

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Aumentar disponibilidad en línea de congelado de banano QFD

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Jhon Fernando Armijos Feijoo

Kristy Elizabeth Coronado Caiche

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a Dios, por brindarme la sabiduría y la paciencia para persistir y luchar por mi sueño de ser un gran ingeniero, en segundo lugar, a mis padres y hermanos que han estado pendiente durante toda mi vida estudiantil, apoyándome en absolutamente todo para salir adelante. Finalmente, a la universidad junto a sus profesores, por haberme recibido e impartido su conocimiento llegando de esa manera a la excelencia personal y profesional.

Jhon Fernando Armijos Feijoo

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, que me han apoyado durante toda mi vida estudiantil y me han incentivado a ser cada día mejor, nunca darme por vencida y siempre buscar la excelencia. A esta institución que me ha acogido durante todos estos años y me ha brindado todo el conocimiento para poder ser una profesional impecable.

Kristy Elizabeth Coronado Caiche

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento rotundo a mis padres, profesores, compañera de tesis y tutor por brindar el apoyo incondicional durante el desarrollo de esta gran carrera universitaria y proyecto integrador, el cual no ha sido tan fácil, pero lo he logrado junto con todos ellos. Además, agradezco a una persona en especial, por ofrecer su ayuda cuando más lo he necesitado, así sea estando a varios kilómetros de distancia.

Jhon Fernando Armijos Feijoo

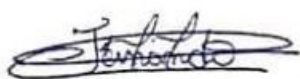
AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a cada uno de los tutores y profesores que, con su paciencia y enseñanzas, han enriquecido mi conocimiento durante todo este tiempo. Y un especial agradecimiento a la persona que desde el inicio de este largo camino me ha estado apoyando incondicionalmente.

Kristy Elizabeth Coronado Caiche

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jhon Fernando Armijos Feijoo* y *Kristy Elizabeth Coronado Caiche* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Jhon Fernando Armijos Feijoo



Kristy Elizabeth Coronado Caiche

EVALUADORES

Ing. Sofia López

PROFESOR DE LA MATERIA

Dr. Marcos Buestán

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El siguiente proyecto integrador está enfocado en una industria de alimentos que principalmente produce rebanadas de banano que son exportados a diferentes países. Por lo tanto, se desea incrementar la disponibilidad de la línea de congelación #5 en un 4%, sin embargo, se evidencian una serie de paros programados como no programados que afectan al indicador sin llegar a cumplir con la capacidad de congelación nominal. Se aplicará la metodología DMAIC en el siguiente estudio, con el fin de buscar las mejoras más factibles para satisfacer la necesidad del cliente. En primer lugar, se levantó información de la empresa como sus requerimientos, expectativas y objetivos a cumplir, luego en la etapa de medir se verificó la confiabilidad de los datos, en donde se usaron distintas herramientas estadísticas. Posterior a ello, se identificaron y analizaron las diferentes causas raíz a partir del análisis del 5 por qué con el fin de proponer las soluciones más adecuadas que beneficien a la empresa y a los objetivos propuestos. En la última etapa de control se generaron acciones para mantener el cumplimiento de procedimientos, estándares y controles visuales. Finalmente, la disponibilidad de la línea mantiene un 77%, lo que conlleva a un incremento de 64 toneladas al mes, que representan una ganancia adicional de \$21,507.43, a su vez una reducción en 1 % del consumo de energía por la baja utilización de equipos y por consiguiente una disminución a 5.5 días laborados a la semana por el cumplimiento de los planes de producción anticipadamente.

Palabras Clave: Proyecto Integrador, rebanadas de banano, disponibilidad, DMAIC, estándares.

ABSTRACT

The next integrative project is focused on a food industry that mainly produces banana slices that are exported to different countries. Therefore, it is desired to increase the availability of freeze line #5 by 4%, however, there is evidence of a series of scheduled and unscheduled downtime that affects the indicator without meeting the nominal freezing capacity. The DMAIC methodology will be applied in the following study, to look for the most feasible improvements to meet the client's need. First, information was collected from the company such as its requirements, expectations, and objectives to meet, then in the measurement stage the reliability of the data was verified, where different statistical tools were used. Following this, the different root causes were identified and analyzed from the 5 Why analysis to propose the most appropriate solutions that benefit the company and the proposed objectives. In the last stage of control, actions were generated to maintain compliance with procedures, standards, and visual controls. Finally, line availability maintains 77%, leading to an increase of 64 tons per month, which represents an additional gain of \$21,507.43. at the same time a reduction of 1 % of the energy consumption due to the low utilization of equipment and consequently a decrease to 5.5 working days a week due to the fulfillment of the production plans in advance.

Keywords: *Integrative Project, banana slices, availability, DMAIC, standards*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 Variable de interés	3
1.1.2 Triple Botton Line Metrics	4
1.1.3 Alcance del proyecto.....	4
1.1.4 Restricciones	5
1.2 Justificación del problema.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Marco teórico	6
1.4.1 Six sigma	6
1.4.2 DMAIC	7
1.4.3 Definir	7
1.4.4 Medir.....	7
1.4.5 Analizar	7
1.4.6 Mejorar.....	7
1.4.7 Controlar	7
1.4.8 VOC.....	7
1.4.9 Diagrama de Pareto	8

1.4.10	SIPOC.....	8
1.4.11	Gráfica de control	8
1.4.12	Disponibilidad.....	8
1.4.13	Análisis de capacidad	8
1.4.14	Procedimiento operativo estandarizado.....	8
1.4.15	Diagrama Ishikawa	9
1.4.16	Herramienta 5 por qué	9
1.4.17	SMED	9
CAPÍTULO 2.....		10
2.	METODOLOGÍA	10
2.1	Medición	10
2.1.1	Plan de recolección de datos.....	10
2.1.2	Verificación de datos.....	13
2.1.3	Mapeo de proceso	21
2.2	Análisis	25
2.2.1	Lluvia de ideas de causas potenciales.....	26
2.2.2	Análisis problema enfocado	35
2.2.3	Análisis 5 ¿Por qué?	45
2.3	Mejora.....	47
2.3.1	Soluciones Potenciales	47
2.3.2	Evaluación de propuestas de mejora	49
2.3.3	Selección de propuestas de mejora	50
2.3.4	Plan de implementación de soluciones	51
CAPÍTULO 3.....		62
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	62
3.1	Implementar un sistema de control de altura con sensores fotoeléctricos de reflexión en carrusel.....	62
3.3.1.	Funcionalidad.....	62
3.3.2.	Beneficios y control.....	63
3.2	Reemplazar el material del pasador de polipropileno a acetal	65
3.3	Estandarización del proceso de control e inspección al inicio de la línea (Checklist).....	67
3.4	Aplicación de la herramienta SMED en el proceso de limpieza	68
3.5	Escenarios antes y después de la implementación en las fallas mecánicas	70

3.6 Plan de control.....	71
3.7 Análisis de las variables CTQ	72
3.8 Análisis de las variables CTQ Sostenibilidad	73
3.9 Análisis KPI disponibilidad	74
3.9.1 Disponibilidad en el tiempo	77
CAPÍTULO 4.....	78
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
4.1 Conclusiones	78
4.2 Recomendaciones	78
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICE	

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
KPI	Indicador clave de rendimiento
USD	Dólares
Gemba	Sitio de acción

SIMBOLOGÍA

m	metro
m ²	metro cuadrado
cm	centímetro
ton	tonelada
kg	kilogramo
min	minutos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cadena de suministro.....	1
Figura 1.2 Gráfica de tendencia de disponibilidad.....	2
Figura 1.3 Herramienta 3W+2H Definición de problema	2
Figura 1.4 Lluvia de ideas.....	3
Figura 1.5 CTQ.....	3
Figura 1.6 Pilares de sostenibilidad	4
Figura 1.7 SIPOC	5
Figura 2.1 Prueba de confiabilidad de datos histórico vs observados.....	13
Figura 2.2 Diagrama de cajas histórico vs observados	14
Figura 2.3 Pareto de paradas	15
Figura 2.4 Pareto de fallas por averías.....	16
Figura 2.5 Fallas mecánicas en carrusel	17
Figura 2.6 Tiempos de paro por carrusel real vs histórico	17
Figura 2.7 Prueba T e IC de muestras Histórico vs observados.....	18
Figura 2.8 Gráfico de duración de limpiezas en horas.....	19
Figura 2.9 Estadísticas del proceso de limpieza	20
Figura 2.10 Análisis de capacidad limpieza	20
Figura 2.11 11 3W 2H Excesivo tiempos de limpieza	21
Figura 2.12 Diagrama del flujo del proceso general.....	22
Figura 2.13 Actividades identificadas dentro del proceso general	23
Figura 2.14 Diagrama de actividades	24
Figura 2.15 Tiempo total de actividades	24
Figura 2.16 Identificación de cuello de botella	25
Figura 2.17 Lluvia de ideas-Limpieza	26
Figura 2.18 Diagrama Ishikawa-Limpieza.....	26
Figura 2.19 Criterios de evaluación de causas potenciales.....	27
Figura 2.20 Matriz de impacto control – Limpieza	30
Figura 2.21 Lluvia de ideas – Averías mecánicas en el carrusel	31
Figura 2.22 Ishikawa – Averías mecánicas en el carrusel	31
Figura 2.23 Criterios de evaluación de causas potenciales.....	32
Figura 2.24 Matriz impacto - Averías mecánicas en el carrusel	35
Figura 2.25 Prueba T e IC de Minuto de limpieza	37

Figura 2.26 Diagrama de caja minutos de limpieza	37
Figura 2.27 Mala distribución del peso	39
Figura 2.28 Prueba T Peso vs turno	39
Figura 2.29 Diagramas de cajas Peso, tiempo perdido.....	39
Figura 2.30 Gráfico de intervalos tiempo perdido vs peso	40
Figura 2.31 ANOVA Tiempo perdido vs Peso vs Turno.....	40
Figura 2.32 Prueba T e IC y Diagramas cambios diarios vs Material	42
Figura 2.33 Prueba sobre el cambio de material	42
Figura 2.34 T e IC de Min perdidos vs Revisión de parámetros de arranque	44
Figura 2.35 Diagramas minutos perdidos vs Revisión de parámetros de arranque	44
Figura 2.36 Criterios de evaluación de propuestas de mejora.....	49
Figura 2.37 Matriz impacto y esfuerzo	50
Figura 2.38 Características de implementos del sistema de control.....	53
Figura 2.39 Parámetros de control.....	54
Figura 2.40 Configuraciones propuestas vs actual del equipo.....	54
Figura 2.41 Prueba T e IC para dos proporciones de la configuración propuesta vs actual.....	55
Figura 2.42 Ficha técnica pasador de acetal	56
Figura 2.43 Ficha técnica pasador polipropileno	56
Figura 2.44 Modelo de Checklist a implementar	57
Figura 2.45 Diagrama de Gantt de actividades del proceso de limpieza – Antes	58
Figura 2.46 Identificación y separación de actividades en el proceso de limpieza	58
Figura 2.47 Actividades internas que se volvieron externas dentro del proceso de limpieza	59
Figura 2.48 Diagrama de Gantt de actividades del proceso de limpieza – Después.....	60
Figura 2.49 Tiempos de limpieza (min) antes vs. Propuesta	60
Figura 2.50 Tiempo (min) de actividades internas y actividades externas antes	60
Figura 2.51 Tiempo (min) de actividades internas y actividades externas después	60
Figura 3.1 Plano de implementación	62
Figura 3.2 Evidencia de implementación	63
Figura 3.3 Distribución de banano en el carrusel.....	64
Figura 3.4 Lección de un punto.....	64
Figura 3.5 Promedio en minutos de paradas al día	65
Figura 3.6 Promedio de paradas al día.....	65

Figura 3.7 Prueba T e IC cambio diarios, material	65
Figura 3.8 Diagrama de caja cambios diarios.....	66
Figura 3.9 KPI Frecuencia de cambios de pasadores	66
Figura 3.10 Evidencias de las pruebas de pasador	67
Figura 3.11 Checklist de arranque de línea.....	67
Figura 3.12 Diagramas sobre la estandarización del proceso de arranque de línea	68
Figura 3.13 Diagramas sobre el resultado de SMED en proceso de limpieza	69
Figura 3.14 KPI Tiempo de limpieza profunda.....	69
Figura 3.15 Procedimiento de limpieza profunda.....	70
Figura 3.16 Antes y después de la implementación en las fallas mecánicas.....	70
Figura 3.17 Actividades y tiempos reducidos.....	72
Figura 3.18 Pilares de la sostenibilidad	73
Figura 3.19 Análisis de la disponibilidad antes vs después	74
Figura 3.20 Reporte de capacidad del porcentaje de disponibilidad	75
Figura 3.21 Test de normalidad en el porcentaje de disponibilidad.....	76
Figura 3.22 Prueba T e IC de antes y después	76
Figura 3.23 Disponibilidad antes vs después.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	11
Tabla 2.2 Escenarios de mejora	16
Tabla 2.3 Datos recolectados	19
Tabla 2.4 Matriz de priorización de causas-Limpieza	27
Tabla 2.5 Matriz de ponderaciones-Averías mecánicas en el carrusel.....	32
Tabla 2.6 Plan de verificación de causas.....	35
Tabla 2.7 Datos de prueba de calidad	36
Tabla 2.8 Plan de verificación de causas - Averías mecánicas en el carrusel.....	38
Tabla 2.9 Datos de cambios diarios del pasador	41
Tabla 2.10 Datos de revisión del arranque de línea.....	43
Tabla 2.11 5W - Altos tiempos de limpieza.....	45
Tabla 2.12 5W - Exceso de carga de kg de plátanos en el carrusel.....	45
Tabla 2.13 5W – Pasador frágil	46
Tabla 2.14 5W - Ineficiente control al arranque de la línea.....	46
Tabla 2.15 Causas potenciales y raíces	47
Tabla 2.16 Soluciones Potenciales.....	47
Tabla 2.17 Presupuesto de escenarios.....	48
Tabla 2.18 Estimación de costos	48
Tabla 2.19 Matriz de selección de soluciones.....	49
Tabla 2.20 Implementación de soluciones.....	51
Tabla 3.1 Comparación de materiales	66
Tabla 3.2 Plan de control.....	71
Tabla 3.3 Ahorro económico.....	74

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La empresa en la cual se llevó a cabo el proyecto de mejora es una empresa ecuatoriana de alimentos congelados, dedicada al suministro, industrialización y exportación de conservas, pulpa de frutas o vegetales a través del deshidratado, secado y congelado.

Al ser una compañía dedicada a la exportación de alimentos, cuenta con diversas certificaciones nacionales e internacionales de calidad e inocuidad para la elaboración y procesamiento de sus productos, teniendo como objetivo principal la seguridad alimentaria.

Dentro de los productos comercializados por la empresa, posee una línea de banano congelado, la cual inicia con el abastecimiento de materia prima, limpieza de la fruta, pelado, corte, maquillado y finalmente el congelado del producto para empacarlo y enviarlo a las bodegas de almacenamiento esperando ser recolectadas y comercializadas. Para una mejor apreciación de lo mencionado, se muestra la cadena de suministro en la siguiente ilustración.

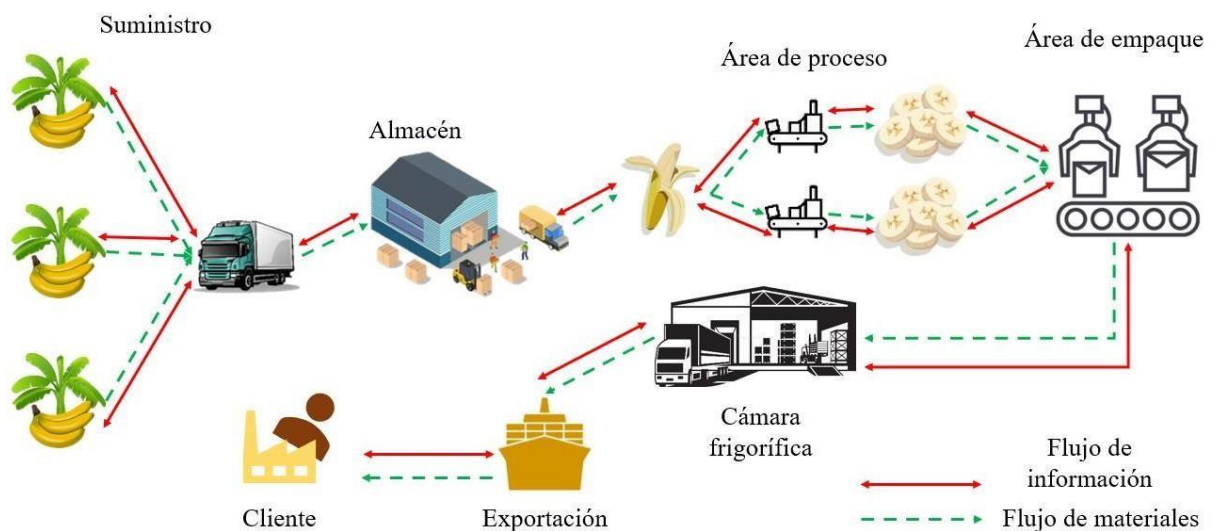


Figura 1.1 Cadena de suministro [Elaboración propia]

1.1 Descripción del problema

El proyecto de mejora surge desde la necesidad de la compañía de incrementar la

disponibilidad de la producción de banano congelado en trozos de la línea de producción #5, la capacidad nominal de la línea es de 4000 kg hora, sin embargo, su tasa real es de 2000 kg hora, debido que en la cual existen paradas frecuentes que están afectando a los equipos críticos de la línea, y ocasionan que el porcentaje del KPI sea bajo, por lo tanto, se determina las mejoras que permitan incrementar el indicador. Para esto es necesario identificar los tipos de paradas que afectan su disponibilidad.

