre 8 alcanzaron un rango de **288 y 353** unidades, respectivamente, mientras que **Calibre 7** presentó un rango de **300** unidades, evidenciando un aumento en su proporción relativa.

La categoría Segunda incrementó significativamente, reflejando una mayor representación en la producción total. Este análisis muestra una transición hacia calibres menos comerciales y una mayor incidencia de productos de menor calidad (**Segunda y Perdida**), lo que impacta directamente en la rentabilidad.



Gráficos 3: "Grafico de Producción Mes de Julio – confección propia"

El gráfico de julio pone en evidencia el cambio en la distribución de las categorías procesadas. Las barras asociadas a **Calibre 7, Segunda y Perdida** muestran un incremento respecto a meses anteriores, indicando un cambio en la calidad de la producción. Las categorías de mayor valor, como **Calibre 8 y Calibre 9**, presentan una disminución

progresiva, reflejando el agotamiento de los frutos de mayor calidad. Este comportamiento reafirma la necesidad de ajustar estrategias operativas hacia el final de la cosecha, considerando la menor rentabilidad de las categorías **Segunda** y **Perdida**.

2.5.CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.

La máquina calibradora de tomates es una herramienta esencial para optimizar el proceso postcosecha y garantizar que los tomates cumplan con los estándares de calidad y tamaño requeridos por el mercado. A lo largo de este capítulo, se han detallado los componentes técnicos y el flujo de trabajo de esta máquina, desde la alimentación inicial hasta la clasificación, control de calidad, empaque y recolección de datos.

Cada fase del proceso — alimentación, limpieza y secado, clasificación por calibres, verificación de calidad y empaque — se configura para maximizar la eficiencia operativa, reducir pérdidas y mejorar la precisión en la selección de los frutos. La máquina demuestra una capacidad operativa robusta, procesando aproximadamente 400 gamelas de tomates por hora, lo que permite mantener un ritmo de producción constante y alineado con las exigencias de mercado.

Además, los factores que afectan el rendimiento de la máquina, como el mantenimiento preventivo, la condición de los tomates y el control en el ritmo de alimentación, han sido identificados y descritos como elementos clave para asegurar un funcionamiento óptimo y evitar interrupciones en el proceso. La recolección de datos, apoyada en registros de producción y comercialización, permite a la empresa evaluar el desempeño de la máquina, identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas que fortalezcan la competitividad del negocio.

La incorporación del análisis de datos sobre la producción mensual de tomates procesados complementa significativamente el entendimiento del desempeño de la máquina calibradora. Los registros mensuales permiten identificar tendencias claras en la calidad y cantidad de los frutos procesados, como la predominancia de los calibres medianos y grandes en los primeros meses y el aumento progresivo de calibres menores hacia el final de la cosecha. Estos hallazgos no solo reflejan la dinámica del ciclo productivo, sino que también resaltan la importancia de ajustar estrategias operativas para maximizar la rentabilidad y minimizar pérdidas. Este enfoque basado en datos proporciona una herramienta crítica para optimizar la planificación y ejecución del proceso postcosecha, fortaleciendo así la capacidad de responder a las demandas del mercado de manera eficiente y competitiva.

En conclusión, la descripción técnica y operativa de la máquina calibradora proporciona un marco sólido para entender su rol en el proceso productivo y su impacto en la calidad y rentabilidad de la cosecha de tomates. Este análisis sienta las bases para el siguiente capítulo, en el que se profundizará en la evaluación del desempeño y la identificación de oportunidades de mejora para optimizar aún más el proceso de clasificación en la empresa.

**CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DE REDISEÑO DE LA
MAQUINA CALIBRADORA DE TOMATES.**

3. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y ESTRATEGIAS DE REDISEÑO DE LA MAQUINA CALIBRADORA DE TOMATES.

El presente capítulo tiene como objetivo analizar y proponer mejoras en el desempeño de la máquina calibradora de tomates, enfocándose en estrategias de rediseño que permitan optimizar el flujo operativo. A partir de un diagnóstico detallado del estado actual, se busca identificar las áreas críticas que afectan la eficiencia del proceso, con el fin de implementar soluciones prácticas y efectivas que maximicen la productividad y reduzcan pérdidas.

En una primera etapa, se evaluará el funcionamiento general del sistema, considerando tanto el flujo operativo como los principales factores que limitan el rendimiento de la máquina y del personal. Esta evaluación permitirá establecer una base sólida para priorizar las intervenciones más relevantes y de mayor impacto.

Posteriormente, se presentará una propuesta de rediseño orientada a mejorar aspectos estructurales y funcionales del equipo. Esta propuesta incluirá un presupuesto detallado que abarcará los componentes requeridos, la mano de obra y los insumos necesarios para su implementación, entregando así una visión transparente y completa del proyecto.

El propósito de esta mejora es optimizar el tiempo de procesamiento en la etapa de selección por calibres, reducir significativamente las pérdidas de producto durante el proceso, y minimizar los cuellos de botella que se generan en el equipo. Asimismo, se busca favorecer un entorno laboral más fluido, disminuyendo el estrés operativo y las tensiones entre el personal, generadas por la sobrecarga de trabajo o la imposibilidad de cumplir adecuadamente con sus funciones.

Este capítulo constituye un paso fundamental en la búsqueda de un modelo operativo más eficiente y sostenible, estableciendo las bases para una transformación técnica que no solo mejora la calidad del proceso de clasificación, sino que también incrementa la rentabilidad y aligerar la carga laboral de los trabajadores.

3.1.EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA MAQUINA CALIBRADORA

La evaluación del desempeño actual de la máquina calibradora de tomates y del flujo operativo es un paso esencial para identificar las fortalezas y debilidades del sistema productivo actual. Este análisis busca comprender a detalle cómo interactúan los distintos elementos del proceso —desde la operación de la máquina hasta la labor del personal involucrado— para determinar los factores que afectan la eficiencia, la productividad y la calidad del producto final.

En este apartado, se abordarán dos puntos clave. El primero consiste en un análisis del flujo operativo, evaluando cómo se gestionan las tareas desde la recepción de los tomates hasta su clasificación y empaque final. Este análisis permitirá detectar cuellos de botella, tiempos muertos y cualquier irregularidad que limite el desempeño general del sistema. El

segundo punto se enfocará en la identificación de áreas críticas, como es el problema en la clasificación, con el fin de establecer un diagnóstico claro que guíe las mejoras posteriores.

El objetivo principal de esta evaluación es establecer una línea base que permita comprender el desempeño actual del sistema y sus principales limitaciones. Esta información será fundamental para justificar las propuestas de rediseño planteada en los apartados siguientes, garantizando que estas sean relevantes, viables y efectivas en la solución de los problemas identificados.

3.1.1. ANÁLISIS DEL FLUJO OPERATIVO

El flujo operativo de la máquina calibradora de tomates comienza con la recepción y descarga de las gamelas en el área de packing, un paso inicial crucial para garantizar un suministro continuo de tomates al sistema. Este proceso inicial suele demorar entre 30 y 40 minutos, dependiendo de la eficiencia del personal encargado.

Una vez descargadas, los operarios asignados toman posiciones estratégicas en las cintas transportadoras. El encargado de vaciar las gamelas también es responsable de encender la máquina, lo que marca el inicio del procesamiento. Los tomates son colocados en la tolva de alimentación y pasan por una serie de rodillos limpiadores y transportadores, donde se eliminan impurezas y se acondiciona el producto para su clasificación. Este proceso inicial hasta las mallas calibradoras tarda entre 2 y 3 minutos.

En la siguiente etapa, los tomates atraviesan las mallas calibradoras que separan los frutos por tamaño. Posteriormente, caen en las cintas transportadoras secundarias, donde el personal realiza la selección manual basada en el color, el aspecto y la calidad general. Este es uno de los puntos más críticos del flujo, ya que requiere una alta cantidad de personal, con un promedio de 8 trabajadores por cinta (aunque este número puede variar según la temporada).

Durante el periodo de calibración y selección, se registran tiempos de espera y paradas que afectan la eficiencia del proceso. Los cuellos de botella más comunes incluyen:

- Tiempo de espera inicial: Tomates tardan en llegar a las cintas transportadoras, afectando la continuidad del flujo.
- Acumulación de tomates: El cúmulo excesivo en las cintas genera paradas de 4 minutos en promedio para redistribuir el flujo.
- Falta de gamelas: Cuando las gamelas se agotan, el sistema puede quedar inactivo durante aproximadamente 10 minutos.

La máquina procesa aproximadamente **400 gamelas por hora**, pero esta capacidad depende de las variaciones estacionales en la cantidad de tomates disponibles y del desempeño del personal. Durante las primeras etapas de la temporada, los calibres más grandes, como el calibre 8 y 9, predominan, mientras que, hacia el final de la temporada, los

calibres 7 y Segunda se vuelven más frecuentes. Esto no solo afecta el ritmo de trabajo, sino también el valor económico de la producción, ya que los calibres más pequeños tienen menor valor comercial.

El principal desafío en el flujo operativo es el cuello de botella que se produce en las cintas transportadoras, donde la capacidad física de las cintas y el rendimiento del personal no logran manejar el volumen de tomates de manera eficiente. Esto genera pérdidas de tiempo y reduce la productividad general del sistema. Además, la dependencia de un alto número de trabajadores incrementa los costos operativos y limita la posibilidad de optimizar el flujo.

En términos generales, el análisis del flujo operativo evidencia la necesidad de mejoras en el rediseño del equipo con el fin de reducir los tiempos muertos, minimizar las paradas y optimizar la capacidad de procesamiento de la máquina. Este análisis también pone de manifiesto que la temporada y el calibre de los tomates procesados influyen significativamente en la eficiencia operativa y los resultados económicos.