En la siguiente gráfica se puede observar la tendencia de la disponibilidad de la línea durante los meses de enero hasta junio, donde presenta un promedio del 72%; también muestra la determinación del objetivo considerando el promedio y el límite estandarizado por la compañía que es del 80% de disponibilidad.



Figura 1.2 Gráfica de tendencia de disponibilidad [Elaboración propia]

Para entender el problema de una mejor manera se hizo uso de la herramienta 3W+2H, tal como se muestra en la figura a continuación:



Figura 1.3 Herramienta 3W+2H Definición de problema [Elaboración propia]

Siendo el problema de la siguiente manera: “En una industria alimentaria existe una disponibilidad promedio del 72% en la línea de congelación de banano #5 de enero a junio de 2022, sin embargo, la compañía espera un objetivo del 80%”.

1.1.1 Variable de interés

Para poder identificar la variable de interés del proyecto, se realizó una lluvia de ideas con las áreas involucradas de la empresa, tal como se muestra en la imagen a continuación:

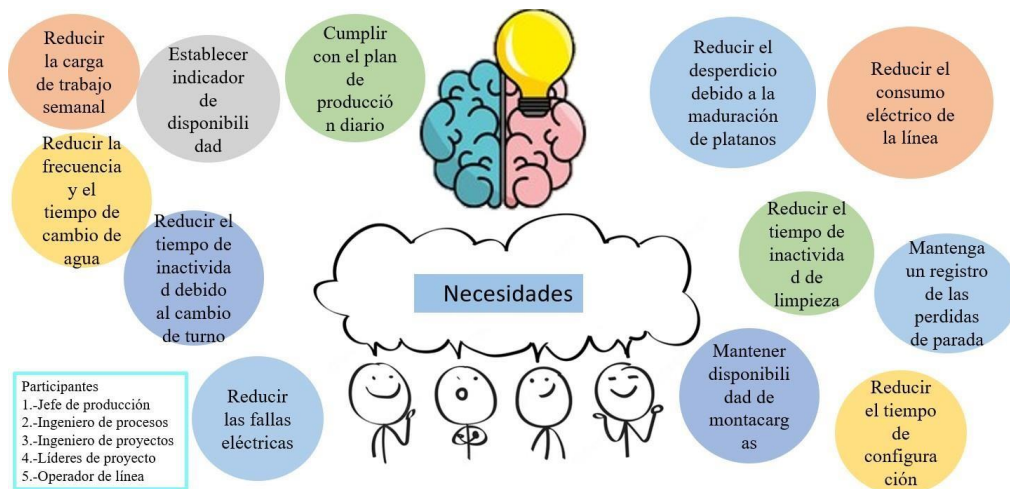


Figura 1.4 Lluvia de ideas [Elaboración propia]

Una vez realizada la lluvia de ideas se clasificaron y se determinaron los críticos de calidad (CTQ'S) obteniendo lo siguiente:

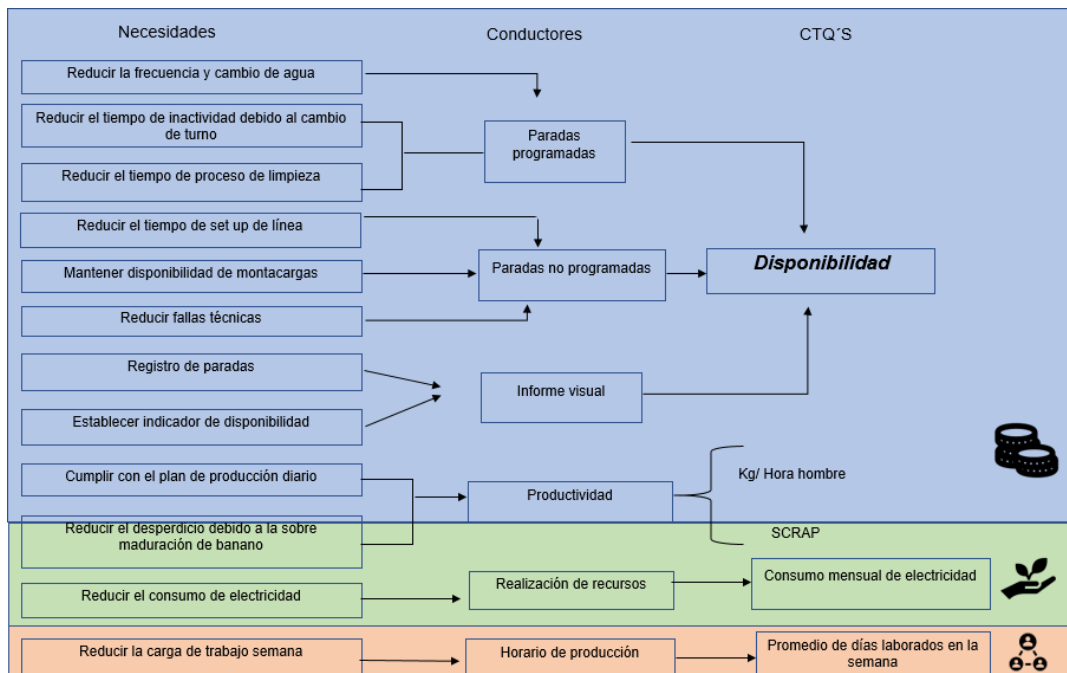


Figura 1.5 CTQ [Elaboración propia]

Con todas estas herramientas utilizadas, se tiene como variable de interés el porcentaje de disponibilidad de la línea, la cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\%Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo planificado} - \text{Tiempo de paros no programados}}{\text{Tiempo planificado}} \quad (1.1)$$

1.1.2 Triple Botton Line Metrics

Las métricas triples son: La productividad, cuyo objetivo principal es la reducción de los costos de producción. Como segunda métrica es el costo de luz, el fin es minimizar el consumo para mantener un equilibrio con el medio ambiente; y en el ámbito social es la planificación de horarios de trabajo, ya que se busca disminuir la carga operacional semanal. Las siguientes métricas son presentadas a continuación a través de la gráfica.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Kilogramos producidos}}{\text{Horas hombre}}$$

Objetivo: Mejorar la productividad reduciendo costos.



$$\text{Costo de servicio de luz} = \frac{\text{Consumos de servicio por línea}}{\text{Tonelas producidas}}$$

Objetivo: Reducir el consumo de energía y agua para mantener la sostenibilidad con el medio ambiente.

$$\text{Carga horaria} = \text{Promedios de días trabajados semanalmente}$$

Objetivo: Reducir el promedio de carga horaria al cumplir con el programa de producción semanalmente de forma anticipada.



Figura 1.6 Pilares de sostenibilidad [Elaboración propia]

1.1.3 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto es determinado mediante la herramienta SIPOC, en la cual se detalla el proceso de abastecimiento de materia prima, producción y distribución del producto terminado. Teniendo en cuenta que todo el enfoque está en la línea de congelación de banano #5.

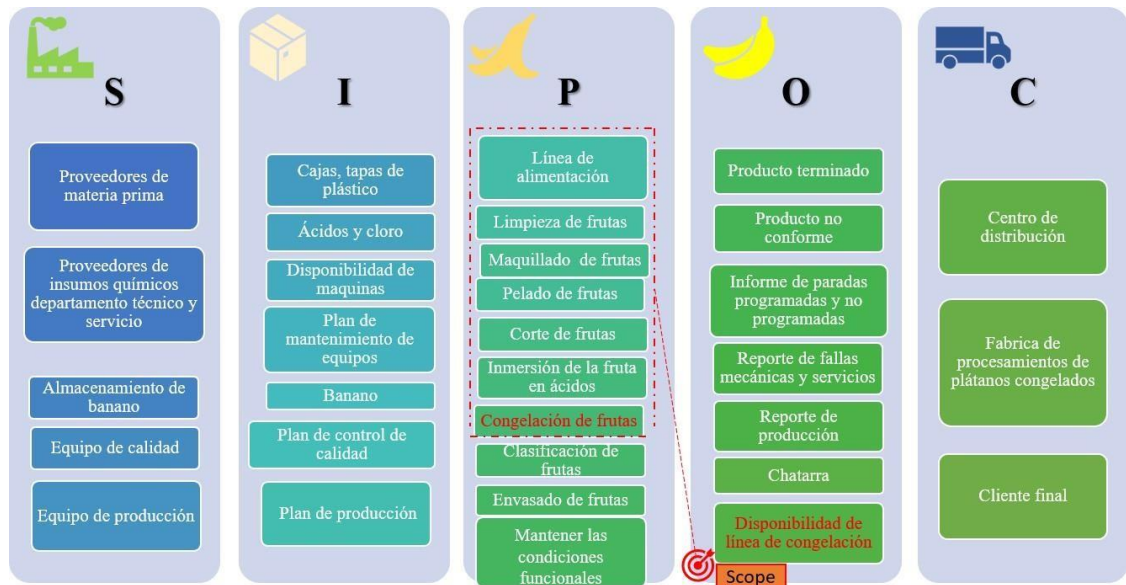


Figura 1.7 SIPOC [Elaboración propia]

1.1.4 Restricciones

Para la ejecución de este proyecto la empresa cuenta con las siguientes restricciones:

- **Inversión:** El recurso económico es muy limitado, por ello su objetivo es maximizar su producción incrementando la disponibilidad de la línea.
- **Limitaciones de infraestructura:** La empresa no cuenta con recursos geográficos o materiales para la expansión de la infraestructura.
- **Calidad:** Cualquier cambio que se realice no debe afectar los estándares de calidad previamente establecidos por el departamento correspondiente de la empresa.
- **Personal:** Ninguna de las posibles soluciones debe contemplar una contratación de personal, debido a que se deben trabajar con los colaboradores que se encuentren actualmente en nómina.
- **Fiabilidad de los datos:** Al llevar un registro netamente manual realizado por un solo operador líder que se encuentra inspeccionando toda la producción, se tiene un alto riesgo de que los datos no sean ingresados correctamente.
- **Tiempo de línea:** La línea lleva poco menos de un año en funcionamiento, por lo tanto, no existen estandarizaciones para los procesos.

1.2 Justificación del problema

El presente estudio mantiene sujeta la variable de medición de disponibilidad de una

línea de congelación de banano en rodajas que fue incorporada a principios del 2022. Durante el proyecto se consideran los tipos de paros programados y no programados que afectan al tiempo disponible de la línea para cumplir con su capacidad de congelación nominal de 4000 Kg/h, actualmente la misma procesa 2000 Kg/h, por lo tanto, se evidencia la necesidad de desarrollar la metodología DMAIC para incrementar el factor de disponibilidad, reduciendo el tiempo de los paros a través de mejoras implantadas y a su vez cumplir con los planes de producción, beneficiando de cierta manera a los pilares de sostenibilidad tales como: el económico, social y ambiental. Finalmente, cabe recalcar que el proceso abarca desde la recepción hasta el empaquetado del producto terminado (rodajas de banano).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Incrementar la disponibilidad de la línea de congelación de banano #5 en al menos un 4% del promedio actual durante los próximos 4 meses, a través de la metodología DMAIC

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades de la empresa para definir las variables de respuesta del proyecto a través del CTQ.
- Medir los tiempos de paros programados y no programados para determinar la fiabilidad de los datos mediante la creación de un registro de paradas.
- Analizar qué paradas afectan al factor de disponibilidad de la línea de congelación de banano mediante técnicas metodológicas.
- Diseñar mejoras en el proceso para minimizar los tiempos de parada programados y no programados que afectan la disponibilidad de la línea de congelación mediante estadística y diseño de experimentos.
- Implementar y diseñar un plan de control de mejoras para conseguir el objetivo de disponibilidad propuesto.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Six sigma

Es una metodología con enfoque lean que se ha ejecutado con buenos resultados a nivel mundial, la cual busca un cambio de calidad, reducción de la variabilidad y

un mejoramiento continuo a través de la eliminación de desperdicios. Además, se usan herramientas estadísticas para medir los datos y cuantificar los resultados obtenidos desde el punto operacional hasta el financiero, lo que conlleva a un cambio cultural situado a la excelencia operacional (Felizzola & Luna, 2014).

1.4.2 DMAIC

Es una herramienta de calidad que permite reducir la variabilidad de los procesos de fabricación a través de mejoras proporcionados por datos estadísticos. Se divide en cinco fases las cuales son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Felizzola & Luna, 2014).

1.4.3 Definir

En esta etapa se levanta el alcance, las necesidades y requerimientos que posee la organización con ayuda de un VOC y posterior definir el problema junto a su variable de medición a controlar durante el proyecto.

1.4.4 Medir

Se mide el desempeño real que mantiene la empresa con respecto a sus procesos con base a un plan de recolección de datos para enfocar aún más el problema y en base a ello comparar con los datos esperados por el cliente para proponer mejoras.

1.4.5 Analizar

En esta etapa se identifica las causas potenciales que afectan al problema en base a una lluvia de ideas y posterior a ello identificar y verificar las causas raíz.

1.4.6 Mejorar

Se implementan o diseñan las mejoras de acuerdo con las soluciones planteadas por cada causa raíz encontrada, con el fin de cumplir con las expectativas del cliente.

1.4.7 Controlar

Habiendo alcanzado las mejoras planteadas y el resultado esperado se acude a un plan de control del proceso. ya sea mediante herramientas lean, registros, Checklist, definir responsabilidades, etc.

1.4.8 VOC

Voz del cliente, son las opiniones que manifiestan y declaran los clientes, usuarios y consumidores sobre los productos, servicios y procesos de un negocio con el fin

de conocer las necesidades y requerimientos del cliente (Wrote, 2020).

1.4.9 CTQ

A través de esta herramienta se podrán reconocer, establecer y determinar las variables de medición del proyecto que determinan y decretan la situación a resolver a lo largo del proyecto (Wrote, 2020).

1.4.10 Diagrama de Pareto

Es una herramienta que se utiliza para priorizar las causas que generan problemas. Si se tiene una dificultad con muchas raíces podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema en cualquier ámbito complejo (Rodríguez, 2015).

1.4.11 SIPOC

La herramienta SIPOC examina proveedores, insumos, productos y clientes, por lo cual ofrece a los profesionales de la comunidad del negocio una alternativa práctica y fácil de entender el alcance que mantiene una empresa (Brown, 2019).

1.4.12 Gráfica de control

Un gráfico de control es una herramienta manejada para diferenciar variaciones en debidas ocasiones como causas asignables o especiales a partir de un proceso a medir y analizar considerando las referencias impuestas (Hernández, 2017).

1.4.13 Disponibilidad

La disponibilidad es un indicador muy popular que se presenta como el porcentaje de tiempo funcionamiento de la máquina considerando los paros programados y no programados (Belohlavek, 2006).

1.4.14 Análisis de capacidad

Funciona para evaluar si un proceso es capaz de generar excelentes resultados que satisfagan al cliente en base a reducir la variabilidad y las asignaciones de localización ya sea en un corto o largo plazo (Brown, 2019).

1.4.15 Procedimiento operativo estandarizado

Es un documento en el cual se indica las instrucciones para un determinado proceso de trabajo. Para la ejecución de nuevo empleado o en sectores donde existen leyes estrictas este procedimiento es de mucha importancia para seguir el

trabajo como indica el estándar (Technology, 2022).

1.4.16 Diagrama Ishikawa

Herramienta lean que permite ubicar todas las posibles causales que impactan directamente al problema enfocado con respecto a 6 categorías: mano de obra, máquina, método, medición, material y medio ambiente (Ponce, 2019).

1.4.17 Herramienta 5 por qué

Esta herramienta es un método de resolución de dilemas usando la relación causa y efecto de un problema en particular. Para llevar a cabo un análisis de los cinco por qué se debe escribir los problemas que se están presentando, luego se cuestiona por qué existe dicho problema, en este paso es fundamental llevar respuestas cortas. Se realizan una ronda de preguntas hasta llegar a identificar, establecer, y reconocer el problema desde la raíz (Ponce, 2019).

1.4.18 SMED

Es una técnica que permite grandes reducciones de tiempo, busca fomentar, optimizar las operaciones involucradas y convertir la mayor cantidad de tiempo posible de las actividades internas a externas (Pensa, 2021).

1.4.19 Plan de implementación

El plan de implementación son un conjunto de acciones y actividades que deben llevarse a cabo para poner en funcionamiento un proyecto o proceso en base un conjunto de nuevas estrategias (Felizzola & Luna, 2014).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

DMAIC, es la herramienta más utilizada en la mejora continua de un proceso, debido a que permite la resolución de problemas mediante datos y técnicas estadísticas.

Luego de haber conocido la situación actual del problema y los objetivos propuestos se realiza el levantamiento de información para del proceso, con el fin de realizar un análisis más profundo y enfocar el problema de mejor manera, para esto es necesario desarrollar un plan de recolección de datos, una verificación de causas y posterior a ello implementar mejoras necesarias para la eficacia del proyecto.

2.1 Medición

Es la etapa en donde se mide la línea base del proyecto considerando las variables y métricas que impactan en el problema definido. Por lo general, se utiliza un plan de recolección de datos para conocer el estado inicial del proceso y permite analizarlos, proponiendo de esa manera enfoques específicos en la situación problemática del proyecto.