3.1.2. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS

El análisis del flujo operativo de la máquina calibradora de tomates revela varias áreas críticas que afectan la eficiencia del proceso, la calidad del producto final y la gestión de recursos humanos. Estas áreas son clave para establecer prioridades en la implementación de mejoras y optimización del sistema. A continuación, se identifican y describen las principales áreas críticas:

3.1.2.1 CUELLOS DE BOTELLA EN LAS CINTAS TRANSPORTADORAS

- **Problema:** La acumulación de tomates en las cintas transportadoras debido al alto volumen procesado supera la capacidad de manejo del personal, lo que provoca paradas recurrentes de aproximadamente 4 minutos para redistribuir el flujo.
- **Impacto:** Este cuello de botella no solo retrasa el proceso de clasificación, sino que también incrementa la carga laboral del personal, generando estrés y reduciendo la eficiencia general.
- **Solución Propuesta:** Como medida correctiva, se propone el rediseño del sistema mediante la incorporación de un regulador de velocidad. Este permitirá ajustar manualmente la velocidad de las cintas transportadoras en función del volumen de tomates, facilitando una distribución más controlada y acorde a la capacidad de respuesta del equipo humano.

3.1.2.2 PERDIDAS DE TOMATES POR DISFUNCIÓN DEL EQUIPO.

- **Problema:** La existencia de un espacio entre la malla calibradora y la carcasa de contención de la máquina permite que algunos tomates queden atrapados en esta abertura, causando su rotura por fricción con los componentes del equipo. Como resultado, los frutos dañados caen al suelo, volviéndose no aptos para la comercialización ni el consumo.

- **Impacto:** Este problema no solo genera pérdidas en la producción, sino que también interrumpe el flujo de trabajo al requerir limpieza constante del área y la detención temporal de la máquina. Además, incrementa el desperdicio de materia prima y afecta la eficiencia operativa del sistema.
- **Solución Propuesta:** Implementar una cobertura flexible en la zona de separación, utilizando materiales como goma o componentes amortiguadores que prevengan el paso del tomate a través del espacio sin comprometer la integridad de la máquina. Este ajuste minimizaría las pérdidas y evitaría interrupciones innecesarias en el proceso.

3.1.2.3 DEPENDENCIA DE MANO DE OBRA INTENSIVA

- **Problema:** El proceso actual requiere un alto número de trabajadores (8 por cinta, en promedio), lo que incrementa los costos operativos y limita la flexibilidad para reubicar personal en otras actividades.
- **Impacto:** La alta dependencia de personal expone al sistema a variaciones en el rendimiento humano, fatiga laboral y dificultades para gestionar temporadas de alta demanda.
- **Solución Propuesta:** Implementar un sistema de regulación de velocidad en la máquina calibradora, permitiendo que el flujo de tomates se ajuste dinámicamente a la capacidad del personal. Esto reduciría la dependencia entre operarios, facilitando el procesamiento eficiente de los tomates en la cinta transportadora y optimizando el rendimiento general del sistema.

3.1.2.4 VARIABILIDAD ESTACIONAL EN LOS CALIBRES

- **Problema:** Al final de la temporada, se procesan más tomates de calibres menores (Calibre 7 y Segunda), que tienen un menor valor comercial. Esto afecta la rentabilidad y la optimización del proceso.
- **Impacto:** La producción de calibres de menor calidad reduce los márgenes de ganancia, lo que incrementa la importancia de un proceso eficiente que minimice las pérdidas.
- **Solución Propuesta:** Ajustar los parámetros de calibración y clasificación para maximizar el aprovechamiento de los calibres de menor valor comercial.

3.1.2.5 PARADAS INESPERADAS Y TIEMPOS MUERTOS

- **Problema:** La acumulación de tiempos muertos por ajustes del flujo y la falta de gamelas genera una pérdida de aproximadamente 15 minutos, dependiendo de las circunstancias.
- **Impacto:** Aunque parecen intervalos pequeños, estas paradas representan una acumulación significativa de ineficiencias a lo largo de un día o temporada.
- **Solución Propuesta:** Optimizar la comunicación y coordinación entre los diferentes roles del personal para reducir los tiempos muertos.

3.1.3. PERDIDAS Y DAÑOS EN EL PRODUCTO PROCESADO

El proceso de calibración y selección de tomates es una etapa crítica en la postcosecha, ya que determina la calidad final del producto que será comercializado. Sin embargo, durante esta fase se han identificado diversas pérdidas y daños en los frutos, los cuales pueden originarse tanto por fallas en la maquinaria como por factores externos relacionados con el entorno agrícola y las condiciones de producción.

Las pérdidas observadas pueden clasificarse en tres grandes categorías: aquellas derivadas del impacto mecánico de la máquina calibradora, los problemas internos asociados a fallas en su funcionamiento y los factores externos como plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas. Estos elementos no solo afectan la calidad del tomate, sino que también generan interrupciones en el proceso productivo, obligando a realizar paradas operativas para limpieza y mantenimiento, lo que se traduce en una menor eficiencia y un aumento en los costos de producción.

En los apartados siguientes, se analizarán los principales daños detectados, su impacto en la integridad del tomate y las causas subyacentes. También se examinará cómo estos defectos afectan la comercialización del producto, clasificando los tomates según su grado de afectación y su viabilidad en el mercado. Este análisis permitirá identificar oportunidades de mejora y posibles estrategias para minimizar las pérdidas en el proceso.

3.1.3.1 IMPACTO DE LA MAQUINA EN LA INTEGRIDAD DEL TOMATE

Durante el proceso de postcosecha, se han identificado diversos problemas derivados del funcionamiento de la máquina calibradora de tomates, los cuales afectan directamente la calidad del producto y la eficiencia operativa. Entre los principales daños observados se encuentran cortes en los tomates, aplastamientos y la caída de frutos fuera de la máquina.



Foto 9: “Tomate atrapado en sección de Calibre 9 - confección propia”

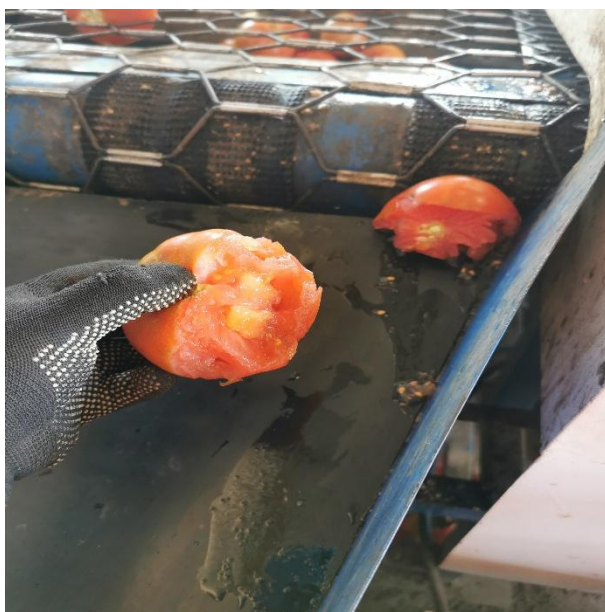


Foto 10: “Tomate atrapado en sección de Calibre 9 - confección propia”



Foto 11: “Tomate aplastado sección Calibre 7 - confección propia”



Foto 12: “Tomates aplastados sección Calibre 7 - confección propia”



Foto 13: “Tomate cortado por malla calibradora - confección propia”

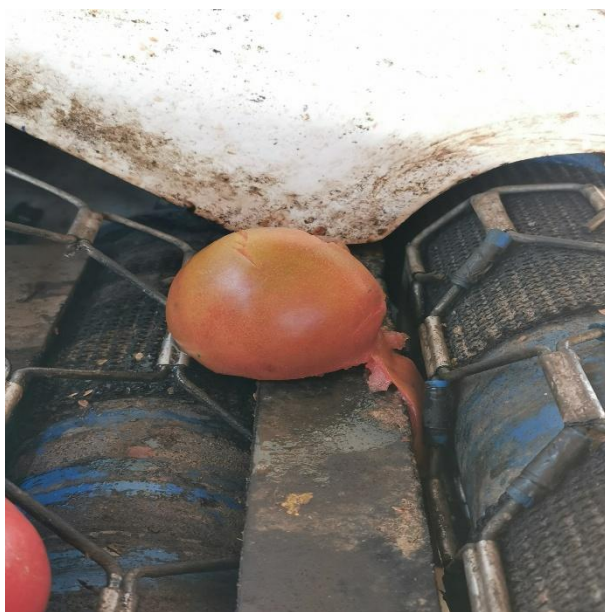


Foto 14: “Tomate dañado en la división de calibres 7 y 8 - confección propia”



Foto 15: “Tomate dañado en la división de calibre 7 y 8 - confección propia”

Estos incidentes no solo comprometen la calidad del tomate, sino que también generan interrupciones en la producción. Cada vez que se detecta un daño significativo, es necesario detener la máquina, retirar los tomates afectados, limpiar las zonas de contacto y reiniciar el proceso. Esta serie de acciones representa una pérdida de tiempo productivo y, en consecuencia, una disminución en la eficiencia general del sistema.

La repetición de estas fallas evidencia la necesidad de mejorar ciertos aspectos de la calibradora, ya sea a través de ajustes mecánicos, mantenimiento preventivo más frecuente o la implementación de medidas que reduzcan el impacto de la maquinaria en la integridad del tomate.

3.1.3.2 FACTORES INTERNOS QUE AFECTAN LA CALIDAD

Durante la operación de la máquina calibradora de tomates, se han identificado diversas fallas mecánicas que impactan negativamente en la calidad del producto final y generan pérdidas en el proceso productivo. Entre los principales problemas detectados se encuentran el desgaste de las cintas transportadoras, la separación inadecuada entre las mallas calibradoras y la carcasa de contención, así como la separación entre las mallas calibradoras divididas por placas metálicas.