2.1.1 Plan de recolección de datos

Mediante el plan de recolección de datos se pudo obtener la información de las métricas que afectan a la variable de respuesta, siendo la disponibilidad de la línea de congelación de banano. En la siguiente tabla se puede observar con mayor detalle la planificación de datos.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos [Elaboración propia]

¿Qué?	Unidades	Tipo de dato	¿Cómo lo mido?	Método de Recolección	¿Dónde se registra?	¿Quién registra?	¿Cuándo se registra?	¿Por qué se registra?
Disponibilidad	%	Cuantitativo-continuo	Medir el tiempo de producción y el tiempo de paradas por turno	Observación directa - Datos históricos	Reporte de producción	Operador/Kristy Coronado/Jhon Armijos	Turno	Permite analizar y monitorear la variable de respuesta (Y)
Consumo de energía eléctrica	KW/h	Cuantitativo-Continuo	Cálculo en base al consumo de energía que mantiene la empresa	Datos históricos de consumo de energía eléctrica de la línea de congelación #5 de banano	Base de consumo de energía eléctrica	Departamento de contabilidad	Mensual	Permite cuantificar el impacto del indicador de sostenibilidad
Limpieza de la línea de producción	Minutos	Cuantitativo-Continuo	Contabilizar el tiempo de duración de la limpieza realizada después de 16 horas de producción aproximadamente	Observación directa	Formato de paradas programadas vs no programadas	Operador/Kristy Coronado/Jhon Armijos	Día	Para determinar la cantidad de minutos que se destina al proceso de limpieza y así calcular la Variabilidad

Tiempo de paro por averías	Minutos	Cuantitativo-Continuo	Medir el tiempo de paradas por averías mecánicas, eléctrica, frío durante el turno	Observación directa- Datos históricos	Formato de paradas programadas vs no programadas	Operador/Kristy Coronado/Jhon Armijos	Turno	Variable crítica que permite medir la disponibilidad (variable de salida)
Frecuencia de averías	Número de averías	Cuantitativo-Discreto	Registrar el número de averías mecánicas, eléctricas, frío durante el turno	Observación directa - Datos históricos	Formato de paradas programadas vs no programadas	Operador/Kristy Coronado/Jhon Armijos	Turno	Variable crítica que permite medir la disponibilidad (variable de salida)
Tipo de paradas	N/A	Cualitativo	Registrar los tipos de paros programados y no programados que afecten a la disponibilidad de la línea de congelación	Observación directa - Datos históricos	Formato de paradas programadas vs no programadas	Operador/Kristy Coronado/Jhon Armijos	Turno	Realizar un formato real de tipos de paros suscitados en la línea de congelación de banano
Carga horaria	Días	Cuantitativo-Continuo	Registrar los días laborados semanalmente	Observación directa - Datos históricos	Base de asistencias de personal	Operador	Semanalmente	Permite cuantifica el impacto del indicador social

2.1.2 Verificación de datos

Para realizar la verificación de datos se usó herramientas de observación directa (Gemba) y herramientas estadísticas para verificar la confiabilidad de los datos recopilados vs el histórico que mantenía la empresa y a su vez afirmar las siguientes hipótesis:

- Determinar la confiabilidad de los datos.
- Determinar los tipos y tiempos de paros en la línea de congelación de bananos través de la estratificación del problema.
- Verificar los tiempos de limpieza no mayores a 2 horas.

2.1.2.1 Determinar la confiabilidad de los datos

Para verificar la variable se realizó una prueba estadística, en donde se registraron 30 datos históricos de la base a las paradas generales que han ocurrido en la línea #5 y 30 registros que fueron observados en sitio para determinar que la información recolectada se considera confiable.

Prueba T e IC de dos muestras: Histórico; Observados

Método

μ_1 : media de Histórico
 μ_2 : media de Observados
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Histórico	30	3,100	0,829	0,15
Observados	30	3,073	0,568	0,10

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,027	(-0,342; 0,395)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
0,15	51	0,885

Figura 2.1 Prueba de confiabilidad de datos histórico vs observados [Minitab, 2022]

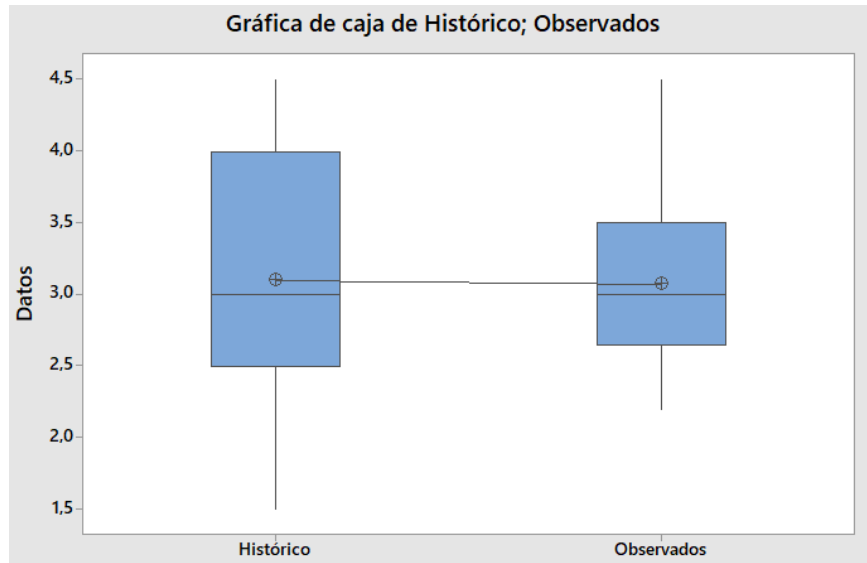


Figura 2.2 Diagrama de cajas histórico vs observados [Minitab, 2022]

H₀: Las medias de las muestras son iguales

H₁: Las medias de las muestras no son iguales

Una vez recolectada la información se evidenció que eran normales y a su vez se desarrolló una prueba t de dos muestras para concluir que los datos tenían la misma media y así determinar que los datos proporcionados por los datos de la base de datos de la línea de congelación #5 son confiables. La prueba afirma a través del estadístico p de (0,885) con un valor de significación de 0,05 que no se rechaza H₀, indicando que los datos sí tenían la misma media, por lo que se consideraron confiables.

2.1.2.2 Estratificación del problema

Para el siguiente punto de verificación se realizó una estratificación del problema de acuerdo con las causas que mayor impactan al problema, mediante un diagrama de Pareto, considerando la data histórica que mantiene la empresa desde enero hasta junio del 2022.

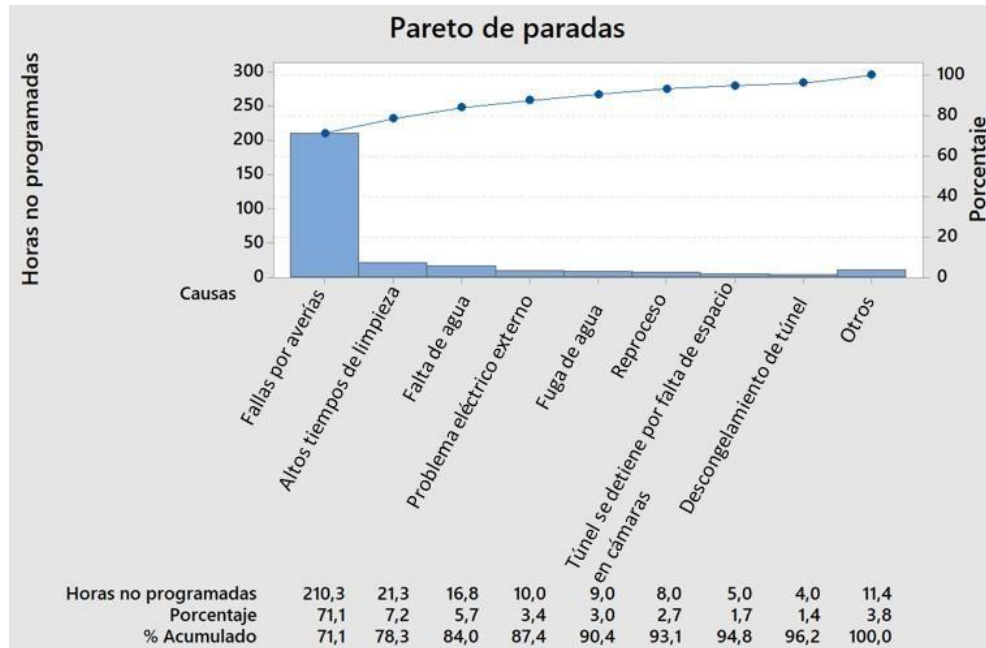


Figura 2.3 Pareto de paradas [Minitab, 2022]

A partir del gráfico se aprecia los paros más representativos que afectan al factor de disponibilidad de la línea de congelación de banano, como resultado se obtuvo las siguientes afirmaciones:

- El 71,1% representa las paradas no programadas por fallos o averías en la línea.
- El 7,2 % representa el tiempo de limpieza profunda realizada después de 16 horas de producción.

Hasta el momento se obtiene el 78% de las paradas de la línea por lo cual se informó a la dirección que causas eran las que provocaban la pérdida de disponibilidad para continuar con la indagación del problema. Además, se consideró necesario estratificar aún más en el problema de averías, debido a que existen un sinnúmero de piezas y máquinas en la línea que pueden causar paradas no programadas que perjudiquen al indicador.

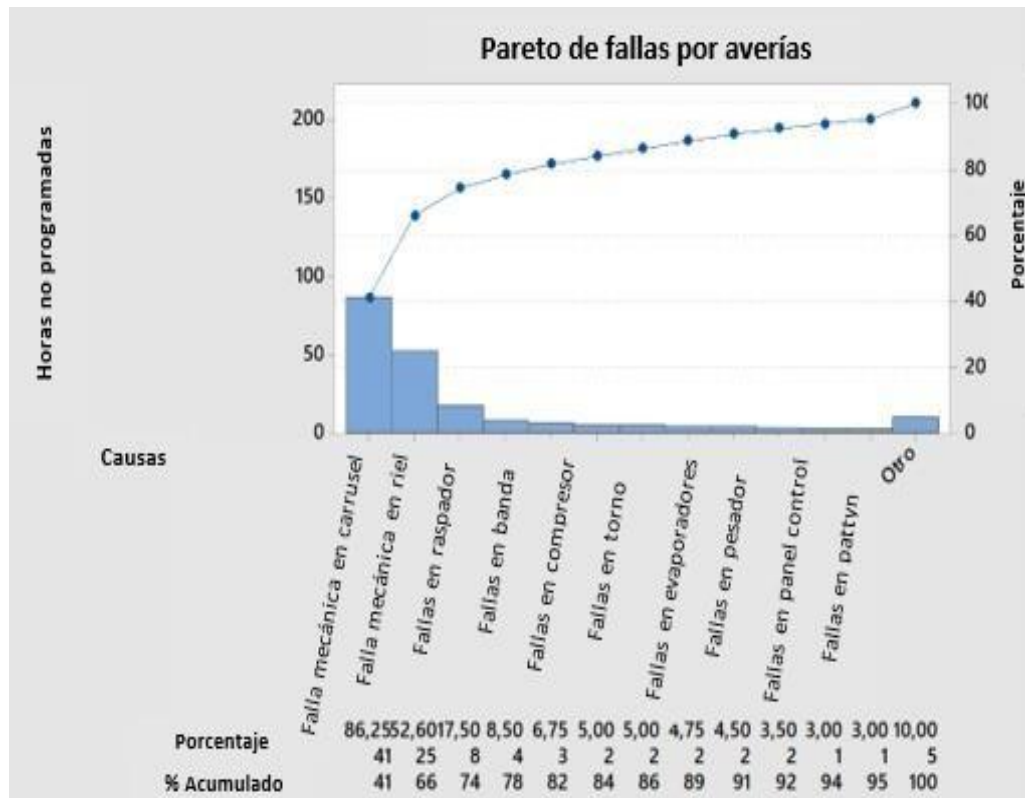


Figura 2.4 Pareto de fallas por averías [Minitab, 2022]

De acuerdo con el gráfico se observó que la causa de mayor impacto son los daños presentados en el carrusel con un 41% con respecto a los otros eventos. Por lo tanto, se mantiene un 29% de paros por averías mecánicas en el carrusel que generan la insatisfacción del cliente al no cumplir con su producción diaria por las continuas paradas a lo largo del día.

Tabla 2.2 Escenarios de mejora [Elaboración propia]

Escenario 1	% Problema	Escenario 2	% Problema
Fallos mecánicos en el carrusel	29%	Fallos mecánicos en el carrusel	29%
Fallos mecánicos en el riel	18%	Limpieza	8%
Total	47%	Total	37%

Cabe aclarar que, al momento de la estratificación del problema, se evidencia que el escenario 1 es el ideal para enfocar el proyecto justificado en la tabla 2.2, sin embargo, por consideraciones del cliente se opta por el escenario 2, debido a que las fallas mecánicas en el riel son problemas de mayor magnitud y complejidad para la empresa, debido a que la solución a largo plazo es modificar la estructura y a su vez la línea de producción.

2.1.2.3 Problema enfocado #1

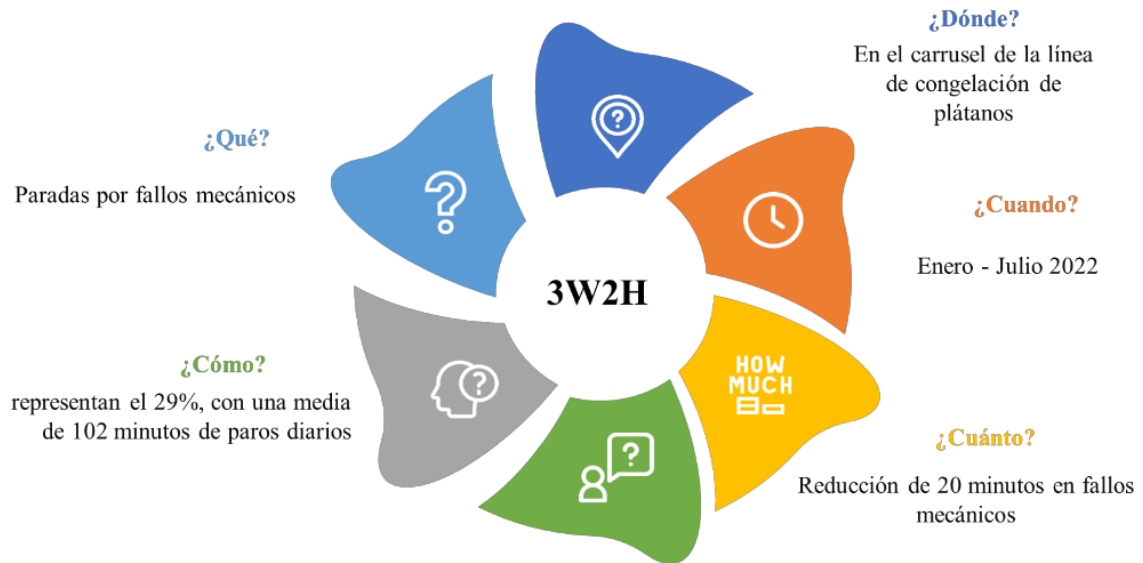


Figura 2.5 Fallas mecánicas en carrusel [Elaboración propia]

“Las paradas por fallas mecánicas en el carrusel de la línea de congelación de banano de enero a junio de 2022 representan el 29%, con un promedio de 102 minutos de paradas diarias, por lo que la empresa espera reducir 20 minutos diarios por este tipo de fallas”. Para determinar la confiabilidad de los datos históricos del carrusel se realiza una toma de tiempos de 10 muestras por los paros antes mencionados, para posterior a ello verificar a través de la prueba T de Student la hipótesis planteada.

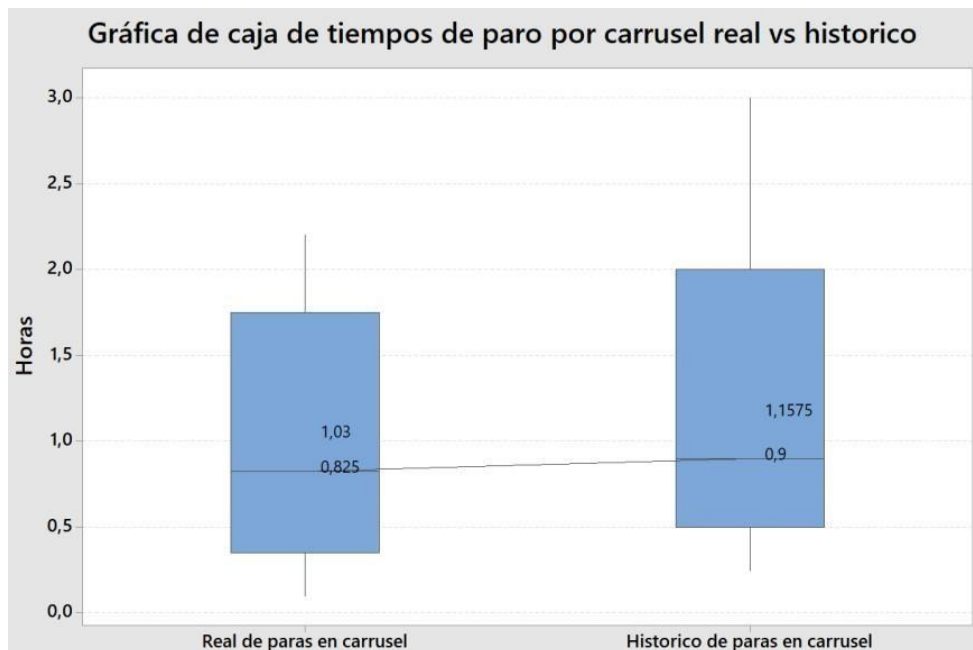


Figura 2.6 Tiempos de paro por carrusel real vs histórico [Minitab, 2022]

En la gráfica anterior se logró analizar la variación y la mediana de ambos procesos, evidenciando la anchura de la caja y el tamaño de los bigotes (límites). En este caso, se identificó que las medias son muy semejantes porque ambos casos están en la misma altura, siendo la media de los datos reales de 1,03 horas y 1,15 horas en los valores históricos.

Prueba T e IC de dos muestras: Carousel historical ... ; Carousel Failure

Método

μ_1 : media de Carousel historical failure
 μ_2 : media de Carousel Failure
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Carousel historical failure	20	1,158	0,791	0,18
Carousel Failure	20	1,030	0,715	0,16

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,128	(-0,356; 0,611)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
0,53	37	0,596

Figura 2.7 Prueba T e IC de muestras Histórico vs observados [Minitab, 2022]

Al momento de corroborar con el resultado del diagrama de cajas fue necesario realizar una prueba T de Student que nos certifique el rechazo o en su defecto la aceptación de la hipótesis nula dependiendo del valor p con respecto a sus medias.

H_0 : Las medias de las muestras son iguales

H_1 : Las medias de las muestras no son iguales

En base al análisis se evidenció que las muestras tomadas de los datos históricos vs real del carrusel tienen medias semejantes, debido a que el valor p de la prueba es mayor a 0,05 siendo el mismo 0,596, por lo tanto, significó que el 29% de paradas que representan fallos mecánicos en el carrusel afectan realmente a la disponibilidad de la línea.

2.1.2.4 Verificar los tiempos de limpieza no mayores a 2 horas

Para lograr una verificación certera los tiempos de limpieza se recurrió a las

siguientes herramientas:

- Gemba
- Observación directa
- Estudio de tiempos

Tabla 2.3 Datos recolectados [Elaboración propia]

Duración de tiempos de limpieza (horas)	
2,00	2,95
2,17	3,00
1,83	2,46
2,33	2,00
2,25	2,48
2,08	2,55
2,42	1,89
2,43	2,50
2,46	2,35
2,72	2,42
2,40	2,30
2,10	2,28
1,80	2,23

H_0 : Las medias de las muestras son iguales

H_1 : Las medias de las muestras no son iguales

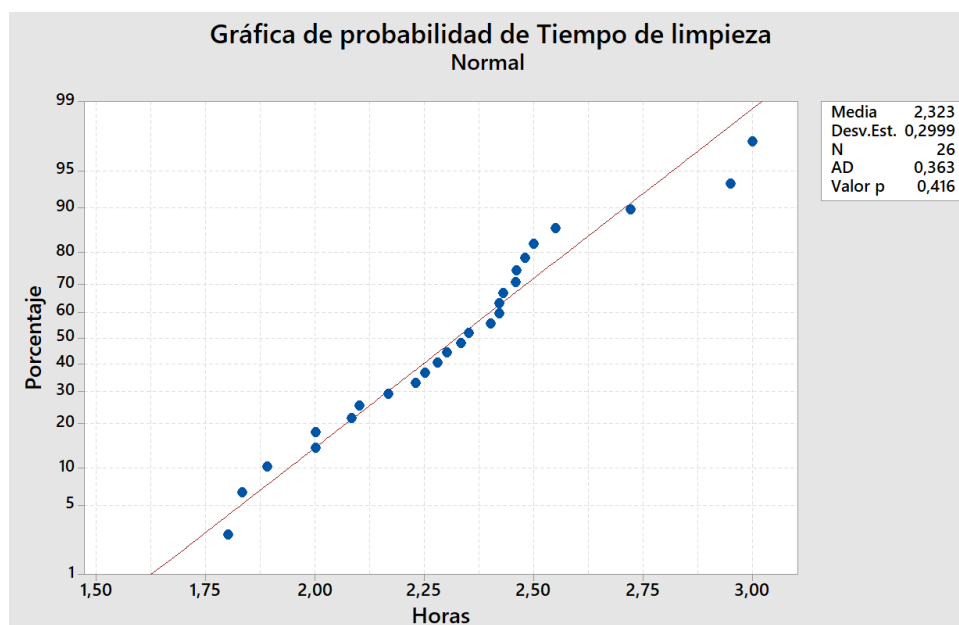


Figura 2.8 Gráfico de duración de limpiezas en horas [Minitab, 2022]

Estadísticas

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la media	MediaRec
Min	26	26	0	26	100	100	139,40	3,53	139,01
Suma de									
Variable	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Suma cuadrados	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	
Min	17,99	323,74	12,91	3624,32	513313,26	108,00	125,75	140,50	147,90
Variable	Máximo	Rango	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis	MSSD	
Min	180,00	72,00	22,15	120; 145,2	2	0,33	0,32	273,89	

Figura 2.9 Estadísticas del proceso de limpieza [Minitab, 2022]

Se tomaron datos de muestra de x días diferentes, donde se determinaron 26 muestras para la duración de la limpieza y a partir de esto se realizó una prueba de normalidad para determinar el comportamiento de los datos.

De la prueba de normalidad realizada a los datos se determina que el comportamiento de los datos es normal ya que su p-valor es 0.461. Por lo tanto, se realiza un estudio del proceso de capacidad de la limpieza.

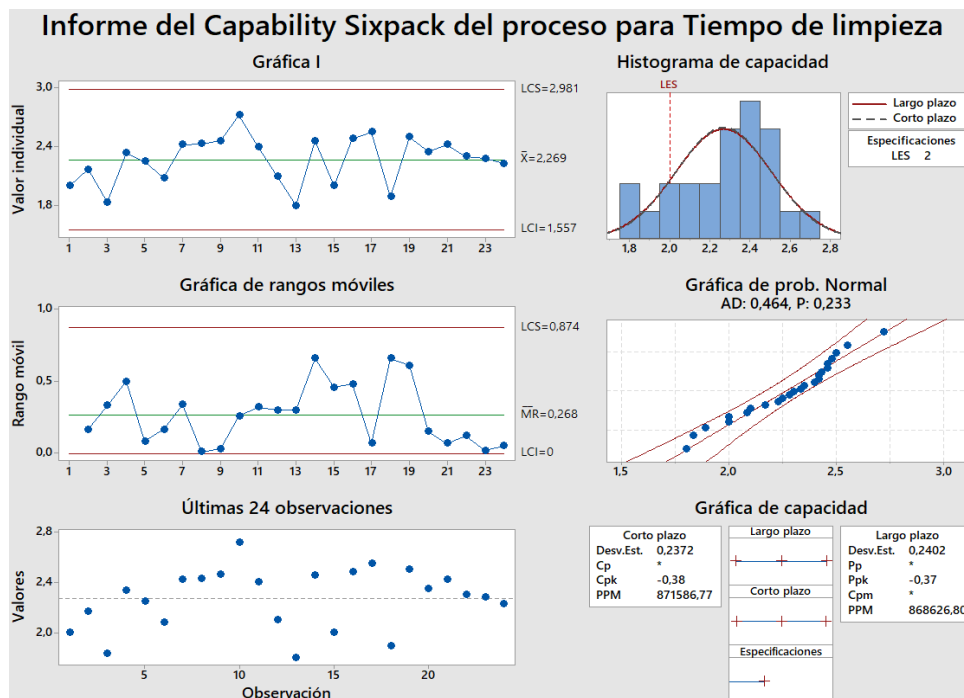


Figura 2.10 Análisis de capacidad limpieza [Minitab, 2022]

A partir de la figura 2.10, se evidencia que el proceso no se encuentra bajo control estadístico en primera instancia, por la presencia de dos datos atípicos dentro de las observaciones del proceso, por lo que fue desalojado por ser una causa especial dentro del proceso (consultado con el cliente).

El proceso se encuentra en una categoría 4 que requiere un análisis riguroso, debido al valor CP de -0.38, en donde se evidenció problemas de localización dirigidos hacia n sigmas a la derecha y variabilidad en el proceso de acuerdo con los datos tomados. El resultado del análisis indica que el tiempo de limpieza no tiene capacidad para realizarse en un máximo de 2 horas, por ende, existió la oportunidad de reducir la variación del proceso a largo plazo con un nuevo objetivo reduciendo el porcentaje de defectuosos fuera de los límites implantados.

Por lo tanto, a partir de haber realizado los respectivos análisis se utiliza la herramienta 3W+2H para especificar el problema de limpieza de una manera más idónea.

2.1.2.5 Problema enfocado #2



Figura 2.11 11 3W 2H Excesivo tiempos de limpieza [Elaboración propia]

“El excesivo tiempo de limpieza profunda representa el 7,2%, con un tiempo promedio de 21 minutos no programados que afecta la disponibilidad de la línea de congelación de banano, de enero a junio de 2022, mientras que la empresa espera reducir 10 minutos en el proceso de limpieza”.

2.1.3 Mapeo de proceso

Para poder comprender de mejor manera las áreas y el personal involucrado dentro de las actividades del proceso, se procedió a realizar un diagrama del flujo del proceso en el cual se pudieron identificar los puntos de decisión y las actividades que son realizadas de manera manual y las que son realizadas de manera automática, identificando de esta manera las actividades que agregan valor, no agregan valor, pero son necesarias y las que no agregan valor.

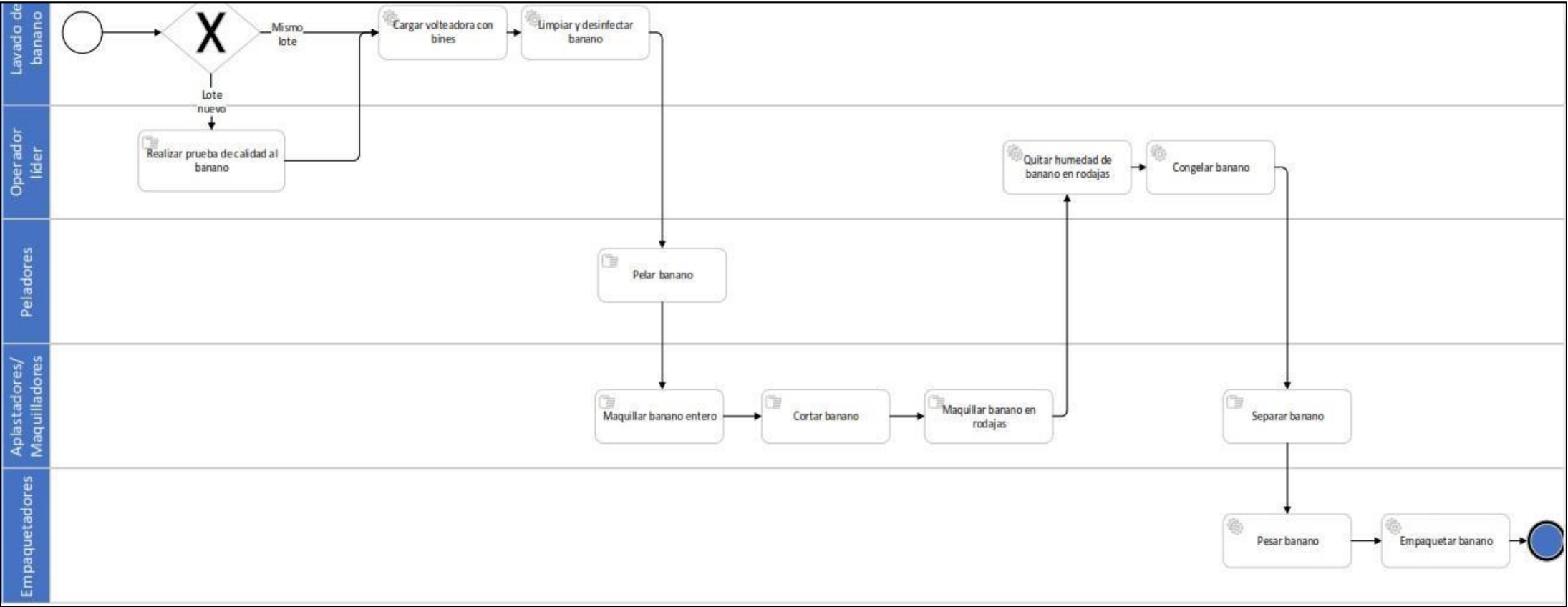


Figura 2.12 Diagrama del flujo del proceso general [Elaboración propia]

Actividad: Interna/Externa	Nº	Descripción de actividad	Inicio	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento	Tiempo de duración	AV/NA/NAV	
Externa	1	Limpieza general en 16 horas de producción	△	○	⇒	■	⌋	▽	2:00:00	NAV	■
Externa	2	Cambio de agua	△	○	⇒	■	⌋	▽	0:14:00	NAV	■
Interna	3	Transportar bananos a línea de recepción	△	○	⇒	□	⌋	▽	0:15:00	NAV	■
Interna	4	Analizar calidad de fruta	△	○	⇒	■	⌋	▽	0:10:00	NAV	■
Interna	5	Voltear el banano a tova	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:03:00	NAV	■
Interna	6	Limpieza y desinfección de fruta	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:08:00	NAV	■
Interna	7	Espera por entrada de fruta	△	○	⇒	□	⌋	▽	0:03:00	NAV	■
Interna	8	Ingreso de banano a carrusel	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:02:00	NAV	■
Interna	9	Pelar banana	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:00:30	AV	■
Interna	10	Colocar en transportador	△	○	⇒	□	⌋	▽	0:00:20	NAV	■
Interna	11	Maquillar 1 de banano	△	○	⇒	■	⌋	▽	0:00:30	AV	■
Interna	12	Cortar de banana	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:00:15	AV	■
Interna	13	Maquillar 2 de banano	△	○	⇒	■	⌋	▽	0:00:15	NAV	■
Interna	14	Sumergir en solución ácida	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:03:00	AV	■
Interna	15	Transportar bananos a shaker	△	○	⇒	□	⌋	▽	0:02:00	NAV	■
Interna	16	Remover humedad de la fruta	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:02:00	NAV	■
Interna	17	Ingreso de banano a túnel	△	○	⇒	□	⌋	▽	0:01:00	NAV	■
Interna	18	Congelación de banano	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:22:00	AV	■
Interna	19	Deslizador de plátano congelado triturado	△	○	⇒	■	⌋	▽	0:00:05	NAV	■
Interna	20	Transporte de plátanos al dosificador de pesaje	△	○	⇒	□	⌋	▽	0:00:30	NAV	■
Interna	21	Deslizar cartón de banano	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:00:05	AV	■
Interna	22	Sellado	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:00:20	AV	■
Interna	23	Paletizado	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:01:00	NAV	■
Interna	24	Enfardado	△	●	⇒	□	⌋	▽	0:05:00	NAV	■
Interna	25	Almacenado	△	○	⇒	□	⌋	▽	0:03:00	NAV	■
Interna	26	Despacho de pallet de banano	△	○	⇒	□	⌋	▽	0:12:00	NAV	■

Figura 2.13 Actividades identificadas dentro del proceso general [Elaboración propia]

Una vez agrupadas cada una de estas categorías se obtuvo que las actividades que agregan valor suman un total de 26 minutos, las que no agregan valor, pero son necesarias un total de 3 horas y las que no agregan valor con un total de 18 minutos, obteniendo como respuesta que las actividades que no agregan valor, pero son necesarias ocupan el 58% del total del tiempo de producción.



Figura 2.14 Diagrama de actividades [Elaboración propia]

AV	0:26:40	
NAVN	3:03:55	
NA	0:18:15	

Figura 2.15 Tiempo total de actividades [Elaboración propia]

Esto también nos ayudó para poder identificar las fábricas ocultas, las cuales son:

- Las actividades de limpieza no están estandarizadas porque el tiempo de proceso es muy variable.
- No se cuenta con un formato completo para el registro de las paradas, esto ocasiona que los datos registrados no sean confiables.
- Para poder mantener un flujo continuo dentro de la línea de producción es importante cumplir con los grados de maduración brix establecidos por el departamento de calidad, los cuales deben oscilar entre 20-21 °Bx.
- Estandarizar la velocidad de los carriles de la línea de congelación y del carrusel, considerando la calidad inicial de la fruta evitando las obstrucciones a lo largo de la línea de producción.

Dentro de este proceso se identificaron también desperdicios:

- Dentro de los tiempos de espera está el análisis de calidad realizado al final de la limpieza profunda, el suministro de la línea de producción y

el envío de pallets con producto terminado a las bodegas.

- El sobre procesamiento realizado en el banano cuando éste no ha alcanzado la temperatura ideal de congelación, teniendo así que enviarlo nuevamente al inicio del proceso de congelado.
- El sobre procesamiento realizado cuando el banano llega con muchas imperfecciones o con un exceso de manchas, los cuales deben ser retirados, debido a que se debe enviar un banano limpio al cliente final, por tal motivo el proceso de maquillado de la fruta se realiza 2 veces.

Luego de realizar todo este análisis se identificó que la línea de congelado es el cuello de botella dentro de la línea de producción, ya que ésta abarca el 56% del total del tiempo de proceso.

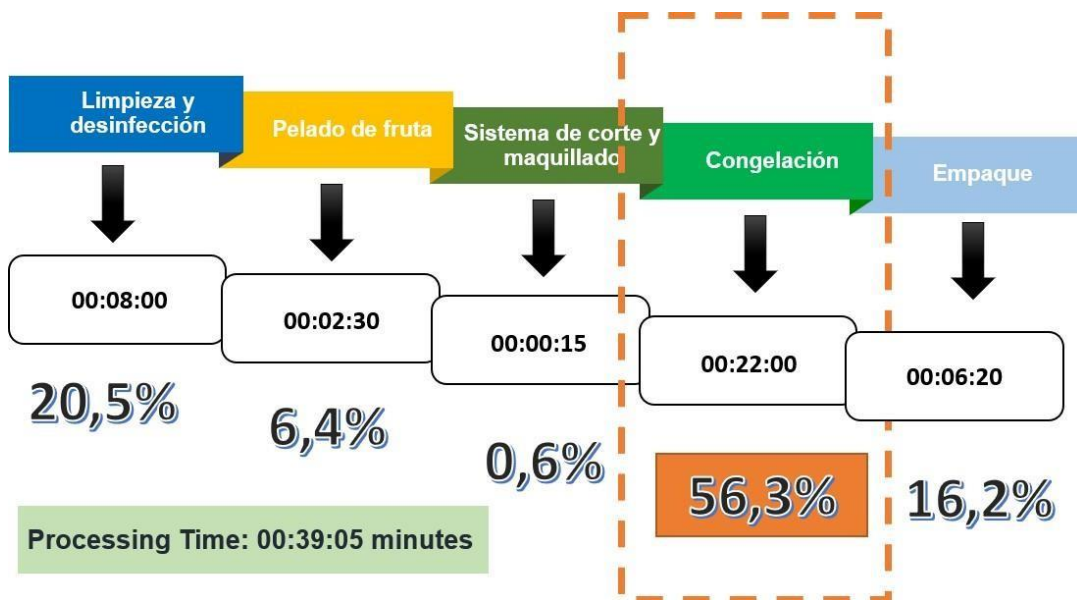


Figura 2.16 Identificación de cuello de botella [Elaboración propia]

2.2 Análisis

En la etapa de análisis el objetivo es encontrar las causas raíz de los problemas definidos, para lo cual se contó con la colaboración de todas las áreas involucradas dentro del proceso. Para este punto se utilizaron herramientas como: lluvias de ideas, diagrama Ishikawa, matriz de priorización de causas, plan de verificación y 5 por qué (5W), las cuales fueron de gran ayuda para analizar que causas impactan en la baja disponibilidad de la línea de congelación.