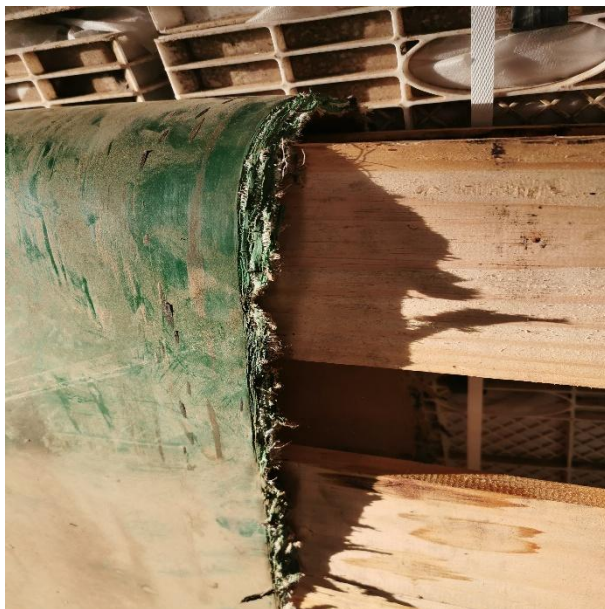


Foto 16: “Cinta transportadora dañada - confección propia”

Uno de los problemas más críticos detectados fue el desgaste lateral de una de las cintas transportadoras. Esta anomalía se originó debido a una irregularidad en la tensión de la cinta, lo que provocó su desplazamiento progresivo y un deterioro en su estructura. Como consecuencia, se generaron zonas de pérdida en la superficie de transporte, permitiendo que los tomates cayeran al suelo antes de completar su recorrido en la máquina. Esta situación no solo representó una disminución en la cantidad de tomates comercializables, sino que también obligó a detener el equipo para corregir la falla y evitar mayores pérdidas.



Foto 17: “Separación entre malla y la carcasa de contención - confección propia”



Foto 18: “Separación entre la malla y la plataforma calibre 9 - confección propia”



Foto 19: “Separación cinta transportadora y malla calibradora - confección propia”

Otro factor relevante en la generación de pérdidas es la pequeña separación existente entre las mallas calibradoras y la carcasa de contención. Este espacio crea un punto de fricción donde los tomates pueden quedar atrapados, sufriendo daños por el constante roce con los componentes de la máquina. En muchos casos, este contacto provoca la ruptura del fruto, haciendo que caiga al suelo en un estado no apto para la comercialización. Esta falla estructural representa un desafío importante en la optimización del proceso, ya que no solo afecta la calidad del producto final, sino que también contribuye a tiempos de inactividad al requerir limpieza y mantenimiento continuo para remover los residuos generados.



Foto 20: “Separación placa y maya calibradora – confección propia”

También se identificó que la separación entre las mallas calibradoras, las cuales están divididas por una placa metálica, representa otro punto crítico en el daño de los tomates. Esta separación provoca que algunos frutos queden atrapados, generando fricción que puede ocasionar que el tomate se pele o, en casos más severos, que se rompa completamente. Cuando esto ocurre, el tomate pierde su valor comercial o incluso deja de ser apto para la venta. En el caso de los tomates pelados, aunque aún pueden ser comercializados, su precio disminuye significativamente debido a la alteración en su apariencia y textura.



Foto 21: “Pérdida de tomates por disfunción del equipo – confección propia”

Estos factores evidencian la necesidad de implementar mejoras en el diseño y mantenimiento de la máquina calibradora. La reducción de los espacios problemáticos, el ajuste de la tensión en las cintas transportadoras y la incorporación de materiales que minimicen el daño por fricción pueden contribuir a disminuir las pérdidas y optimizar la calidad del producto final.

3.1.3.3 FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN LA CALIDAD

El proceso de producción de tomates no solo depende de la eficiencia de la maquinaria utilizada en la postcosecha, sino que también está influenciado por múltiples factores externos que pueden afectar la calidad del producto final. Entre estos factores, se encuentran las plagas que atacan los cultivos, las condiciones ambientales adversas y las deficiencias en la gestión agrícola que pueden comprometer la integridad del fruto.

Uno de los principales problemas detectados es el daño causado por plagas como la polilla del tomate, cuyas larvas perforan la piel del fruto y crean galerías internas, lo que no solo deteriora su apariencia, sino que también lo vuelve más susceptible a infecciones por hongos y bacterias. Este tipo de daño reduce significativamente la vida útil del tomate y su valor comercial.

Además, las condiciones ambientales juegan un papel crucial en la calidad del producto. Factores como la variabilidad en la humedad del suelo, la exposición desigual a la luz solar y las temperaturas extremas pueden provocar defectos como tomates partidos, sobre maduración o deformaciones estructurales. La falta de control en estos aspectos puede derivar en un incremento de los productos descartados, lo que afecta directamente la rentabilidad de la producción.

En este apartado, se presentarán las principales afectaciones observadas en los tomates procesados, clasificadas según su origen:

- **Plagas y enfermedades**, con énfasis en el impacto de la polilla en la producción.
- **Factores climáticos y de manejo agrícola**, que influyen en problemas como la textura blanda, la presencia de grietas o la coloración desigual del fruto.
- **Productos de menor calidad comercial**, aquellos que, si bien son aptos para el consumo, presentan defectos que reducen su valor en el mercado.

El análisis de estos factores permite comprender la importancia de una gestión integral en la producción de tomates, no solo enfocada en la eficiencia de la maquinaria, sino también en la prevención y mitigación de daños a lo largo de toda la cadena productiva.



Foto 22: “Tomate con presencia de polilla – confección propia”

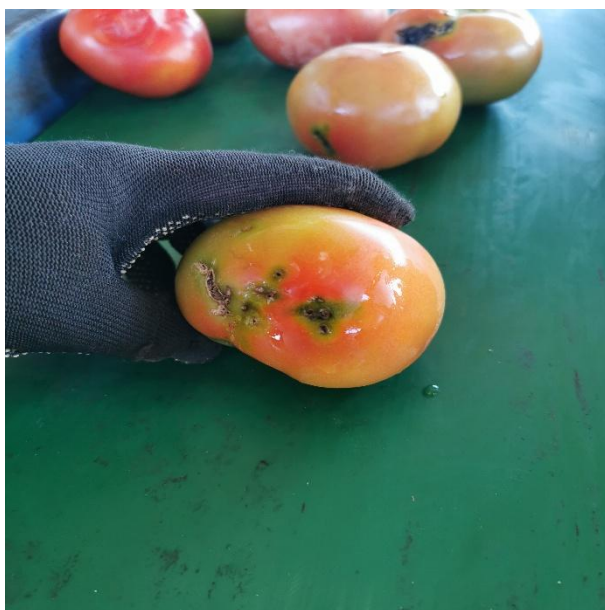


Foto 23: “Tomate en presencia de polillas, jugo de tomate – confección propia”



Foto 24: “Tomate en proceso de pudrición por efecto de polilla – confección propia”

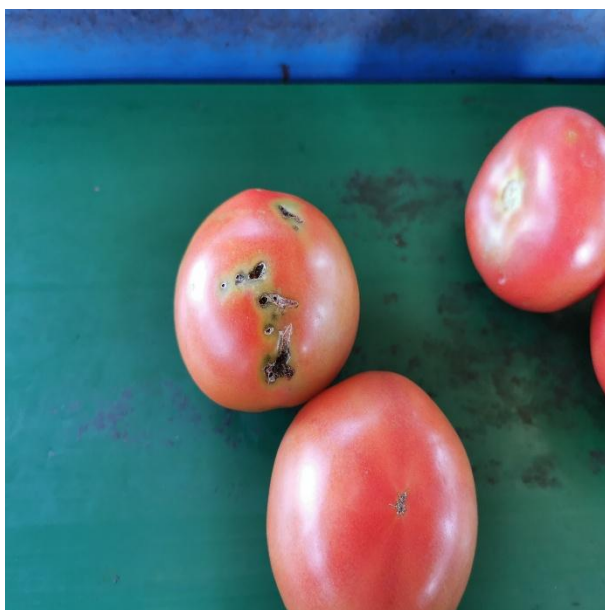


Foto 25: “Tomate con presencia de polillas y galerías – confección propia”



Foto 26: “Tomate con presencia de polilla – confección propia”

Las imágenes muestran daños visibles en los tomates, causados por la polilla. Entre las afectaciones más notorias se encuentran perforaciones y galerías en la piel del fruto, evidenciando que las larvas se han alimentado de su interior. Estos daños comprometen directamente la calidad del tomate, ya que facilitan la entrada de hongos y bacterias, lo que provoca la aparición de zonas negruzcas, pudrición localizada y reblandecimiento del tejido, haciéndolo no apto para su comercialización.

Las posibles causas de esta problemática incluyen fallas en la cobertura de la malla antiviral, permitiendo la infiltración de la plaga; la falta de desinfección de las plantas, lo que permite que la polilla complete su ciclo reproductivo; una insuficiente supervisión de la producción y el estado de los cultivos, lo que retrasa la detección de la plaga; y finalmente, las condiciones ambientales, que pueden estar favoreciendo la proliferación de estos insectos. Para mitigar estos efectos, es fundamental implementar estrategias de control y monitoreo, garantizando la protección del cultivo y minimizando las pérdidas en la producción.

No obstante, esto no es lo único que se presenta como pérdida, también se considera aquellos tomates que están blandos o con una partidura en su proceso natural, o simplemente por deformaciones en su cuerpo:



Foto 27: “Tomata blando – confección propia”

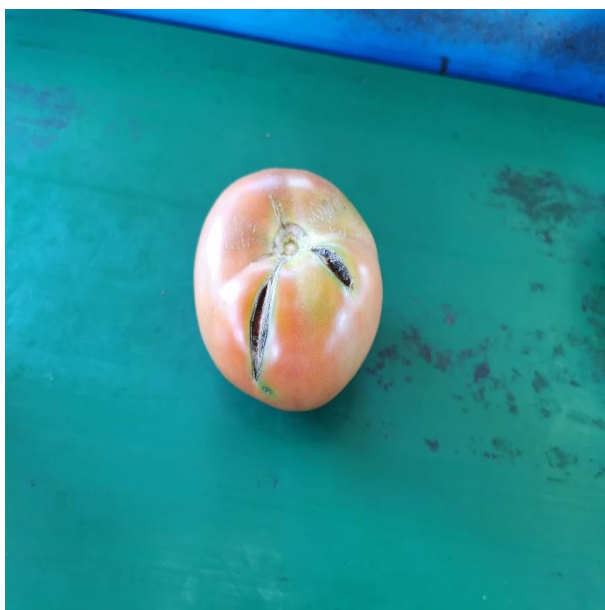


Foto 28: “Tomate partido y con presencia de pudrición – confección propia”

Como se pudo apreciar en las imágenes anteriores, la presencia de tomates con defectos en el proceso de selección es constante. Entre ellos, destacan los tomates partidos, los cuales presentan grietas en la piel, una condición que puede estar relacionada con el estrés hídrico en la planta debido a cambios bruscos en la humedad.