Los problemas enfocados con los cuales se trabajarán son:

- Tiempo elevado en el proceso de limpieza

- Tiempo elevado de paros mecánicos por daño en el carrusel

2.2.1 Lluvia de ideas de causas potenciales

2.2.1.1 Tiempo elevado en el proceso de limpieza

Para el primer problema, se obtuvo la siguiente lluvia de ideas.



Figura 2.17 Lluvia de ideas-Limpieza [Elaboración propia]

En la siguiente figura se muestra la categorización de las causas, obtenidas mediante la lluvia de ideas, en el diagrama de Ishikawa.

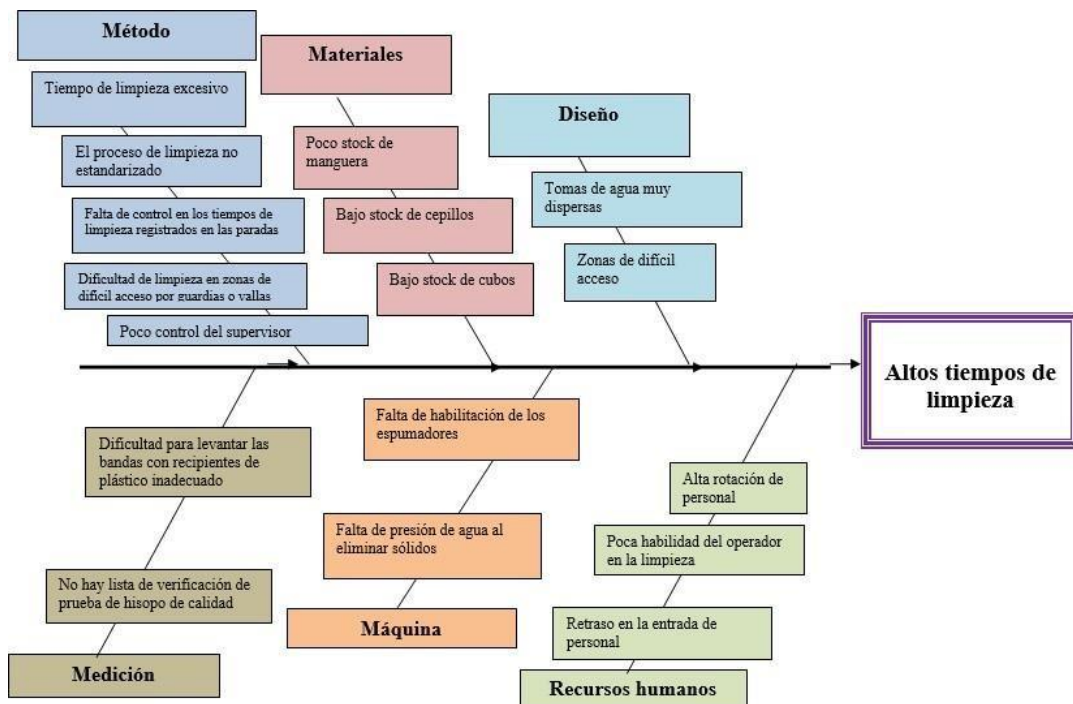


Figura 2.18 Diagrama Ishikawa-Limpieza [Elaboración propia]

2.2.1.1.1. Matriz de priorización de causas

Una vez categorizadas las causas, se procedió a ponderarlas y en conjunto con el equipo, en donde participan ingenieros de proyectos, jefe de producción, coordinadores de mantenimiento y coordinadores de procesos, siendo las personas con mayor experiencia en estas actividades. La calificación se colocó respecto al impacto de la disponibilidad con valores 0,1,3 o 9 los cuales representan nulo, bajo, medio o alto respectivamente. Antes de realizar la ponderación de pesos se definieron ciertos criterios de importancia, presentados a continuación:

Impacto		Control	
Criterio: % Disponibilidad (tiempo perdido)		Criterio 1: Instrumento de medición	
		Criterio 2: Verificación Gemba	
0	Nada	E	Fácil control
		M	Medio control
1	Bajo impacto	H	Alto control
		Team charter	
3	Medio impacto	P1	Mantenimiento
		P2	Proyecto
		P3	Producción
9	Alto impacto	P4	Gerencia
		P5	Procesos

Figura 2.19 Criterios de evaluación de causas potenciales [Elaboración propia]

Tabla 2.4 Matriz de priorización de causas-Limpieza [Elaboración propia]

Matriz de ponderaciones de causas																			
		Impacto en disponibilidad						Instrumento de medición						Verificación Gemba					
N.º	CAUSAS	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	VALOR	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	VALOR	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	VALOR
1	Bajo stock de mangueras	3	5	9	1	1	1	E	E	E	H	H	E	E	E	E	H	H	E
2	Bajo stock de cepillos	3	5	9	1	1	3	H	M	E	E	M	M	H	M	E	E	M	E
3	Bajo stock de cubos	3	5	9	1	1	1	E	E	H	H	E	E	E	E	H	H	E	E
4	Falta de habilitación de los espumadores	3	5	3	3	3	3	M	H	M	M	M	M	M	H	M	M	M	M

5	Alta rotación de personal	9	9	9	3	9	9	H	H	H	M	H	H	H	H	H	M	H	H
6	Zonas de difícil acceso	1	9	3	1	1	1	E	H	H	M	H	H	E	H	H	M	H	H
7	Dificultad de limpieza en zonas de difícil acceso por parte de guardas o bandas	9	9	9	3	9	9	H	M	H	M	H	H	H	M	H	M	H	H
8	Existe retrabajo en la limpieza	9	9	9	9	9	9	M	M	M	E	M	M	M	M	M	E	M	M
9	Tiempo de limpieza excesivo	9	9	9	9	9	9	M	H	H	M	H	E	M	H	H	M	H	E
10	Diseño de empujadores curvos en la bajante de plátano	1	3	3	1	1	1	H	H	M	M	M	M	H	H	M	M	M	M
11	Falta de lista de verificación de prueba de hisopo de calidad	9	9	9	9	9	9	M	H	H	M	M	M	M	H	H	M	M	M

12	Dificultad para levantar las bandas con envases de plásticos	3	3	9	3	3	3	H	E	H	M	H	H	H	E	H	M	H	H
13	Poco control del supervisor	1	1	3	1	1	1	M	M	H	M	M	M	M	M	H	M	M	M
14	Retraso en la entrada de personal	5	1	1	1	1	1	M	M	H	M	M	M	M	M	H	M	M	M
15	Tomas de agua muy dispersas	3	1	3	3	3	3	H	M	M	M	H	M	H	M	M	M	H	M
16	Rejillas con separación o muy estrechas que dificultan la limpieza	5	9	3	1	1	1	M	M	M	E	E	M	M	M	M	E	E	M
17	Retrabajo en actividades de limpieza	5	5	5	3	3	5	M	M	M	H	H	M	M	M	M	H	H	M
18	Diseño de bandas	5	3	3	5	3	3	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
19	Amplia línea de limpieza	0	0	9	9	9	9	H	E	H	E	H	H	H	E	H	E	H	H

2.2.1.1.2. Matriz de impacto vs control

Luego de realizar la ponderación realizada mediante la evaluación en la tabla 2.4 se

clasifican las causas de acuerdo con los criterios mostrados en la figura 2.19 observados en la matriz de impacto vs control en donde se determinó con qué causas se deberán trabajar.

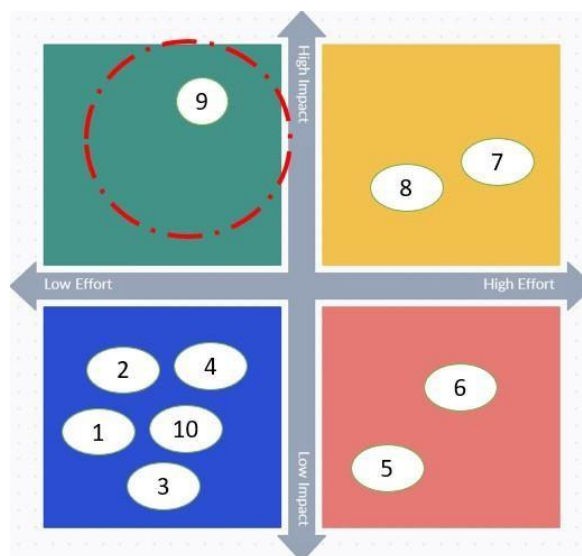


Figura 2.20 Matriz de impacto control – Limpieza [Elaboración propia]

Como conclusión de la ejecución de la matriz, se obtuvo que se debe analizar el tiempo de limpieza excesivo.

2.2.1.2 Tiempo elevado de paros mecánicos por daño en el carrusel

Para el siguiente problema enfocado, se realizó junto a un equipo de trabajo conformado por el jefe de producción, supervisor de mantenimiento, operador, ingeniero de procesos y proyectos una lluvia de ideas a través de reuniones y visitas al sitio para enmarcar todas las posibles causas que afecten a la problemática en el diagrama de Ishikawa con respecto a sus categorías. Posterior al haber realizado la lluvia de ideas segregamos cada una de ellas con respecto a la categoría que mantiene el diagrama causa-efecto o Ishikawa. Las cuales son: mano de obra, medición, método, máquina, material, medio ambiente y administración.



Figura 2.21 Lluvia de ideas – Averías mecánicas en el carrusel [Elaboración propia]

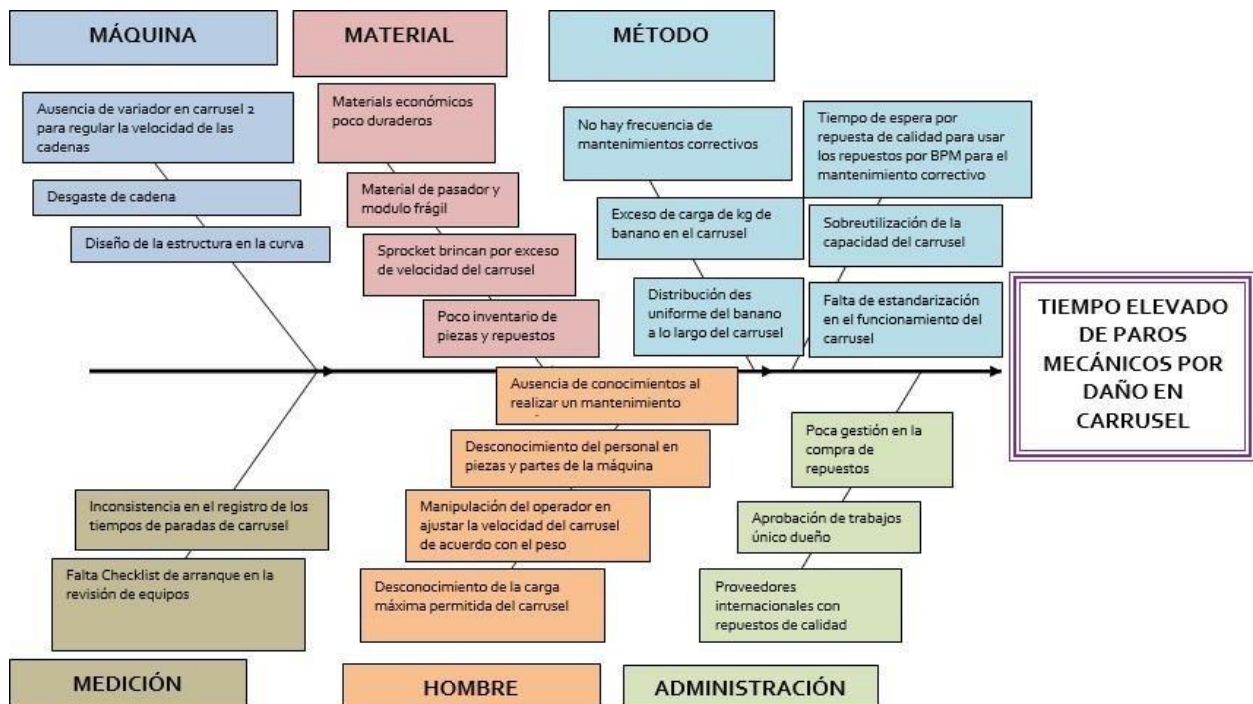


Figura 2.22 Ishikawa – Averías mecánicas en el carrusel [Elaboración propia]

2.2.1.2.1. Matriz de priorización de causas

Al momento de haber realizado el diagrama causa-efecto para el problema de tiempo elevado de paros mecánicos en el carrusel continuamos con la herramienta de priorización de causas, en donde se colocó la ponderación con respecto al impacto y control de la anomalía frente a la problemática.

Además, en esta sección se definieron ciertos criterios para definir qué causas realmente impactan al tiempo perdido por los fallos mecánicos en el carrusel.

Impacto		Control	
Criterio: % Disponibilidad (tiempo perdido)		Criterio 1: Instrumento de medición	
		Criterio 2: Verificación Gemba	
0	Nada	E	Fácil control
		M	Medio control
1	Bajo impacto	H	Alto control
		Team charter	
3	Medio impacto	P1	Mantenimiento
		P2	Proyecto
		P3	Producción
9	Alto impacto	P4	Gerencia
		P5	Procesos

Figura 2.23 Criterios de evaluación de causas potenciales [Elaboración propia]

Tabla 2.5 Matriz de ponderaciones-Averías mecánicas en el carrusel [Elaboración propia]

Matriz de ponderaciones de causas																				
N.º	CAUSAS	Impacto en disponibilidad					Instrumento de medición					Verificación Gemba								
		P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	VALOR	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	VALOR	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	VALOR	
1	Exceso de carga de kg de banano en el carrusel	9	9	9	9	1	9	E	E	E	H	E	E	E	E	E	E	H	E	E
2	Material de pasador frágil	9	9	9	9	9	9	H	M	E	E	M	E	H	M	E	E	M	E	
3	Sprocket brincan por exceso de velocidad del carrusel	9	9	3	3	0	3	E	E	H	H	H	H	E	E	H	H	H	H	
4	Desgaste de cadena	5	3	3	3	5	1	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
5	Falta de un variador en carrusel 2 para regular la velocidad de las cadenas	5	3	3	1	3	3	H	M	H	H	M	H	H	M	H	H	M	H	

6	Ausencia de conocimiento en realizar mantenimiento autónomo	9	9	1	1	1	1	E	E	E	M	E	E	E	E	E	M	E	E
7	Distribución desuniforme del banano a lo largo del carrusel	9	3	1	9	9	9	M	E	M	M	M	M	M	M	E	M	M	M
8	Poco inventario de piezas y repuestos	9	9	9	9	3	9	E	E	E	E	M	E	E	E	E	E	M	E
9	Diseño de la estructura en la curva del carrusel	9	9	9	9	9	9	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
10	Manipulación del operador en ajustar la velocidad del carrusel de acuerdo con el peso	5	5	5	9	5	5	E	E	M	M	M	M	E	E	M	M	M	M
11	Desconocimiento del personal de piezas y partes de la máquina	9	3	1	3	3	3	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
12	Tiempo de espera por repuesta de calidad para usar los repuestos por BPM para el mantenimiento correctivo	5	3	3	3	9	3	H	H	M	M	H	H	H	H	M	M	H	H
13	Proceso de control de inicio de línea ineficiente	3	3	3	3	3	3	E	E	M	H	E	E	M	E	M	E	H	E

14	Sobre utilización de la capacidad del carrusel	9	9	9	9	3	9	H	H	H	H	M	H	H	H	H	M	H
15	Falta de estandarización en el funcionamiento del carrusel	3	3	9	3	3	3	E	E	M	M	M	M	E	E	M	M	M
16	Acumulación excesiva de banano al momento de intervenir el carrusel para corregir la avería	1	1	3	1	0	1	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
17	Aprobación de trabajos único dueño	5	1	1	1	1	1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
18	Poca gestión en la compra de repuestos	3	1	3	3	3	3	H	M	H	H	H	H	H	M	H	H	H
19	Inconsistencia en el registro de los tiempos de paradas de carrusel	5	9	3	0	3	3	M	M	M	E	M	M	M	M	M	E	M
20	Desconocimiento de la carga máxima del carrusel	5	5	5	3	1	5	E	H	H	H	H	H	E	H	H	H	H
21	Proveedores internacionales con repuestos de calidad	5	3	3	5	5	5	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
22	Material económico poco duradero	9	9	9	9	9	9	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
23	Mantenimientos correctivos no frecuentes	9	9	9	9	9	9	M	M	E	E	E	E	M	M	E	E	E

2.2.1.2.2. Matriz impacto y control

Luego de haber definido una ponderación de las causas de acuerdo con la problemática, se levantó la matriz de impacto y control para conocer cuáles son las posibles causas potenciales y en base a las mismas buscar identificar su causa raíz y proponer soluciones.

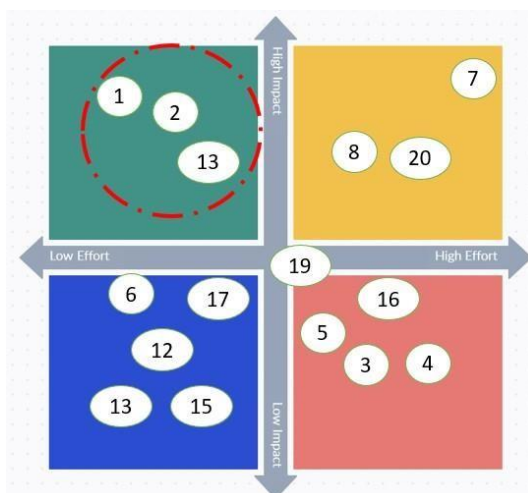


Figura 2.24 Matriz impacto - Averías mecánicas en el carrusel [Elaboración propia]

Las causas seleccionadas por el equipo y en base a la metodología para el problema del tiempo elevado de paradas por carrusel son las siguientes:

- Exceso de carga de kg de plátanos en el carrusel.
- Pasador y módulo frágil.
- Proceso de control de inicio de línea ineficiente.

2.2.2 Análisis problema enfocado

2.2.2.1 Tiempo elevado en el proceso de limpieza

Se realizó un plan de verificación de causas el cual ayudó a poder analizar cada uno de los problemas enfocados. el plan para cada uno de ellos se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 2.6 Plan de verificación de causas [Elaboración propia]

N.º	Causas	Impacto	¿Cómo verificar?	Estado
9	Tiempo de limpieza excesivo	Los altos tiempos de limpieza profunda exceden el tiempo programado y, por lo tanto, afectan el tiempo disponible para producir y, a su vez, la disponibilidad de la línea de congelación.	Toma de evidencia en sitio- 5 Por qué- Prueba T de dos muestras e IC	Completa do

X9: Tiempo de limpieza excesivo

A la hora de realizar la inspección in situ se recolectó información y se aplicó herramientas estadísticas para su verificación. Además, muchas de las actividades eran ejecutadas más de una vez, afectando a la actividad ya que a pesar de haber realizado la limpieza en un lugar se debe repetir. Esta incidencia se observó con mayor frecuencia en las bandas transportadoras lineales y de carrusel.

Se registró el tiempo de limpieza de x días validando si al existir una reducción de tiempo afectaba a la sanidad de los equipos por presencia de agentes patógenos y microbiológicos.

Tabla 2.7 Datos de prueba de calidad [Elaboración propia]

Tiempo de limpieza (min)	Parámetros microbiológicos (Ok/ No Ok)
120	OK
130	OK
110	OK
140	OK
135	OK
145.2	NO OK
145.8	OK
147.6	OK
163.2	OK
144	NO OK
126	OK
108	OK
100	OK
120	OK
147.52	OK
120	OK
148.8	OK
153	NO OK
113.4	OK
150	OK
141	OK
145.2	OK
138	NO OK
136.8	OK
133.8	OK

96	NO OK
103.2	OK
108	OK
102	OK
99	OK

Prueba T e IC de dos muestras: Minutos de limpieza; ... ilógicos (OK/N

Método

μ_1 : media de Minutos de limpieza cuando Parametros microbiologicos (OK/N = NO OK)
 μ_2 : media de Minutos de limpieza cuando Parametros microbiologicos (OK/N = OK
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Minutos de limpieza

Parametros microbiologicos (OK/N	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
NO OK	6	137,3	20,8	8,5
OK	25	126,9	18,3	3,7

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
10,42	(-12,22; 33,05)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
1,13	6	0,303

Figura 2.25 Prueba T e IC de Minuto de limpieza [Minitab, 2022]

H_0 : Las medias de las muestras son iguales

H_1 : Las medias de las muestras no son iguales

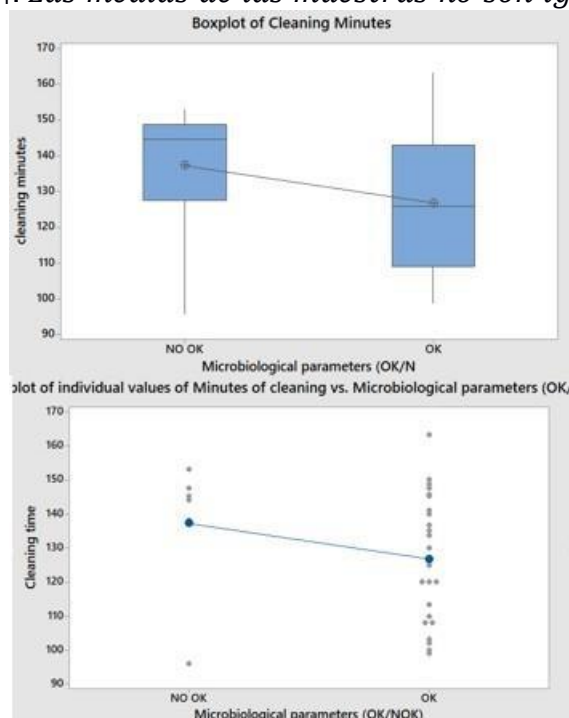


Figura 2.26 Diagrama de caja minutos de limpieza [Minitab, 2022]

A la hora de realizar la inspección in situ se recolectó información y se aplicó una prueba t de Student para verificar que las medias son iguales al proceso de limpieza cuando se ejecuta durante mucho tiempo frente a un tiempo más corto. Por lo tanto, la prueba p mantiene un valor de 0.303, es decir H_0 no se rechaza y por ello se concluye que independientemente del tiempo de limpieza pueden existir parámetros microbiológicos no conformes.

2.2.2.2 Tiempo elevado de paros mecánicos por daño en el carrusel

Para el desarrollo de la verificación de las causas expuestas se levantó el método de cómo se debería revisar el evento, ya sea este por observación directa, estudio de tiempos o en tal caso por la aplicación de estadística con el objetivo de corroborarlos y conocer de qué manera impactan al problema expuesto. A continuación, se presenta el plan de verificación para el problema de tiempo elevado en paros mecánicos del carrusel.

Tabla 2.8 Plan de verificación de causas - Averías mecánicas en el carrusel

[Elaboración propia]

N.º	Causas	Impacto	¿Cómo verificar?	Estado
1	Exceso de carga de kg de plátanos en el carrusel	El exceso de carga de banano en el carrusel produce paradas mecánicas no programadas, afectando la disponibilidad de la línea de congelación	Gemba – 5Por qué? - T Student-ANOVA	Completado
2	Pasador frágil	El material del pasador no soporta las condiciones de trabajo, provocando averías en el carrusel y por tanto varias paradas no programadas en el turno, reduciendo así el factor de disponibilidad	Gemba – 5Por qué? - T Student	Completado
23	Ineficiencia en el procedimiento de control de arranque	Al existir ineficiencia en el control de arranque de parámetros como limpieza, lubricación y control general, provocan paradas en la máquina que reducen el tiempo de operación y por ende afectan la disponibilidad	Gemba – 5Por qué? - T Student	Completado

X1. Exceso de carga de Kg de plátanos en el carrusel

La siguiente causa es verificada con Gemba y ANOVA, debido a que depende en como alimentar su banda, por lo tanto, en el momento de ir al sitio se constató una gran cantidad de producto en la banda de carrusel que afecta a los pasadores, módulos y tensores. Además, se observó que la distribución de bananos no era

uniforme en todo el equipo, por lo que las partes más afectadas eran directamente los puntos en que existía acumulación de bananos.



Figura 2.27 Mala distribución del peso [Empresa de bananos congelados, 2022]

Prueba T e IC de dos muestras: Weight (kg/m²); Shift

Método

μ_1 : media de Weight (kg/m²) cuando Shift = A
 μ_2 : media de Weight (kg/m²) cuando Shift = B
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Weight (kg/m²)

Shift	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
A	16	34,00	3,27	0,82
B	16	33,63	3,56	0,89

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,38	(-2,09; 2,84)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
0,31	29	0,758

Prueba T e IC de dos muestras: Lost time (min); Shift

Método

μ_1 : media de Lost time (min) cuando Shift = A
 μ_2 : media de Lost time (min) cuando Shift = B
 Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Lost time (min)

Shift	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
A	16	13,2	10,2	2,5
B	16	14,5	11,3	2,8

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-1,35	(-9,11; 6,41)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-0,36	29	0,725

Figura 2.28 Prueba T Peso vs turno [Minitab, 2022]

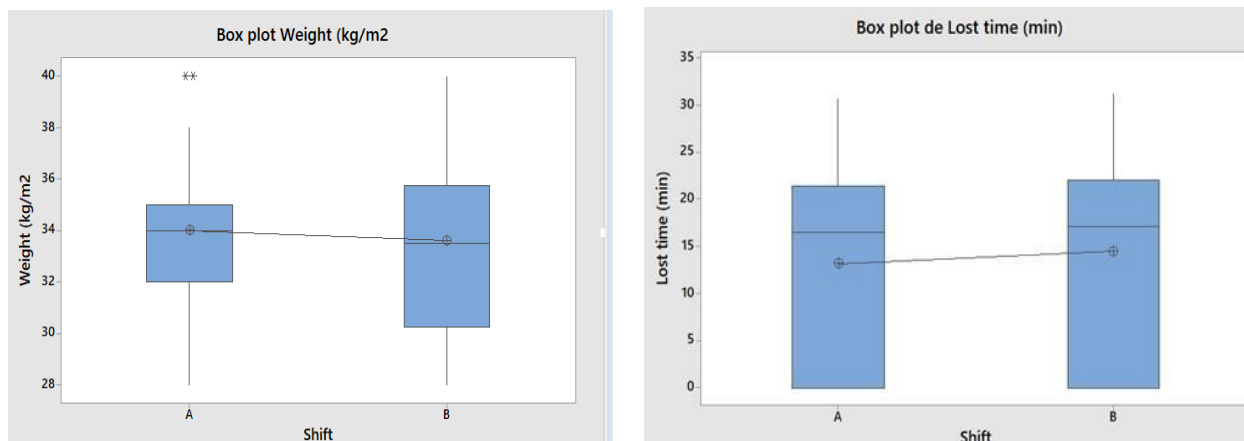


Figura 2.29 Diagramas de cajas Peso, tiempo perdido [Minitab, 2022]

Para complementar aún más la causa, se realizó una prueba de peso. Mediante la aplicación de diferentes niveles de peso se evaluó el tiempo (min) que pierde el

carrusel por daño mecánico por exceso de peso. Esta prueba se realizó tanto en el turno de día como en el de noche. Determinar si existen diferencias entre las medias de los datos registrados tanto de peso como de tiempo. Se realizó una t-Student de dos muestras. Obteniendo una p mayor que el nivel de significación en ambos casos, lo que significa que las medias muestrales son iguales tanto en peso como en el resultado obtenido.

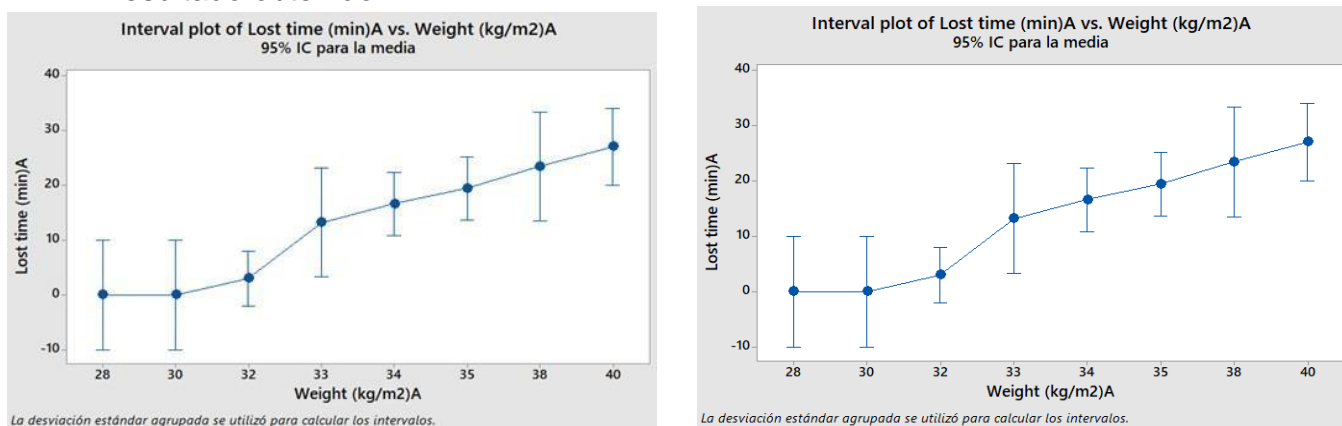


Figura 2.30 Gráfico de intervalos tiempo perdido vs peso [Minitab, 2022]

H_0 : El factor de peso no influye en el tiempo de paro del carrusel.

H_1 : El factor de peso influye en el tiempo de paro del carrusel.

$p < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula.

ANOVA de un solo factor: Lost time (min)B vs. Weight (kg/m2)B ANOVA de un solo factor: Lost time (min)A vs. Weight (kg/m2)A

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Weight (kg/m2)B	10	28; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 38; 40

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Weight (kg/m2)B	9	1905,28	211,697	882,07	0,000
Error	6	1,44	0,240		
Total	15	1906,72			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,489898	99,92%	99,81%	*

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Weight (kg/m2)A	8	28; 30; 32; 33; 34; 35; 38; 40

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Weight (kg/m2)A	7	1399,5	199,93	10,75	0,002
Error	8	148,8	18,60		
Total	15	1548,3			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4,31277	90,39%	81,98%	*

Figura 2.31 ANOVA Tiempo perdido vs Peso vs Turno [Minitab, 2022]

Como se puede apreciar tanto en el turno de mañana como de noche, los p-valores obtenidos (0.00 y 0.002 respectivamente) son inferiores al nivel de significancia de

0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para esta muestra, demostrándose que la causa es importante. De igual forma, el gráfico muestra el comportamiento de los resultados registrados, indicando el aumento en el tiempo de daño a medida que el peso incrementa. También podemos ver que el modelo se ajusta en ambos casos por el valor ajustado (81% y 99%).

X2. Pasador y módulo frágil

Para verificar la causa, se registró el número de paros en el día por rotura del pasador considerando el material que usaban era polipropileno y un nuevo material propuesto, acetal. Por lo tanto, es evidente que en promedio de cambios diario por el material viejo fue de 11 y 6 para el propuesto. Además, al ir al sitio se tomó en consideración las opiniones de los operadores, donde los mismos indicaron la disconformidad debido a la calidad del material y señalan que no debe ser de polipropileno porque no cumple con las condiciones de trabajo.

Es importante mencionar que además de perder el tiempo de producción, también el cambio del pasador o repuesto es tedioso y complejo, debido al retiro del banano de las bandas del carrusel, punto en donde se encuentra una gran cantidad de producto que suele trabarse por un desorden de módulos provocado por la rotura del pasador.

Tabla 2.9 Datos de cambios diarios del pasador [Elaboración propia]

N.º de paros en el día (polipropileno)	N.º de paros en el día (acetal)
12	7
10	6
10	4
13	8
11	5
10	8
13	7
12	5
9	4
9	7
14	6
11	3
10	4

12	7
14	5
8	6
10	5
13	7
9	8
10	4

Prueba T e IC de dos muestras: Daily changes; Material

Método

μ_1 : media de Daily changes cuando Material = acetel
 μ_2 : media de Daily changes cuando Material = polipropileno
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Daily changes

Material	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
acetel	20	5,80	1,54	0,34
polipropileno	20	11,00	1,78	0,40

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-5,200	(-6,266; -4,134)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-9,88	37	0,000

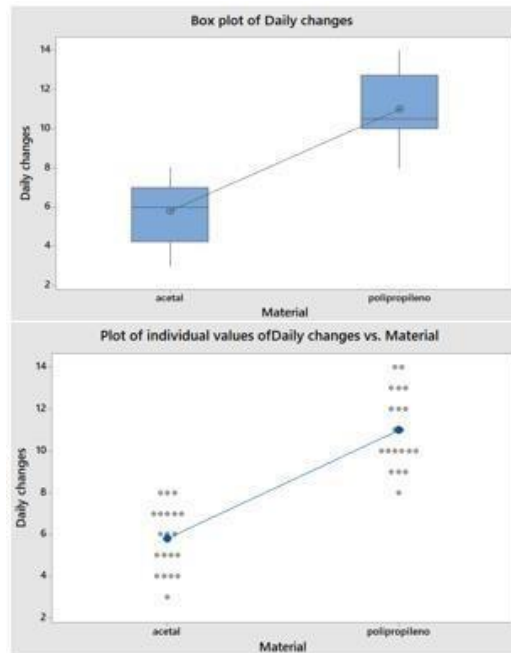


Figura 2.32 Prueba T e IC y Diagramas cambios diarios vs Material [Minitab, 2022]

H_0 : Las medias de las muestras son iguales

H_1 : Las medias de las muestras no son iguales

Se realizó una prueba t de Student para el comportamiento normal de los datos para verificar si existe diferencia entre las medias para el material de acuerdo con los cambios por rotura de pasador. La prueba concluyó que se rechaza la hipótesis H_0 por su valor p de 0 y por lo tanto existe una diferencia significativa entre la resistencia del material, siendo el acetel la mejor opción para un mejor desempeño del carrusel.



Figura 2.33 Prueba sobre el cambio de material [Empresa de bananos congelados, 2022]

X13. Proceso de control de inicio de línea ineficiente

Para verificar la causa, se registraron los tiempos perdidos de las paradas ocasionados por un ineficiente control de arranque de los parámetros de limpieza, lubricación y control general al inicio de la línea. Para ello se realizó un análisis de los promedios de los tiempos generados cuando se realizó o no la verificación de los parámetros. Mediante una prueba t-Student se verificó que las medias de las muestras no son iguales utilizando el valor p de 0, donde se rechaza H_0 .