Además, se observan tomates con una textura más blanda de lo habitual, lo que puede atribuirse a un proceso de sobre maduración o a una manipulación inadecuada durante la

cosecha y el traslado. Este deterioro compromete la firmeza del fruto, afectando tanto su calidad como su vida útil en el mercado.

Por último, se presentan los tomates que, aunque presentan ciertos defectos, aún pueden ser comercializados en el mercado. Sin embargo, debido a su apariencia, estos tomates se venden a un precio más bajo y son comúnmente conocidos como **tomates tipo descarte**. Este tipo de producto suele ser adquirido por negocios dedicados al rubro de la comida rápida, ya que su menor costo les permite obtener un mayor margen de beneficio.

Dentro de esta categoría se encuentran los tomates con manchas en la piel, los tomates deformes y los conocidos como **tomates tipo rosca**, caracterizados por su forma irregular. A pesar de sus imperfecciones visuales, estos tomates siguen siendo aptos para el consumo y cumplen una función importante en mercados donde la estética del producto no es un factor determinante en su compra.



Foto 29: “Tomate con líneas bicolor – confección propia”

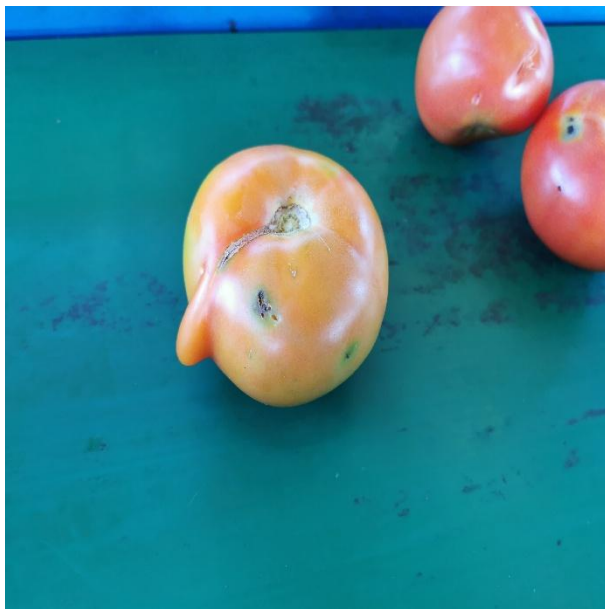


Foto 30: “Tomate con presencia de deformación en su cuerpo – confección propia”



Foto 31: “Tomate Rosca – confección Propia”



Foto 32: “Tomate Rosca – confección propia”

Los tomates presentados en la imagen, aunque no presentan daños estructurales, poseen características particulares que afectan su clasificación dentro del estándar comercial.

Los tomates tipo rosca muestran surcos profundos en su superficie, un fenómeno que puede deberse a irregularidades en la polinización o a variaciones en el crecimiento del fruto causadas por factores ambientales, como cambios en la temperatura o la humedad.

Por otro lado, los tomates bicolors presentan líneas de diferente tonalidad en su piel, con zonas más claras y otras más oscuras. Este efecto puede ser consecuencia de una exposición irregular al sol o de una deficiente absorción de nutrientes, lo que afecta la uniformidad del color y, en consecuencia, su atractivo comercial.

Finalmente, los tomates con protuberancias presentan un crecimiento anómalo en su superficie, lo que genera deformaciones notorias. Este tipo de alteración puede deberse a un desbalance hormonal durante el desarrollo del fruto o a una variación genética.

Si bien estos productos no se ven afectados en su calidad interna, su apariencia inusual reduce su atractivo para el consumidor, lo que disminuye su valor en el mercado. Como resultado, estos tomates suelen destinarse a mercados secundarios o a la industria procesadora, donde la estética del fruto no es un factor determinante para su comercialización.

3.1.3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS OBSERVADOS

El proceso de selección y clasificación de tomates revela una serie de defectos que afectan la calidad del producto final. Estos defectos pueden clasificarse en función de su origen y del impacto que tienen en la comercialización del tomate. La presencia de estos

problemas genera pérdidas económicas, reducción en la eficiencia del proceso y una menor competitividad en el mercado. A continuación, se detallan las principales categorías de defectos observados:

1. Defectos Causados por la Máquina Calibradora

Durante la etapa de calibrado y selección, la máquina puede generar daños en los tomates debido a fallas en su estructura, diseño o desgaste en sus componentes. Algunos de los problemas más comunes incluyen:

- **Cortes y aplastamientos:**
 - Se producen cuando los tomates quedan atrapados entre los rodillos o cuando el sistema de calibrado ejerce una presión excesiva sobre ellos.
 - Esto ocurre principalmente en los puntos de separación entre las mallas calibradoras y la carcasa de contención, donde el roce constante daña la piel del tomate.
 - Los cortes y aplastamientos reducen drásticamente la vida útil del tomate, ya que aceleran su proceso de descomposición y fomentan el desarrollo de hongos y bacterias.
- **Caídas de tomates fuera del sistema de transporte:**
 - La presencia de espacios entre la estructura de la máquina y las cintas transportadoras provoca la caída de tomates al suelo.
 - Esto no solo representa una pérdida directa del producto, sino que también incrementa el tiempo de limpieza y mantenimiento de la maquinaria.
- **Pérdida de piel (tomates pelados o dañados superficialmente):**
 - Algunos tomates sufren abrasiones en la superficie debido a irregularidades en la fricción dentro del equipo.
 - Un mal ajuste en la tensión de las cintas transportadoras puede generar un movimiento brusco, causando que los tomates golpeen repetidamente las paredes de la máquina, debilitando su piel y haciéndolos menos atractivos para la comercialización.
- **Atrapamiento de tomates entre las mallas calibradoras:**
 - La separación entre mallas y estructuras metálicas crea puntos donde los tomates pueden quedar atorados, lo que provoca su deterioro al ser forzados a salir del sistema.
 - En casos extremos, este atrapamiento no solo genera pérdida del tomate, sino que también puede afectar el rendimiento de la máquina al generar acumulaciones de residuos y atascos en el proceso.

2. Defectos de Origen Agronómico y Ambiental

Factores externos al proceso de calibración, como el manejo en campo, las condiciones climáticas y las prácticas agrícolas, pueden afectar la calidad del tomate antes de llegar a la máquina. Algunos de los defectos más comunes incluyen:

- **Tomates partidos:**
 - Se presentan como grietas en la piel y pueden deberse a fluctuaciones en la humedad del suelo.
 - Un riego irregular, combinado con periodos de sequía y posterior exceso de agua, provoca que el fruto absorba líquido de manera descontrolada, aumentando la presión interna y generando rupturas en la piel.
 - Estos tomates son altamente susceptibles a infecciones fúngicas y bacterianas, lo que reduce su tiempo de vida en almacenamiento.
- **Textura blanda o sobre maduración:**
 - Factores como la demora en la cosecha, exposición prolongada al sol y un almacenamiento inadecuado contribuyen a que los tomates presenten una textura más blanda de lo normal.
 - Estos frutos suelen perder firmeza, lo que los hace más propensos a ser dañados durante el transporte y la calibración.
- **Manchas y cambios en la pigmentación:**
 - Los tomates bicolors o con manchas desiguales pueden haber sido afectados por variaciones en la exposición al sol o por deficiencias en la absorción de nutrientes.
 - En algunos casos, la presencia de estrés térmico o ataques de hongos como *Alternaria* pueden generar alteraciones en la coloración del tomate.
- **Tomates deformes:**
 - Este fenómeno puede deberse a problemas en la polinización, fluctuaciones en el crecimiento del fruto o incluso factores genéticos.
 - Aunque estos tomates pueden ser comercializados en mercados secundarios, su demanda es menor debido a su apariencia irregular.

3. Defectos Provocados por Plagas y Enfermedades

Las plagas y enfermedades representan un desafío constante en la producción de tomates, ya que afectan directamente la calidad del producto y generan pérdidas significativas. Entre los principales problemas detectados están:

- **Tomates con perforaciones y galerías:**

- Son el resultado del ataque de la polilla del tomate (*Tuta absoluta*), cuya larva penetra la piel del fruto y se alimenta de su interior.
 - Las perforaciones generadas por este insecto dejan al tomate expuesto a infecciones secundarias por hongos y bacterias, acelerando su descomposición.
 - Si bien algunos frutos pueden ser utilizados para procesamiento industrial, en la venta directa estos tomates son descartados por su bajo atractivo comercial.
- **Podredumbre localizada:**
 - Aparece en tomates con heridas previas, ya sea por daño mecánico o por plagas.
 - Las bacterias y hongos aprovechan estas aberturas para invadir el fruto, provocando la aparición de zonas negruzcas, mal olor y una textura viscosa.
 - Este tipo de daño no solo afecta la apariencia del tomate, sino que también puede representar un riesgo sanitario si no se eliminan adecuadamente los frutos afectados.

4. Impacto en la Comercialización

La clasificación de los defectos observados es fundamental para evaluar la rentabilidad de la producción. En función del tipo y la severidad del daño, los tomates pueden dividirse en tres categorías:

1. Tomates de primera calidad:

- Frutos sin defectos visibles, con tamaño y color uniforme.
- Son los más cotizados en el mercado y destinados a la venta directa en supermercados y exportación.

2. Tomates de segunda calidad:

- Incluyen frutos con defectos menores, como pequeñas manchas o leves irregularidades en la forma.
- Se venden a un precio reducido y suelen destinarse a la industria de alimentos procesados, como salsas y jugos.