Tabla 2.10 Datos de revisión del arranque de línea [Elaboración propia]

Revisión de parámetros en el arranque de línea (Si/No)	Observación	Minutos perdidos
NO	Falta de lubricación de cadenas	20
NO	Paro por ajuste de pasador	12
NO	Paro por falta de limpieza en carrusel	19
SI		3
NO	Falta de ajuste de pasador	11
NO	Falta de lubricación de cadenas	15
SI		0
NO	Falta de funcionalidad de botonera	9
NO	Falta de ajuste o tensión de cadenas	16
NO	Falta de ajuste de botonera	16
SI	Falta de limpieza en bajantes de carrusel	6
NO	Sprocket roto	14
NO	Falta de ajuste de módulos	11
NO	Falta de limpieza en carrusel	13
NO	Falta de lubricación de cadenas	17
NO	Paro por ajuste de pasador	10
NO	Paro por ajuste de pasador	12
NO	Paro por ajuste de pasador	10
SI		0
SI		0
NO	Falta de limpieza en carrusel	6
NO	Sprocket roto	16
SI		5
NO	Falta de ajuste de módulos	10

H_0 : Las medias de las muestras son iguales

H_1 : Las medias de las muestras no son iguales

Prueba T e IC de dos muestras: Min perdidos; Revisión ... ros arranque

Método

μ_1 : media de Min perdidos cuando Revisión de parámetros arranque = NO

μ_2 : media de Min perdidos cuando Revisión de parámetros arranque = SI

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Min perdidos

Revisión de parámetros arranque	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
NO	20	13,20	3,44	0,77
SI	7	3,26	3,53	1,3

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
9,94	(6,51; 13,37)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
6,46	10	0,000

Figura 2.34 T e IC de Min perdidos vs Revisión de parámetros de arranque [Minitab, 2022]

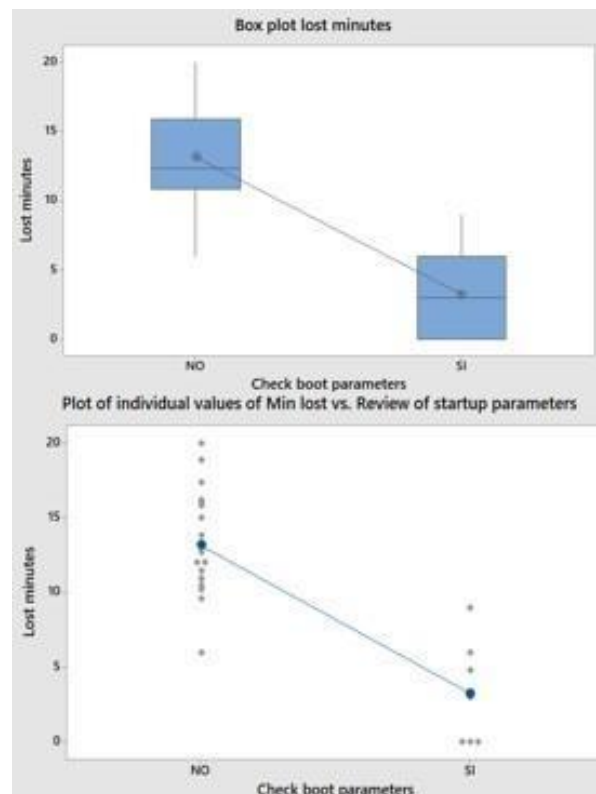


Figura 2.35 Diagramas minutos perdidos vs Revisión de parámetros de arranque [Minitab, 2022]

2.2.3 Análisis 5 ¿Por qué?

2.2.3.1 Tiempo excesivo de limpieza

Para los altos tiempos de limpieza se usó la herramienta 5 ¿Por qué? para obtener la acción a realizar y mejorar los tiempos, con lo cual se terminó que es importante realizar la estandarización del proceso de limpieza con ayuda de un SMED tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.11 5W - Altos tiempos de limpieza [Elaboración propia]

Causa raíz potencial	P/R	¿Por qué?	Si/No	¿Por qué?	Acción
Alto tiempo de limpieza	Pregunta	¿Por qué son altos los tiempos de limpieza?	Si	¿Por qué hay reprocesos en la limpieza?	Implementar la herramienta SMED para minimizar los tiempos de limpieza y estandarizar el proceso
	Respuesta	Porque hay reprocesos en la limpieza		Los operadores realizan actividades de limpieza sin instrucciones formales	

2.2.3.2 Tiempo elevado de paros mecánicos por daño en el carrusel

Luego del análisis del problema enfocado, se procedió a utilizar la herramienta de los 5 ¿por qué?

Para el exceso de carga de kg de plátanos en el carrusel se debe tomar como acción, Implementar un sistema de control de altura con sensores fotoeléctricos de reflexión que regulen el peso en el carrusel.

Tabla 2.12 5W - Exceso de carga de kg de plátanos en el carrusel [Elaboración propia]

Causa potencial	P/R	¿Por qué?	Si/No	¿Por qué?	Si/No	¿Por qué?	Acción
Exceso de carga de kg de plátanos en el carrusel	Pregunta	¿Por qué hay un exceso de carga de kilos de plátanos en el carrusel?	Si	¿Por qué la carga de plátano se distribuye de manera desigual en el carrusel?	Si	¿Por qué se carga el carrusel según los criterios del operador?	Implementar un sistema de control de altura con sensores fotoeléctricos de reflexión que regulen el peso en el

	Respuesta	Porque la carga de plátano se distribuye de manera desigual en el carrusel		Porque el carrusel se carga según los criterios del operador		El proceso de control de altura es manual	carrusel
--	-----------	--	--	--	--	---	----------

Para el pasador frágil se debe tomar como acción, el reemplazo del material del que están hechos los pasadores, para esto es necesario revisar la ficha técnica del tipo de material adecuado según las condiciones ambientales y al tipo de trabajo que será sometido el pasador, posterior a eso se evaluará a partir de pruebas piloto el funcionamiento durante el proceso de alimentación de carrusel.

Tabla 2.13 5W – Pasador frágil [Elaboración propia]

Causa Raíz*	P/R	¿Por qué?	Si/No	¿Por qué?	Acción
Pasador frágil	Pregunta	¿Por qué el pasador es frágil?	Si	¿Por qué el material del pasador no es adecuado para el proceso?	Reemplace el tipo de material del pasador de polipropileno a acetil
	Respuesta	Porque el material del pasador no es adecuado para el proceso		Resistencia a la compresión inadecuada en el pasador	

Para el ineficiente control al arranque de la línea, se obtuvo como acción a realizar la estandarización del control e inspección del proceso al inicio de la línea.

Tabla 2.14 5W - Ineficiente control al arranque de la línea [Elaboración propia]

Causa Raíz*	P/R	¿Por qué?	Si/No	¿Por qué?	Acción
Proceso de control de inicio de línea ineficiente	Pregunta	¿Por qué el ineficiente proceso de control de primera línea?	Si	¿Por qué la revisión de los parámetros de control en el inicio es empírica entre los operadores?	Estandarización del proceso de control e inspección al inicio de la Línea
	Respuesta	Porque la revisión de los parámetros de control en el arranque es empírica entre los operadores		Porque hay una falta de estandarización en el proceso de control de arranque	

Luego de analizar cada una las causas raíz, se obtuvieron las causas potenciales y

sus causas fundamentales tal como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 2.15 Causas potenciales y raíces [Elaboración propia]

Causas Potenciales	Causas Raíz
Exceso de carga de kg de plátanos en el carrusel	Control de altura es manual
Pasador	Resistencia a la compresión inadecuada en el Pasador
Proceso de control de inicio de línea ineficiente	Falta de estandarización en el proceso de control de arranque
Excesivo tiempo de limpieza	Los operadores realizan actividades de limpieza sin instrucciones formales

2.3 Mejora

A partir de la identificación de las causas raíz en la sección anterior de análisis se proponen posibles mejoras que serán válidas con el equipo y si es necesario realizar pruebas estadísticas, análisis modal de fallas y diseño de experimentos para garantizar el mejor impacto en la solución al problema.

Tabla 2.16 Soluciones Potenciales [Elaboración propia]

Y's enfocada	Causa Raíz	Solución	N.º
Fallas mecánicas en el carrusel	Control de altura manual	Implementar un sistema de control de altura con sensores fotoeléctricos de reflexión que regulan el peso en el carrusel.	1
		Implementar un sistema de pesaje con celdas de carga en el carrusel.	2
		Implementar un diseño de control de altura con cortinas de PVC en el carrusel.	3
	Inadecuada Resistencia de compresión del pasador	Reemplazar del tipo de material de pasador de polipropileno a acetal.	4
	Falta de estandarización del proceso de control de arranque	Estandarizar del proceso de Control inspección al inicio de la línea (Checklist).	5
Altos tiempos de limpieza	Operadores realizan las actividades sin instrucciones formales	Aplicar la herramienta SMED para el proceso de limpieza.	6

2.3.1 Soluciones Potenciales

Para las posibles soluciones hay 2 escenarios, el primer escenario consiste en

implementar las soluciones propuestas a excepción de la 2 y la 3, por otro lado, el escenario 2 es la implementación de todas las soluciones.

Como podemos ver en la tabla a continuación el escenario en donde se debe realizar una menor inversión es en el número uno.

Tabla 2.17 Presupuesto de escenarios [Elaboración propia]

Escenario	Inversión
I	\$1.024,7
II	\$2.912,23

Consideraciones:

- Costo por hora del operador: \$ 1.88
- Costo técnico por hora: \$ 2.79
- Costo por hora de supervisión: \$ 6.54
- Diferencia de costo de pines de polipropileno a acetal: \$0.25
- Cantidad solicitada mensualmente: 300 pines

Tabla 2.18 Estimación de costos [Elaboración propia]

Estimación de costos-Posibles soluciones						
Opciones	1	2	3	4	5	6
Activo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Instalaciones eléctricas	\$ -	\$ 100,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Material	\$ 37,85	\$ 1400,00	\$ 200,00	\$ 900,00	\$ -	\$ -
Mano de obra	\$ 29,82	\$ 163,92	\$ 24,24	\$ -	\$ -	\$ -
Capacitación	\$ 18,80	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 18,80	\$ 18,80
Costo total	\$ 86,47	\$ 1663,92	\$ 224,24	\$ 900,00	\$ 18,80	\$ 18,80

En la tabla 2.18 se describe la estimación de costos por cada una de las soluciones, teniendo en cuenta todos los componentes durante su ejecución, incluyendo

materiales, mano de obra, inversión en activos y capacitaciones.

2.3.2 Evaluación de propuestas de mejora

Para que algunas de las soluciones se puedan seleccionar teniendo en cuenta el impacto generado al momento de solucionar el problema, se realizó una matriz de impacto esfuerzo que nos permitió la valoración de cada una de las soluciones propuestas. Para esta evaluación se relacionan 2 criterios muy importantes como lo son el impacto que ha usado a la compañía y la inversión que se debe realizar, teniendo como ponderación de un punto si estas variables se encuentran en un nivel bajo, 2 puntos si se encuentran en niveles medios y 4 puntos si son altos.

Los resultados fueron calculados mediante el producto entre el peso por el criterio de control, tal como se muestran en las siguientes tablas:

Criterio	
Fácil	El equipo y el personal disponible para implementar la mejora
Rápido	Los equipos se encuentran listos en bodega
Alto impacto	Reduce los paros no programados en el proceso
Escala de pesos	
Alto peso	4
Bajo peso	1
Total	16

Figura 2.36 Criterios de evaluación de propuestas de mejora [Elaboración propia]

Tabla 2.19 Matriz de selección de soluciones [Elaboración propia]

Matriz de selección de soluciones				
Factores	Fácil	Rápido	Alto impacto	TOTAL
Peso	1	1,6	1,4	
Soluciones				
1	3	4	4	15
2	1	3	3	10

3	2	2	1	6,6
4	4	3	4	14,4
5	4	4	4	16
6	4	3	4	14,4

2.3.3 Selección de propuestas de mejora

En conjunto con personal de mantenimiento, proyectos, procesos y líderes de personal operativo se realizaron las evaluaciones de cada una de las soluciones propuestas, gracias a estas se pudieron obtener los niveles de impacto y esfuerzo de cada una de ellas, logrando posicionarlas en cada uno de los cuadrantes respectivos, tal como se muestra en la imagen a continuación.

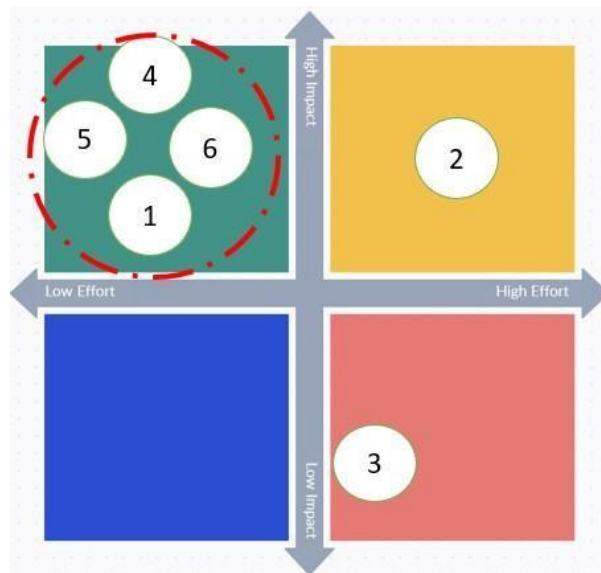


Figura 2.37 Matriz impacto y esfuerzo [Elaboración propia]

Para poder elegir una solución, ésta se debe posicionar en el cuadrante que represente un alto impacto y un menor esfuerzo, cómo soluciones secundarias se obtendrán las que tengan un bajo esfuerzo y bajo impacto, cómo siguientes soluciones se considerarían las que tengan un alto esfuerzo e impacto, las que no se deberían tener en cuenta como una solución factible son las que se encuentran en el cuadrante de alto esfuerzo y bajo impacto.

Dentro del cuadrante de soluciones óptimas se posicionaron las siguientes:

- Implementar un sistema de control de altura con sensores fotoeléctricos de

reflexión que regulan el peso en el carrusel.

- Reemplazar el tipo de material del pasador de polipropileno a acetal.
- Estandarización del proceso de control e inspección al inicio de la línea.
- Aplicación de la herramienta SMED en el proceso de limpieza.

2.3.4 Plan de implementación de soluciones

A partir de la creación del plan de implementación se conoce que se va a realizar, el porqué de la mejora, de qué manera se va a realizarse y se considera la inversión monetaria junto a la fecha de su cierre.

Tabla 2.20 Implementación de soluciones [Elaboración propia]

N.º	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	Costo	¿Cuándo?
1	Implementar un sistema de control de altura con sensores fotoeléctricos de reflexión en el carrusel	Para controlar el nivel de altura del plátano y evitar la existencia de puntos donde se almacena más el plátano que otros puntos donde no hay plátano	Al crear un diseño de control de altura usando sensores fotoeléctricos que alertan si la banana está por encima del estándar de altura de 32 cm. IMPLEMENTACIÓN	Carrusel	Líderes del proyecto	\$67,67	19/08/22-09/07/22
2	Reemplazar el tipo de material del pasador de polipropileno a acetal	Permite reducir el tiempo de parada por rotura de pasadores en la jornada de trabajo	Según el plan de compra hacia el proveedor seleccionado IMPLEMENTACIÓN	Carrusel	Líderes del proyecto	\$900	19/08/22-26/08/22
3	Estandarizar el proceso de control e inspección al inicio de la línea (Checklist)	Es necesario asegurarse de que los parámetros sean los adecuados para iniciar el trabajo a fin de evitar errores y paradas no programadas durante la ejecución de las siguientes tareas	Estandarizar el proceso de inspección y control de línea con el equipo de mantenimiento y producción a través de una lista de verificación de arranque de línea IMPLEMENTACIÓN	Línea de producción	Líderes del proyecto	\$ 18,80	19/08/22-26/08/22

4	Aplicación de la herramienta SMED en el proceso de limpieza	Para simplificar y optimizar las operaciones involucradas en el proceso de limpieza y a su vez ejecutar tareas sin interrumpir el funcionamiento de la máquina, además de estandarizar las operaciones	Se identificarán actividades internas y externas para estandarizar el proceso y distribuir ordenadamente las actividades IMPLEMENTACIÓN	Línea de producción	Líderes del proyecto	\$ 18,80	19/08/22-26/08/22
---	---	--	--	---------------------	----------------------	----------	-------------------

2.3.4.1 Implementar un sistema de control de altura con sensores fotoeléctricos de reflexión en carrusel

Es necesario diseñar un sistema de control de altura basado en sensores fotoeléctricos que funcionen como un limitador de nivel de banana para que la carga se distribuya uniformemente por todo el carrusel.

Esta adaptación se colocó en lugares estratégicos, considerando que no interrumpa la actividad de pelado de frutas.