3. Tomates tipo descarte:

- Incluyen aquellos con daños severos, como tomates partidos, sobre maduros o afectados por plagas.
- Suelen comercializarse a bajo costo en mercados secundarios o se utilizan en la producción de alimentos en establecimientos de comida rápida, donde la estética no es un factor determinante.

Cada uno de estos defectos influye en el valor comercial del tomate y en su destino dentro del mercado. Mientras que algunos pueden ser descartados por completo, otros aún pueden ser aprovechados en segmentos como la industria de la comida rápida o la transformación en salsas y jugos.

Esta clasificación es crucial para entender los puntos críticos del proceso y tomar medidas correctivas que permitan reducir las pérdidas y optimizar la calidad del producto final.

3.2. PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN MEDIANTE REDISEÑO DE LA MÁQUINA.

Con base en las observaciones realizadas durante el análisis del proceso operativo de la máquina calibradora de tomates, se han identificado deficiencias estructurales y funcionales que afectan directamente la calidad del producto final y la eficiencia del sistema. Estos problemas incluyen la rotura de tomates debido a fricciones en zonas críticas de la máquina y la necesidad de adaptar la velocidad de procesamiento según el flujo de producto para evitar acumulaciones o tiempos muertos.

Ante este escenario, se plantea una propuesta de rediseño parcial de la máquina, orientada a mejorar su desempeño sin necesidad de sustituir completamente el equipo. Las modificaciones propuestas incluyen la incorporación de un **sistema manual de regulación de velocidad**, operado por el trabajador ubicado al final de la cinta, y la **instalación de láminas de caucho en zonas clave de fricción**, con el fin de evitar el daño mecánico en los tomates. Estas soluciones de bajo costo y fácil implementación buscan optimizar el flujo de trabajo, minimizar pérdidas por daño físico en los frutos, y mejorar la calidad del producto final destinado a la comercialización.

Este rediseño no solo responde a una necesidad operativa, sino que también representa una oportunidad para extender la vida útil de la maquinaria existente y aumentar la productividad general sin incurrir en grandes inversiones. A continuación, se describen los sistemas propuestos, sus principios de funcionamiento y los beneficios esperados tras su implementación.

3.2.1. REDISEÑO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD SEGÚN EL FLUJO DE TOMATES

Uno de los principales problemas observados en la operación de la máquina calibradora de tomates es la **falta de control dinámico sobre la velocidad de la cinta transportadora**, lo que afecta la calidad del proceso en los momentos de mayor carga. Cuando hay un flujo excesivo de tomates, el personal encargado de inspeccionar y organizar los productos no logra realizar la selección con precisión, lo que puede resultar en tomates mal clasificados o en pérdidas de producto.

Para mitigar este problema, se propone un **rediseño del sistema de control de velocidad**, integrando un **regulador manual de fácil acceso** que permita **ajustar el ritmo de la cinta transportadora de forma inmediata y sin necesidad de detener la máquina**. Este regulador estaría ubicado al final de la cinta, en el punto donde se encuentra el operario encargado de ordenar los tomates en las gamelas. Esta persona es quien tiene la mejor visibilidad del proceso en tiempo real, por lo tanto, **es la más adecuada para tomar decisiones sobre cuándo acelerar o desacelerar el flujo**.

El sistema podría constar de un **potenciómetro o regulador rotativo** acoplado al variador de frecuencia del motor eléctrico que impulsa la cinta. Este dispositivo permitiría al operario seleccionar de forma gradual la velocidad, adaptándose a las condiciones del momento. En condiciones normales, la cinta puede operar a velocidad estándar, pero ante acumulación excesiva de tomates o si se detectan irregularidades, puede reducirse la velocidad para permitir una inspección visual más detallada y un empaque ordenado.

Este rediseño del equipo otorga un **mayor control operativo al trabajador**, sin comprometer la continuidad del proceso. También es una solución **económicamente viable**, ya que no requiere sensores complejos ni sistemas automáticos costosos, sino una integración sencilla que se adapta al diseño actual de la máquina.

Además, este sistema contribuye a **mejorar la ergonomía y reducir el estrés operativo**, ya que el operario no se ve forzado a trabajar contra el tiempo cuando el flujo de tomates es alto. En consecuencia, se espera una mejora directa en la calidad del producto final, una disminución en los errores de selección y una reducción en los tiempos muertos generados por acumulación.

3.2.1.1 INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD

Para implementar el control manual de la velocidad de la cinta transportadora, se propone instalar un potenciómetro rotativo conectado a un variador de frecuencia (VFD, Variable Frequency Drive) que controle directamente el motor eléctrico de la máquina.

¿Qué es un potenciómetro rotativo?

- Es un componente que actúa como un control de resistencia variable.
- Al girarlo, modifica una señal de voltaje o corriente enviada al sistema que regula la velocidad del motor.

¿Qué es un variador de frecuencia (VFD)?

- Es un dispositivo que controla la velocidad de un motor eléctrico ajustando la frecuencia y el voltaje de la energía que recibe.
- Permite que el motor acelere o desacelere de forma controlada, en tiempo real.

3.2.1.2 PROCESO DE INSTALACIÓN Y UBICACIÓN

Ubicación del potenciómetro:

Se instalará en un panel pequeño o una caja de protección plástica al alcance del operario ubicado al final de la cinta transportadora. Esta posición estratégica asegura que quien ordena los tomates tenga visibilidad total y acceso inmediato para ajustar la velocidad según las condiciones del flujo.

Conexión eléctrica:

El potenciómetro se conecta directamente al puerto de control analógico del variador de frecuencia (normalmente, entradas de 0–10V o 4–20mA).

- Cuando el operario gira el potenciómetro, envía una señal de voltaje proporcional al VFD.
- El VFD interpreta este voltaje y ajusta la frecuencia enviada al motor.

Actuación en el motor:

El variador modifica la frecuencia de la corriente que alimenta el motor:

- Mayor voltaje = mayor frecuencia = más velocidad.
- Menor voltaje = menor frecuencia = menos velocidad. Así, el motor reduce o incrementa su velocidad de forma suave, sin golpes de par ni interrupciones bruscas.

Ajustes de seguridad:

- El VFD puede configurarse con límites de velocidad mínima y máxima para evitar que la cinta sea demasiado lenta o rápida.
- Se instala una protección contra sobrecargas para proteger el motor en caso de mal uso.

3.2.1.3 FUNCIONAMIENTO PASO A PASO

Tabla 7: “Tabla del funcionamiento paso a paso del sistema eléctrico”

ETAPA	ACCIÓN	RESULTADO
1	El operario detecta un exceso o escasez de tomates en la cinta.	Decide si debe reducir o aumentar la velocidad.
2	El operario gira el potenciómetro.	Se varía la señal enviada al VFD.
3	El VFD recibe la nueva señal.	Ajusta la frecuencia de la corriente entregada al motor.
4	El motor cambia su velocidad de rotación.	La cinta transportadora acelera o desacelera suavemente.
5	El flujo de tomates se adapta de forma óptima.	Se optimiza el tiempo de revisión, se reduce el estrés operativo y se mejora la calidad del producto final.

En resumen, El sistema de regulación manual propuesto se basa en un potenciómetro rotativo que actúa sobre el variador de frecuencia, el cual modula la velocidad del motor trifásico que impulsa la cinta transportadora. Esta solución proporciona un ajuste flexible, en tiempo real, sencillo y económico, permitiendo al operario adaptar el ritmo del proceso de selección a las condiciones dinámicas de producción.

3.2.1.4 FLUJO DE CONTROL (DE FORMA SENCILLA)

Botón Regulador (Operario) → Señal analógica (0-10V) → Variador de Frecuencia → Modificación de frecuencia → Motor → Ajuste de la velocidad de la cinta transportadora.

- Si el operario gira el botón hacia un lado → Aumenta la velocidad (mayor flujo de tomates).
- Si el operario gira el botón hacia el otro lado → Reduce la velocidad (permite mayor control y calidad en la selección).

3.2.2. REFORZAMIENTO DE ZONAS CRÍTICAS CON MATERIAL DE GOMA

Con base en las observaciones realizadas durante la operación de la máquina calibradora de tomates, se ha identificado que uno de los principales focos de pérdida ocurre debido al contacto directo entre los tomates y ciertas zonas metálicas de la estructura del equipo. En particular, se producen daños como roturas, peladuras o caídas de los tomates, producto de las fricciones generadas en los espacios existentes entre las mallas calibradoras y la carcasa de contención, así como en las divisiones metálicas entre calibres.

Para mitigar estas pérdidas, se propone el reforzamiento de zonas críticas mediante la instalación de caucho de dureza media, material que cumple con dos funciones esenciales: por un lado, actúa como superficie de absorción de impacto para proteger el tomate; y por otro, evita la fricción directa con el metal, sin comprometer la estructura de la máquina.

A. Reforzamiento en la Superficie Lateral de Contención

- **Ubicación:** Se instalará caucho en toda la extensión de la superficie de contención lateral, donde ocurre el proceso de clasificación de tomates.
- **Dimensiones estimadas:** 7 metros de largo por 80 centímetros de alto.
- **Método de instalación:** El caucho será fijado desde el exterior mediante tornillos, lo que permitirá retirarlo fácilmente al finalizar cada temporada y facilitar su reemplazo.
- **Objetivo:** Evitar que los tomates atraviesen el espacio entre la carcasa metálica y las mallas calibradoras, lo cual actualmente provoca que queden atrapados, se dañen o caigan al suelo, siendo descartados para la venta.

B. Reforzamiento en los Separadores de Calibres

- **Ubicación:** En los separadores metálicos que delimitan el inicio y fin de cada sección de calibración por tamaño.
- **Dimensiones estimadas:** 1,5 metros de largo por 15 centímetros de ancho.
- **Método de instalación:** Fijación con tornillos directamente sobre la división metálica.
- **Objetivo:** Amortiguar el impacto y reducir el atrapamiento de los tomates al cambiar de sección, minimizando así el daño en los frutos por fricción directa o presión entre superficies rígidas.

C. Justificación Técnica del Material

- **Material recomendado:** Caucho de dureza media.
- **Motivo de elección:** Resistente a la abrasión, flexible ante el contacto con el tomate y suficientemente robusto para resistir la presión del flujo constante de producto sin deteriorarse rápidamente.
- **Ventajas:** No compromete la integridad de la máquina, es fácilmente desmontable y su mantenimiento o sustitución es sencillo entre ciclos productivos.

D. Resultados Esperados

- **Reducción significativa de pérdidas por rotura**, peladura o caída de tomates durante el proceso de clasificación.
- **Disminución del tiempo muerto** destinado a limpieza o detenciones correctivas.
- **Aumento de tomates clasificados** aptos para la comercialización.
- **Mejora en la calidad** visual del producto final y su valor comercial.
- **Mantenimiento** eficiente y económico del sistema implementado.

3.3. ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

La propuesta de rediseño de la máquina calibradora de tomates se basa en la incorporación de dos mejoras fundamentales: un sistema de regulación de velocidad manual mediante potenciómetros y la instalación de láminas de caucho en zonas críticas para evitar daños en los tomates. Este análisis tiene como objetivo evaluar tanto los costos directos de implementación como los beneficios esperados a nivel operativo y económico.

3.3.1. PROPUESTA

La propuesta considera la instalación de un variador de frecuencia y un potenciómetros. Esto permitirá al operario regular manualmente la velocidad del motor desde

un punto de control accesible, optimizando el flujo de tomates según la carga operativa. Entre los componentes necesarios, están:

3.3.1.1 COMPONENTES SISTEMA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD

El rediseño incorpora un sistema de control manual mediante variadores de frecuencia y potenciómetros, que permite al operario ubicado al final de cada carril regular la velocidad de la cinta transportadora en función del flujo de tomates.

Variador de Frecuencia (VFD):

- **Función:** Permite controlar la velocidad del motor eléctrico ajustando la frecuencia de la corriente suministrada.
- **Especificaciones:** Potencia de 0,75 kW. Con una tensión de entrada y salida de 380 V, frecuencia de 0 – 400 Hz.
- **Precio Estimado:** \$185.900 CLP
- **Enlace:** ferrelectrica.cl

Potenciómetro para Variador

- **Función:** Dispositivo que permite al operario ajustar manualmente la velocidad del motor.
- **Especificaciones:** potenciómetro rotativo lineal, con una resistencia de 10 kΩ potencia de 2 W, diámetro de montaje de 22 mm.
- **Precio Estimado:** \$6.383 CLP
- **Enlace:** altronics.cl

Caja de Protección para Potenciómetro (Caja Botonera para 22mm 1P S/P MGC)

- **Función:** Protege el potenciómetro de condiciones ambientales adversas y facilita su montaje.
- **Especificaciones:** Policarbonato IP55, dimensiones 85 * 70 * 70 mm. Diseñada para dispositivos de 22 mm de diámetro.
- **Precio Estimado:** \$1.950 CLP
- **Enlace:** ferrelectrica.cl

Gabinete IP65 – Riel DIN Perforado

- **Función:** Protege el Variador de Frecuencia de condiciones ambientales adversas.
- **Especificaciones:** Chapa de acero al carbono, con cierre de empaquetadura de silicona, dimensiones 500 * 400 * 200 mm.
- **Precio Estimado Gabinete Metálico:** \$66.450 CLP
- **Precio Estimado Riel DIN Perforado:** \$1.850 CLP
- **Enlace Gabinete Metálico:** ferrelectrica.cl
- **Enlace Riel DIN Perforado:** ferrelectrica.cl

Materiales de Instalación

- **Incluye:** Cableado, tornillos, tuberías, terminales.
 - Cable alimentación para motor: dartel.cl
 - Cable señal para potenciómetro: erse.cl
 - Caja galvanizada de 20 mm a 25 mm: ferrelectrica.cl
 - Tubería Conduit flexible reforzada acero / PVC 25 mm: ferrelectrica.cl
 - Conector recto para flexible metálico 25 mm: ferrelectrica.cl
 - Tubería Emt 25 mm: ferrelectrica.cl
 - Tubería Emt 20 mm: ferrelectrica.cl
 - Terminal tubería Emt 25 mm: ferrelectrica.cl
 - Terminal tubería Emt 20 mm: ferrelectrica.cl
 - Tornillo autopercutor con golilla y goma: easy.cl

Mano de Obra para Instalación

- **Incluye:** Servicios de un técnico electricista para la instalación y configuración del sistema.
 - Canalización mediante ductos galvanizados desde caja a caja.
 - Instalación de botonera de encendido y apagado (partida y parada) en el extremo de la cinta transportadora, conectada al tablero eléctrico.
 - Instalación de gabinete metálico (tablero de distribución).
 - Instalación de ducto para el alimentador trifásico desde el poste hasta el gabinete. Este alimentador pasa por una protección tetrapolar de 25 amperes, la cual actúa como protección general del circuito.
 - Desde la protección general se deriva a un interruptor automático trifásico de 16 amperes, encargado de alimentar el variador de frecuencia que suministra energía al motor.
 - Instalación de barra de cobre (cooper) con su respectiva caja de registro para conectar el sistema de puesta a tierra de la estructura de la máquina y de los motores.
 - Instalación de tierra de protección en estructuras, cajas y tableros.
 - Instalación del variador de frecuencia con su potenciómetro de control.
 - Instalación de relé de asimetría para la protección ante fallas de fase de la línea de suministro eléctrico.
 - Instalación de luces piloto en el tablero para señalización del estado operativo.
 - Corte, preparación y montaje del tablero eléctrico para el armado completo del circuito.

- **Valor Mano de Obra:**

Tabla 8: “Presupuesto valor mano de obra, para instalación eléctrica del sistema – Elaborado por un profesional con título en electricidad”

Descripción	Valor
• Canalización en la máquina	\$100.000
• Canalización del alimentador desde la red al tablero	\$150.000
• Instalación y cableado de la botonera ON/OFF	\$50.000
• Instalación de tierras de protección en tablero, cajas y estructura de la máquina	\$50.000
• Instalación de relé de asimetría con contactor de protección para tablero y equipos	\$80.000
• Corte, armado y construcción del tablero eléctrico de la máquina	\$800.000
Subtotal Mano de Obra	\$1.230.000
Otros Gastos (traslado, tornillos, terminales, entre otros)	\$60.000
IVA	\$245.100
Valor Total	\$1.535.100

Tabla 9: “Presupuesto sistema regulador de velocidad - confección propia”

Concepto	Cantidad	Costo Unitario (CLP)	Costo Total (CLP)
Variador de Frecuencia	-	-	\$185.900
Potenciómetro	-	-	\$6.383
Caja de Protección para Potenciómetro	-	-	\$1.950
Gabinete IP65	-	-	\$66.450
Riel DIN Perforado (1 m)	-	-	\$1.850
Materiales de instalación	-	-	-
• Cable alimentación para motor (1 m)	4 m	\$2.747	\$10.988
• Cable señal para potenciómetro (1 m)	5 m	\$2.256	\$11.280
• Caja Galvanizada de 20 mm a 25 mm	2	\$3.749	\$7.498
• Tubería Conduit flexible reforzada acero / PVC 25 mm	5 m	\$2.190	\$10.950
• Conector recto para flexible metálico 25 mm	6	\$1.150	\$6.900
• Tubería Emt 25 mm (3 m)	-	-	\$3.350
• Tubería Emt 20 mm (3 m)	-	-	\$2.476
• Terminal tubería EMT 25 mm	2	\$620	\$1.240
• Terminal tubería EMT 20 mm	2	\$440	\$880
• Tornillos y fijadores	-	-	\$9.100
Total, Aproximado			\$327.195

- **Presupuesto Estimado: \$1.862.295**

Idea planteada

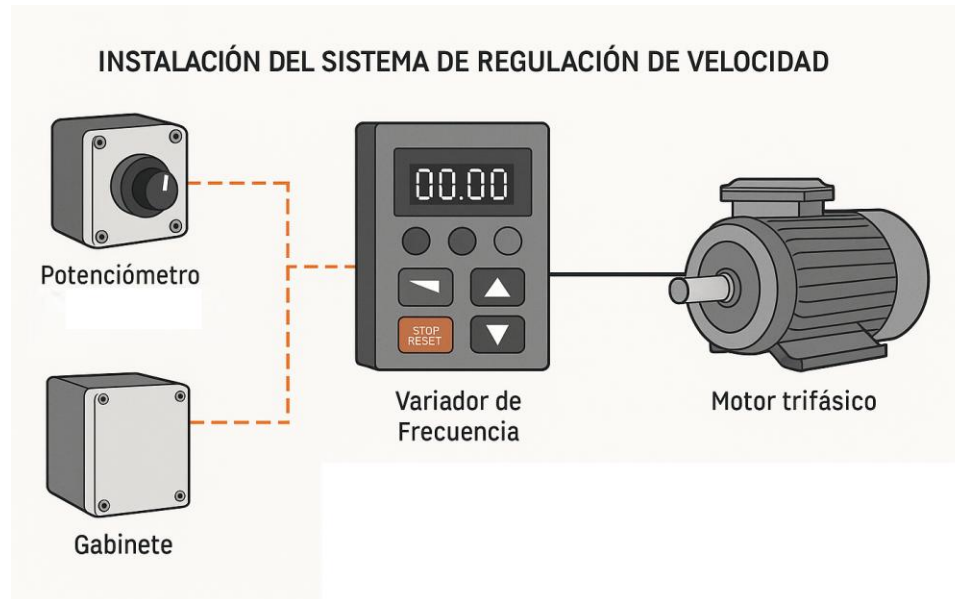


Ilustración 6: “Sistema de regulación de velocidad – confeccionado por IA”

La Ilustración 6 representa el sistema de regulación de velocidad instalado en la máquina calibradora de tomates. El potenciómetro industrial, protegido por una caja IP65, se instala en el costado externo de la máquina para que el operario controle manualmente la velocidad. Desde allí, un cable apantallado recorre 395 cm protegido por tubería PVC y abrazaderas, hasta llegar al gabinete IP65, que alberga el variador de frecuencia. Este gabinete protege el equipo de factores ambientales, y dentro de él se realizan las conexiones eléctricas representadas por las líneas punteadas rojas, que indican el ingreso de señal desde el potenciómetro y la salida de alimentación hacia el motor. Finalmente, el cable desde el variador al motor (a 240 cm de distancia) también va protegido, permitiendo que el motor WEG trifásico reciba una señal regulada de tensión y frecuencia, ajustando su velocidad según el flujo de tomates en la máquina.

Diseño Plasmado



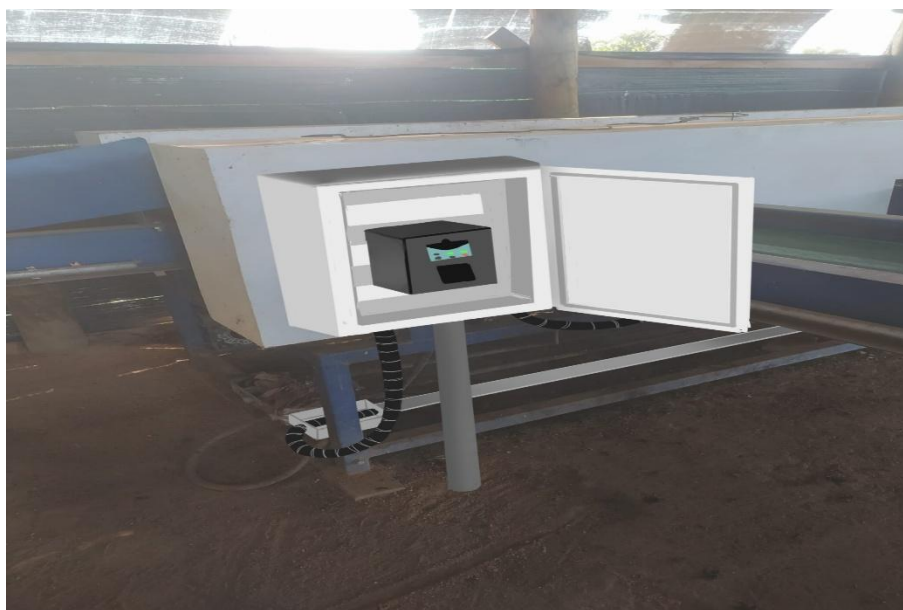
Diseño 1: “Potenciómetro, tubería Emt 25 mm– confeccionado por diseñadora gráfica”



Diseño 2: “Conexión entre tubería Emt 25 mm y Tubería Conduit flexible reforzada acero – confeccionado por diseñadora gráfica”



Diseño 3: “Gabinete IP65 - confeccionado por diseñadora gráfica”



Diseño 4: “Variador de frecuencia y conexiones con tubería Conduit flexible - confeccionado por diseñadora gráfica”



Diseño 5: “Tubería Emt 20 mm, caja galvanizada, conexión a motor – confeccionado por diseñadora gráfica”

3.3.1.1 COMPONENTES PARA EL REFORZAMIENTO CON LÁMINAS DE CAUCHO.

Instalación de caucho en la zona de contención del flujo de tomates para evitar pérdidas por atrapamiento entre mallas y paredes metálicas.

Lámina de Caucho para Superficie Lateral de Contención:

- **Dimensiones requeridas:** Largo 504 cm * Alto 22 cm * Espesor 0,96 cm Necesario para una superficie.
- **Material sugerido:** Caucho NR (Caucho Natural).
- **Dimensiones del Material:** Largo 1000 cm * Alto 100 cm * Espesor 0,96 cm Necesario para dos superficies.
- **Costo Estimado:** \$303.810 CLP/Rollo.
- **Enlace:** FullGomas.cl

Lámina de Caucho para Separadores de Calibres

- **Dimensiones requeridas:** Largo 95 cm * Alto 5 cm * Espesor 0,96 cm para tres superficies / Largo 95 cm * Ancho 16 cm * Espesor 0,96 cm para dos superficies.
- **Material sugerido:** Caucho NR (Caucho Natural).
- **Costo Estimado:** Se utilizará el sobrante de Rollo de caucho comprado para las superficies laterales.
- **Enlace:** FullGomas.cl

Materiales de Fijación

- **Incluye:** Tornillo autoperforante con golilla y goma (Se utilizarán los mismos a utilizar para fijar las Caja galvanizada de 20 mm a 25 mm), Para Separadores se utilizará un adhesivo (Loctite 480).
 - Tornillo autoperforante con golilla y goma: easy.cl
 - Pegamento: mercadolibre.cl

Mano de Obra para Instalación

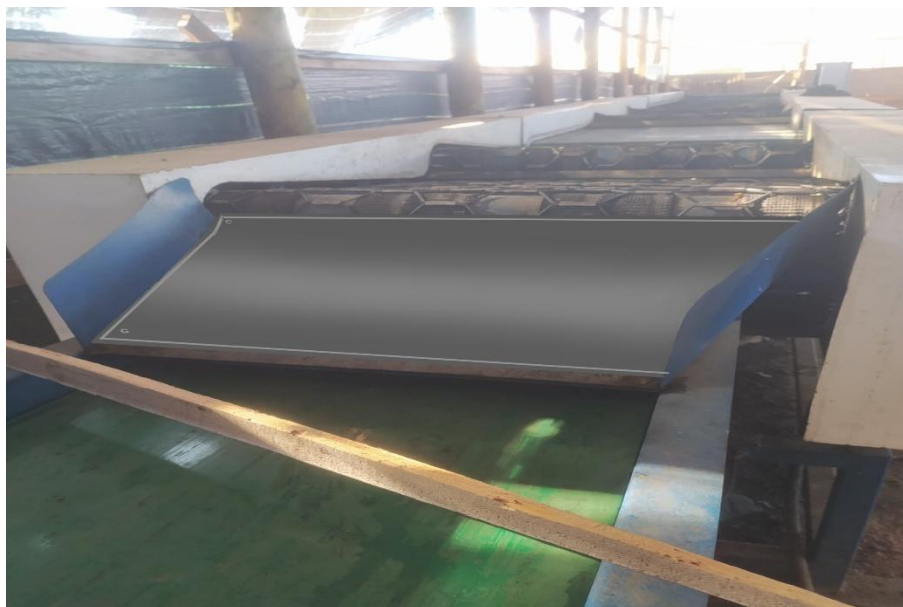
- **Incluye:** Servicios de un técnico electricista para la instalación y configuración del sistema.
- **Precio estimado:** \$ - (Sera implementada por el mismo eléctrico)

Tabla 10: “Tabla de costos asociados a la implementación de láminas protectoras de caucho”

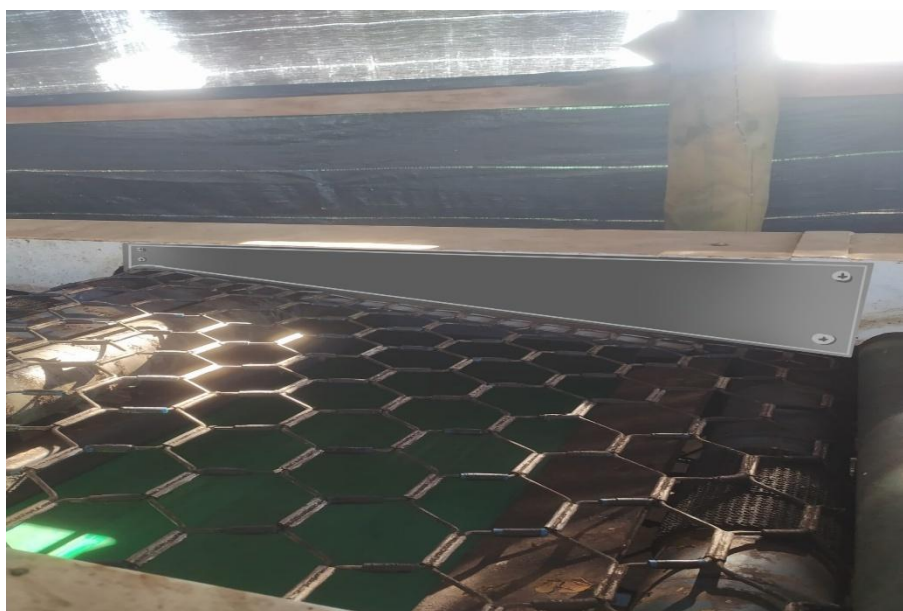
Concepto	Cantidad	Costo Unitario (CLP)	Costo Total (CLP)
Lamina de caucho 10 m (Superficie Lateral)	-	-	\$303.810
Lamina de caucho (separadores)	-	-	-
Materiales de fijación	-	-	-
• Tornillo autoperforante con golilla y goma	-	-	\$9.100
• Pegamento	-	-	\$15.100
Mano de Obra	-	-	-
Total, Aproximado			\$328.010

"Para los separadores de mallas, se reutilizará el material sobrante de las láminas de caucho utilizadas en las superficies laterales, optimizando así el uso de recursos y reduciendo costos."

Diseño Plasmado



Diseño 6: “Instalación de lámina de caucho en la superficie de salida Calibre 9 – confeccionado por diseñadora gráfica”



Diseño 7: “Instalación de lámina de caucho en la superficie lateral del equipo – confeccionado por diseñadora gráfica”

3.3.2. IMPACTO EN LA EFICIENCIA OPERATIVA

- **Reducción de tiempos muertos:** Actualmente se estiman interrupciones de entre 10 y 15 minutos por jornada debido a la sobrecarga de tomates. La posibilidad de ajustar

manualmente la velocidad evitará acumulaciones innecesarias, manteniendo el flujo continuo.

- **Prevención de daños estructurales en los tomates:** El uso del caucho como superficie amortiguadora reduce significativamente las pérdidas por rotura o pelado del tomate, especialmente en las zonas de separación entre calibres.
- **Disminución de limpieza y mantenimiento no programado:** Al evitar la caída de tomates y reducir el daño interno, se minimiza la necesidad de detener la máquina para limpieza urgente o revisión técnica.
- **Disminución del estrés operativo:** Al aliviar cuellos de botella, se reduce la carga de trabajo del personal en las cintas, mejorando su desempeño y bienestar.

3.3.3. BENEFICIOS ESPERADOS

- **Aumento en la calidad del producto final**
 - Menor tasa de descarte por daño mecánico
 - Mayores volúmenes de tomates clasificados como "primera calidad"

Tabla 11: “Tabla de proyección de pérdidas tras rediseño”

Concepto (Entrega)	Estimación actual (Cajas)	Estimación (18 kg)	Proyección tras mejora (18 kg)
Tomates Perdida	14 cajas en mal estado	252 kg	≈126 kg
Tomate Perdida por mes (8 entregas)	112 cajas en mal estado	2016 kg	≈1008 kg

- **Mejor aprovechamiento del personal**
 - Menor presión sobre los operarios en las cintas
 - Aumento de la eficiencia en la supervisión y envasado

Tabla 12: “Tabla de proyección de tiempo tras rediseño”

Causa de inactividad	Estimación actual	Proyección tras mejora
Paradas por atascos	10 a 15 minutos diarios	3 a 5 minutos diarios
Paradas por limpieza por roturas	5 a 10 minutos diarios	0 a 3 minutos diarios
Reducción proyectada por día	-	3 a 8 minutos diarios

- **Sostenibilidad a largo plazo**
 - Reducción de piezas dañadas por atascos o vibraciones
 - Mayor vida útil de los componentes de la máquina
 - Posibilidad de replicar el diseño en otras unidades productivas
- **Retorno de inversión**
 - Se proyecta una reducción significativa de pérdidas y un impacto positivo en la rentabilidad por unidad procesada.

Tabla 13: “Tabla de proyección de valores después del Rediseño.”

Implementando rediseño (Precio venta)			
Concepto (Entrega)	Estimación por pasada (Cajas)	Estimación (18 kg)	Proyección tras mejora (18 kg)
Tomates Perdida	14 cajas en mal estado	252 kg	≈126 kg
Valor Estimado por carga, Precio Bajo	≈\$5.000 CLP	\$70.000 CLP	\$35.000 CLP
Valor Estimado por carga, Precio Alto	≈\$24.000 CLP	\$336.000 CLP	\$168.000 CLP
Perdida Estimado por mes (8 Cargas)	112 cajas en mal estado	2.016 kg	≈1.008 kg
Valor Estimado por mes Precio Bajo (8 cargas)	≈\$5.000 CLP	\$560.000 CLP	\$280.000 CLP
Valor Estimado por mes Precio Alto (8 cargas)	≈\$24.000 CLP	\$2.688.000 CLP	\$1.344.000 CLP
Perdida Estimado por 3 meses	336 cajas en mal estado	6.048 kg	≈3.024 kg
Valor Estimado por 3 meses, Precio Bajo	≈\$5.000 CLP	\$1.680.000 CLP	\$840.000 CLP
Valor Estimado por 3 meses, Precio Alto	≈\$24.000 CLP	\$8.064.000 CLP	\$4.032.000 CLP

El rediseño propuesto, basado en la incorporación de un sistema de regulación de velocidad y la instalación de superficies de caucho en zonas críticas, tiene como objetivo reducir significativamente las pérdidas de tomates durante el proceso de calibración. La tabla anterior resume una proyección estimada del beneficio económico, considerando las pérdidas actuales versus las esperadas tras la mejora, utilizando datos correspondientes al primer mes de cosecha:

- Antes del rediseño, se estimaba una pérdida de aproximadamente **252 kilogramos por pasada**, considerando que mensualmente se realizan **8 cargas**. Esto representa un impacto económico negativo considerable, tanto en términos de volumen como de valor de venta.
- Tras el rediseño, se proyecta una reducción de aproximadamente el **50% en las pérdidas**, por lo que, para una pérdida inicial de 252 kilogramos, se espera un descenso a **menos de 126 kilogramos por pasada**.

Esto se traduce en:

- Una disminución mensual de pérdidas desde **2.016 kilogramos** a aproximadamente **1.008 kilogramos**.
- Un ahorro estimado, dependiendo del precio de venta del tomate, entre **\$280.000 CLP** y **\$1.344.000 CLP en el primer mes**.

Este resultado cobra especial relevancia considerando que la mejora fue implementada desde el inicio de la temporada, lo cual permite optimizar la rentabilidad desde las primeras etapas del proceso. A medida que avance la producción y se mantenga la eficiencia operativa, estos beneficios podrían acumularse, justificando plenamente la inversión realizada en el sistema de control de velocidad y en los refuerzos de caucho.

3.4.CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

El presente capítulo ha permitido identificar con precisión los principales factores que afectan el desempeño de la máquina calibradora de tomates, tanto a nivel técnico como operativo. A partir de este diagnóstico, se han propuesto mejoras concretas orientadas a optimizar el funcionamiento del equipo sin recurrir a una automatización compleja, priorizando un enfoque de rediseño adaptado a las condiciones reales de trabajo.

Las soluciones presentadas —el sistema de regulación de velocidad manual mediante variadores de frecuencia y potenciómetros, y el reforzamiento de zonas críticas con láminas de caucho— responden directamente a los cuellos de botella, pérdidas de producto y estrés del personal observados durante el proceso de clasificación. Ambas iniciativas destacan por su viabilidad técnica, bajo costo relativo y alto impacto esperado en la eficiencia y calidad del proceso.

Asimismo, el análisis de costos y beneficios ha evidenciado que estas mejoras no solo son técnicamente factibles, sino también económicamente justificables. La reducción proyectada en pérdidas de tomates, la disminución de tiempos improductivos y el alivio en la carga operativa del personal constituyen beneficios tangibles e intangibles que respaldan la implementación del rediseño.

Con este capítulo se sientan las bases para una mejora continua del proceso, demostrando que, con soluciones funcionales y bien planificadas, es posible aumentar la productividad y reducir mermas sin incurrir en inversiones excesivas.

CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha logrado identificar y analizar las principales deficiencias operativas de la máquina calibradora de tomates en el proceso de selección y clasificación. El diagnóstico permitió evidenciar que los problemas recurrentes de pérdidas de producto, tiempos muertos y daños en los tomates se originan tanto en aspectos estructurales de la máquina como en la ausencia de un control dinámico sobre la velocidad de procesamiento.

El rediseño propuesto, que contempla la implementación de un sistema de regulación de velocidad mediante variador de frecuencia y potenciómetro, junto con el reforzamiento de zonas críticas con láminas de caucho, representa una solución viable y de bajo costo en comparación con la adquisición de maquinaria nueva o sistemas automatizados complejos. Esta intervención permite optimizar el flujo de tomates, reducir el impacto mecánico sobre el fruto y mejorar el rendimiento del equipo en términos de eficiencia y calidad del producto final.

Asimismo, las mejoras propuestas contribuyen a disminuir la carga de trabajo y el estrés operativo del personal, promoviendo un ambiente laboral más controlado y productivo. Los beneficios proyectados no solo se reflejan en la reducción de pérdidas económicas, sino también en la extensión de la vida útil de la maquinaria, consolidando un modelo productivo más rentable y sostenible.

RECOMENDACIONES

Implementación progresiva del rediseño: Se sugiere ejecutar las modificaciones propuestas en periodos de baja producción o entre temporadas agrícolas, para asegurar una correcta instalación, pruebas de funcionamiento y ajustes necesarios sin afectar la operación.

Capacitación al personal: Es recomendable capacitar al operario encargado del potenciómetro y el variador de frecuencia, para garantizar un uso adecuado del sistema de control de velocidad y evitar daños al equipo o al producto.

Mantenimiento preventivo: Establecer un plan de mantenimiento periódico para verificar el estado de las láminas de caucho, la integridad de las cintas transportadoras y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

Evaluación constante del desempeño: Realizar mediciones continuas sobre la eficiencia del proceso post-rediseño, con el fin de validar los beneficios obtenidos y detectar nuevas oportunidades de mejora.

REFERENCIAS

FAO – Historia y expansión del tomate

Título: El viaje del tomate: de la curiosidad venenosa al ingrediente popular

Organización: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Fecha de publicación: 2021

Enlace: [THE JOURNEY FROM POISONOUS CURIOSITY TO POPULAR INGREDIENT](#)

FAO – Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la Cadena del Tomate

Título: Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para la cadena del tomate

Organización: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Año: 2010

Enlace: [MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA CADENA DE TOMATE](#)

UPRM – Cosecha y manejo postcosecha del tomate

Título: Tomate: Cosecha y Manejo Postcosecha

Autor: Manuel Díaz

Institución: Universidad de Puerto Rico en Mayagüez (UPRM)

Año: 2007

Enlace: [COSECHA Y MANEJO POSTCOSECHA DEL TOMATE](#)

FUENTES DE INFORMACIÓN – CAPÍTULO 2 Y 3

La información presentada en los capítulos 2 y 3 de esta tesis proviene de experiencias directas en el campo laboral, observaciones técnicas realizadas en terreno y el análisis práctico del funcionamiento de la máquina calibradora de tomates.

El contenido fue complementado con aportes provenientes de diversas fuentes:

- **Personal operativo:** se recogieron observaciones, quejas y sugerencias del equipo de trabajo que opera la máquina, quienes evidenciaron las principales problemáticas en el proceso de clasificación.

- **Empresa constructora de la máquina:** se estableció contacto para validar detalles estructurales y discutir posibles soluciones de rediseño que no comprometieran la funcionalidad del equipo.
- **Profesional eléctrico certificado:** se solicitó una cotización formal y asesoría técnica para definir la viabilidad de la instalación eléctrica del sistema de regulación de velocidad.
- **Diseñadora gráfica profesional:** colaboró en la representación visual de los sistemas propuestos, facilitando la comprensión técnica de los rediseños y sus componentes.

Toda esta información ha sido sintetizada y documentada con el objetivo de generar una propuesta viable, sustentada en la realidad operativa y en soluciones aplicables dentro del contexto agrícola.