La posible solución fue una adaptación de 2 pares de sensores que se calibran según la prueba en sitio considerando los parámetros de altura (32 cm), peso (32 kg/m²), velocidades de la cinta del carrusel (30 Hz) y banda de alimentación (35 Hz) corroborada con la prueba in situ. A continuación, se ajustan los materiales que se usaran junto a la función de cada uno de ellos:

	<p>Barreras fotoeléctricas de reflexión Serie 5K Dimensiones 10.8 x 43.5 x 19.5 mm Interfaz PNP Contacto normalmente cerrado (NC) Principio de funcionamiento Sensor fotoelectrónico Principio de funcionamiento óptico Barrera fotoeléctrica de reflexión Tipo de luz LED Luz roja</p>	
BOS0122	<p>Alcance 0...4 m Conexión Conector, M8x1-Conector, 4-polos Material de carcasa PC PBT Superficie activa, material PMMA Tensión de servicio Ub 10...30 VDC Homologación/conformidad cULus, CE, EAC, WEEE, UKCA</p>	
	<p>Reflectores y láminas reflectantes Versión Arista cubo 4 mm Utilización para barreras fotoeléctricas de reflexión optoelectrónicas Forma Rectángulo, 2 orificios de fijación</p>	
BAM01JP	<p>Dimensiones 40 x 60 x 7.5 mm Superficie activa 19.9 cm² Temperatura ambiente -20...60 °C Superficie activa, material PMMA Tipo de luz Luz no polarizada, también para luz polarizada Fijación Adhesivo, Tornillo M3"</p>	
	<p>CABLE CONECTOR Conexión M8x1-Conector hembra, recto, 4-polos, A-codificado Cable PVC Gris, 5 m, Apto para cadenas de arrastre Número de conductores 4 sección de conductor 0.34 mm²</p>	
BCC02PM	<p>Temperatura del cable, posicionamiento fijo -40...105 °C Temperatura del cable, posicionamiento flexible -5...105 °C Tensión de servicio Ub 60 VDC / 60 VAC Corriente nominal (40 °C) 4.0 A Grado de protección IP67, IP69K Homologación/conformidad CE, cULus, EAC, WEEE"</p>	

Figura 2.38 Características de implementos del sistema de control [Proveedor de material, 2022]

Procedimiento para determinar el peso ideal por m2 considerando la altura del plátano (cm)

Para definir correctamente las soluciones, es necesario conocer la carga máxima que soporta el carrusel, por lo tanto, se verifica entre el peso nominal de la máquina (500 kg) vs las pruebas de pesaje en sitio, considerando a su vez las configuraciones del equipo.

La cinta del carrusel tiene 30 m de largo con un ancho de 0.5 m, por lo tanto, se realizará la prueba piloto por m², donde se siguen los siguientes pasos:

- Notificar a la producción del pesaje de prueba durante la limpieza profunda.
- Llena todo el carrusel con plátanos.
- Haga funcionar las correas del carrusel hasta dos revoluciones completas en aproximadamente minutos.
- Detener el movimiento de las bandas.
- Recoge un juego de plátanos por metro cuadrado en el carrusel.
- Coloque los plátanos en los contenedores de clasificación.

- Llevar a un lugar adecuado para pesar.
- Pesar caja por caja.
- Anota los Kg por cajón.
- Calcular el peso total del banano en el carrusel de acuerdo con los kg/m² pesados.
- Verificar con el equipo si la carga es suficiente o existe oportunidad de aumentarla en ausencia de rotura de pasadores y disminución de la velocidad de arrastre de las cadenas.

Configuraciones propuestos del equipo (Muestra 1)		Configuraciones actuales del equipo (Muestra 2)	
Velocidad de banda de carrusel	30 Hz	Velocidad de banda de carrusel	31 Hz
Velocidad de banda de alimentación	35 Hz	Velocidad de banda de alimentación	60 Hz
Altura	32 cm	Altura	40 cm
Peso	32 Kg/m ²	Peso	40 Kg/m ²

Figura 2.39 Parámetros de control [Elaboración propia]

Seguido de tomar los datos de control de varias muestras se procedió a verificar estadísticamente el comportamiento de los datos y la conclusión del proceso, por lo tanto, para este caso se usó una prueba de proporciones que indique el % de configuraciones de máquina que están dentro del estándar.

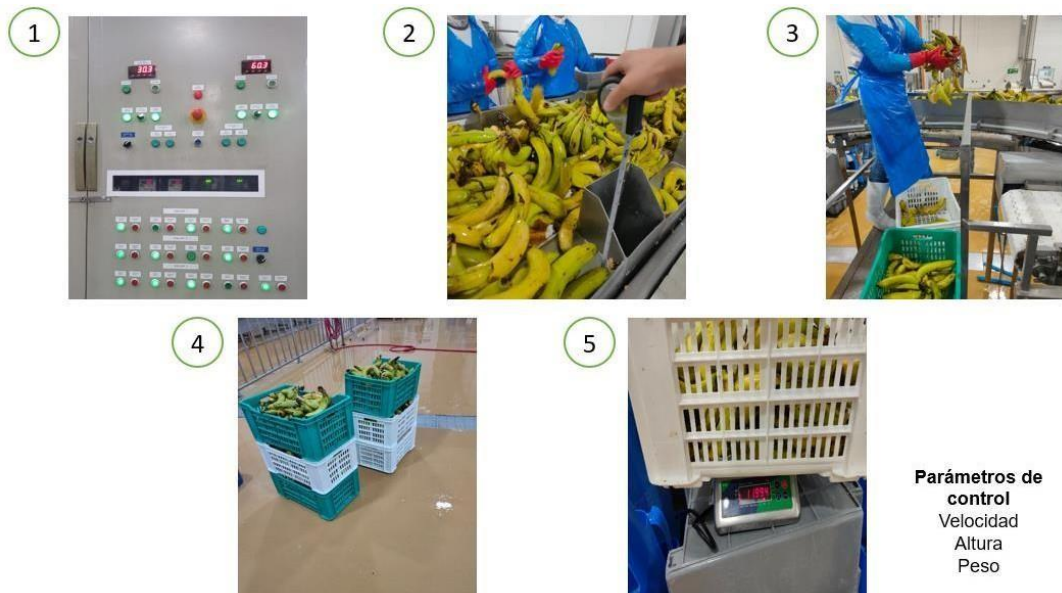


Figura 2.40 Configuraciones propuestas vs actual del equipo [Empresa de bananos congelados, 2022]

Prueba e IC para dos proporciones

Método

p_1 : proporción donde Muestra 1 = Evento
 p_2 : proporción donde Muestra 2 = Evento
 Diferencia: $p_1 - p_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Evento	Muestra p
Muestra 1	12	2	0,166667
Muestra 2	12	11	0,916667

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,75	(-1,000000; -0,487483)

IC basado en la aproximación a la normal

Prueba

Hipótesis nula $H_0: p_1 - p_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: p_1 - p_2 \neq 0$

Método	Valor Z	Valor p
Aproximación normal	-5,60	0,000
Exacta de Fisher		0,001

La aproximación normal puede ser inexacta para muestras pequeñas.



Figura 2.41 Prueba T e IC para dos proporciones de la configuración propuesta vs actual [Minitab, 2022]

H_0 : Las medias de las muestras son iguales

H_1 : Las medias de las muestras no son iguales

Luego de la prueba realizada se evidencia con el valor de p que existe una diferencia significativa entre el ajuste actual vs el propuesto. Por lo tanto, se concluyó que el escenario propuesto es el adecuado para mantener controladas las fallas mecánicas en el carrusel por rotura de partes o piezas mecánicas.

2.3.4.2 Reemplazar el tipo de material del pasador de polipropileno a acetal

La sustitución del material polipropileno por acetal trae beneficios al proceso en la reducción de paradas por rotura de pines, ya que mantiene mejores propiedades de resistencia, estabilidad y menor desgaste en ambientes húmedos que el polipropileno. Entre las características más significativas para verificar la eficacia del material se encuentran: Resistencia a la tracción-módulo de elasticidad-alargamiento a la rotura-temperatura-resistencia a la compresión ya la flexión.

A continuación, se visualiza la ficha técnica de cada material correspondiente, en donde, se evidencia las diferencias entre las propiedades mecánicas y principalmente la resistencia a la compresión.

TECAFORM AH natural - División de semielaborados

Designación química

POM-C (Poliacetal (Copolímero))

Color

blanco opaco

Densidad

1.41 g/cm³

Características principales

- alta resistencia mecánica
- resistente contra agentes de limpieza
- rígido
- Alta tenacidad
- muy buen aislante eléctrico
- buena mecanizabilidad
- buenas propiedades tribológicas
- difícil de pegar

Sectores estratégicos

- ingeniería mecánica
- automoción
- tecnología aeronáutica y aeroespacial
- electrónica
- Industria de la Alimentación
- industria del petróleo y gas
- industria médica

Propiedades mecánicas	parámetro	valor	unidad	norma	comentario
Resistencia a tracción	5mm/min	64	MPa	ASTM D 638	
Módulo de elasticidad (ensayo a tracción)	5mm/min	3100	MPa	ASTM D 638	1)
Elongación a rotura	5mm/min	30	%	ASTM D 638	
Resistencia a flexión	5mm/min	56	MPa	ASTM D 790	
Módulo de elasticidad (ensayo a flexión)	5mm/min	5300	MPa	ASTM D 790	
Resistencia a compresión	1,3mm/min	80	MPa	ASTM D 695	2)
Módulo de compresión	1,3 mm/min	1400	MPa	ASTM D 695	
Resistencia al impacto (Charpy)	max. 7.5J	n.b.	kJ/m ²	DIN EN ISO 179-1eU	3)
Resistencia al impacto entallado (Charpy)	2,9m/s	8,31	kJ/m ²	DIN EN ISO 179-1eA	
Dureza Shore	Shore D	79		ASTM D 2240	
Dureza por indentación de bola		165	MPa	ISO 2039-1	4)
Propiedades térmicas	parámetro	valor	unidad	norma	comentario
Temperatura de transición vítrea		-60	°C	DIN 53765	1)
Temperatura de fusión		168	°C	DIN 53765	
Temperatura de servicio	corto tiempo	140	°C	-	2)
Temperatura de servicio	servicio continuo	100	°C	-	
Expansión térmica (CLTE)	23-60°C, long.	12,36	10 ⁻⁵ K ⁻¹	DIN EN ISO 11359-1;2	
Expansión térmica (CLTE)	23-100°C, long.	13,6	10 ⁻⁵ K ⁻¹	DIN EN ISO 11359-1;2	
Calor específico		1,4	J/(g·K)	ISO 22007-4:2008	
Conductividad térmica		0,39	W/(K·m)	ISO 22007-4:2008	
Propiedades eléctricas	parámetro	valor	unidad	norma	comentario
Resistencia superficial específica		7,23x10 ¹⁵	Ω/square	ASTM D 257	(1) Probeta espesor 1mm
Resistencia volumétrica específica		1,57x10 ¹⁵	Ω·cm	ASTM D 257	
Rigidez dieléctrica	23°C, 50% r.h.	49	kV/mm	ISO 60243-1	1)
Resistencia al tracking (CTI)	Electrodo de platino, 23°C, 50% h.r., solvente A	600	V	DIN EN 60112	

Figura 2.42 Ficha Técnica pasador de acetal [Ensinger Brasil, 2017]

TECAPRO MT white - División de semielaborados

Designación química

PP (Polipropileno)

Color

blanco

Densidad

0.92 g/cm³

Características principales

- estabilizado termicamente
- apto para autoclave
- biocompatible
- buena resistencia química
- resistente a la hidrólisis y al vapor
- baja absorción de la humedad
- buenas propiedades tribológicas

Sectores estratégicos

- industria médica
- industria farmacéutica
- alimentación

Propiedades mecánicas	parámetro	valor	unidad	norma	comentario
Tensión límite elástico	22 °C	35	MPa	ASTM D 638	
Elongación a rotura	22 °C	12	%	ASTM D 638	
Resistencia a flexión	22 °C	54	MPa	ASTM D 790	
Módulo de elasticidad (ensayo a flexión)	22 °C	1447	MPa	ASTM D 790	
Resistencia a compresión	1% Sec. @ 22 °C	16	MPa	ASTM D 695	
Módulo de compresión		1600	MPa	ASTM D 695	
Resistencia al impacto (Izod)	22 °C	0.899	ft-lbs/in	ASTM D 256	
Propiedades térmicas	parámetro	valor	unidad	norma	comentario
Temperatura de fusión		162	°C	-	1) (1) por ASTM D789
Temperatura de deformación	1,82 Mpa	86	°C	ASTM D 648	
Temperatura de servicio	servicio continuo	100	°C	-	
Temperatura de servicio	Intermitente	140	°C	-	

- Especificación de la resina:
ASTM D 4101 PP0110
- Especificación de los formatos:
Ninguna

Figura 2.43 Ficha técnica pasador polipropileno [Ensinger Brasil, 2018]

2.3.4.3 Estandarización del proceso de control e inspección al inicio de la línea(Checklist)

Se implementó un Checklist de puesta en marcha, revisando los puntos más críticos de la línea para evitar paradas innecesarias en el proceso. Además, luego de registrar cualquier anomalía en el Checklist, se ingresa al sistema SAP para crear una orden de mantenimiento asignada a un operario para ser reparada en el menor tiempo posible. (Apéndice A).

Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria
Dpto. de Producción

S.A <small>Km 24,5 Via Daule</small>	LISTA DE CHEQUEO: ARRANQUE DE LINEA DE IQF	FO VCD-PL 077E REV 00 2022-08-26
---	---	--

FECHA DE LA INSPECCION: _____ LINEA: _____
HORA DE LA INSPECCION: _____


TAREAS	VERIFICACION (✓)	ESTADO (✓)		ACCIÓN CORRECTIVA	OBSERVACION
		BUENO	REGULAR		
Verificar que la tolva de desperdicios esté en buen estado					
Verificar que bandas de desperdicio estén en funcionamiento					
Verificar que el volteador este correctamente funcionando					
Revisar que duchas de las tinis estén en funcionamiento.					
Verificar que la bomba de agua de circulación este en buen estado.					
Verificar que bandas de tinis estén en buen estado.					
Verificar que banda de carrusel se encuentre en buen estado y listo para el arranque					
Verificar Bandas modulares de maquillado y aplastados se evidencien en buen estado y estén correctamente funcionando.					
Verificar elevadores de ingresos y salidas de túnel se evidencien en buen estado (Sin partiduras o fisuras) y estén correctamente funcionando.					
Verificar estado de ventanas de túneles, ventana de ingreso, ventana de salida de túnel (descasamiento de fibra y pintura)					


Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria
Dpto. de Producción

S.A <small>Km 24,5 Via Daule</small>	LISTA DE CHEQUEO: ARRANQUE DE LINEA DE IQF	FO VCD-PL 077E REV 00 2022-08-26
---	---	--

Verificar estado de zaranda (fisuras, hueco, sucio, limallas, u otros materiales extraños)					
Verificar que bandas de empaque estén en buen estado (fisuras, hueco, sucio, limallas, u otros materiales extraños)					
Verificar que pernos de ajustes estén correctamente ajustadas y completas. Zaranda vibratoria de ingreso de túnel Zaranda vibratoria de ingreso de túnel Tolva de empaque.					
Verificar parámetros de sensibilidad de detector de metales de la producción a elaborar					
Comprobación en la codificadora que los datos al imprimir en cajas y etiqueta de PT sean los correctos.					

Frecuencia: Al arranque de línea guiado por operador y supervisor
Acciones Correctivas: En caso de evidenciarse desviación comunicar al supervisor de turno para que este realice la orden de trabajo.


 Inspector de Seguridad y medio ambiente


 Supervisor de Producción



 Inspector de calidad

Figura 2.44 Modelo de Checklist a implementar [Elaboración propia]

2.3.4.4 Aplicación de la herramienta SMED en el proceso de limpieza

Se aplicaron los siguientes pasos:

2.3.4.4.1 Observar y entender el procedimiento donde se aplicará SMED.

En el paso 1 del SMED se identificó y describió el proceso actual registrando los tiempos por cada actividad que agregue o no agregue valor. (Apéndice B).

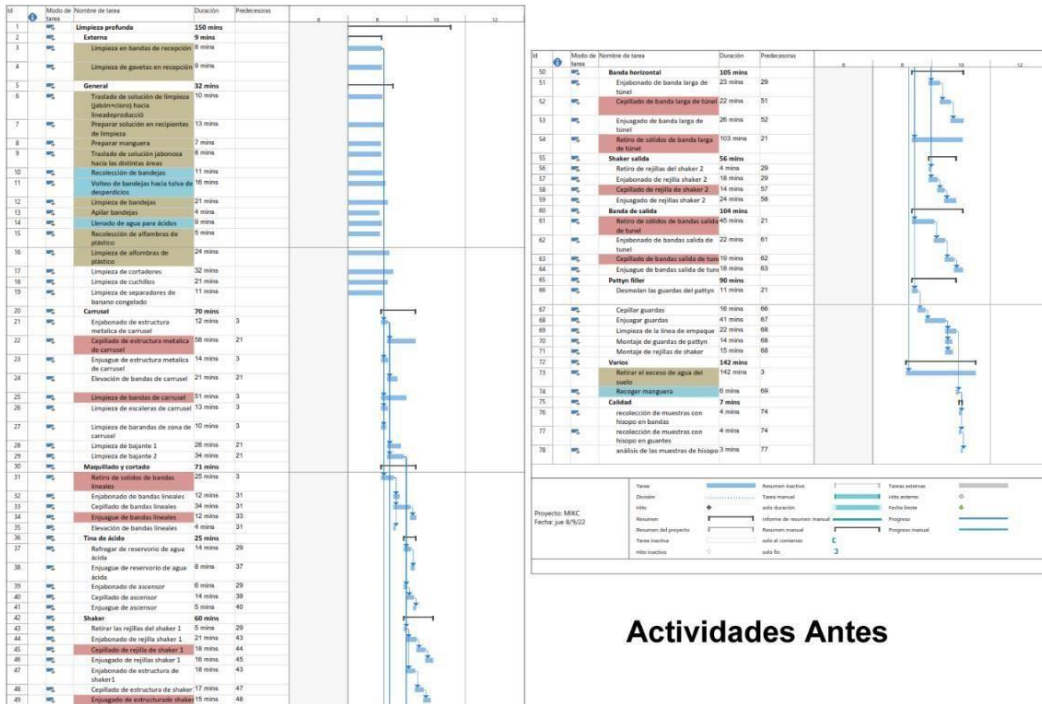


Figura 2.45 Diagrama de Gantt de actividades del proceso de limpieza – Antes
[Microsoft Project, 2022]

2.3.4.4.2 Identificar y separar las actividades.

Se realizó la identificación y separación de actividades internas, máquina apagada y actividades externas, máquina encendida.

Nº	ACTIVIDADES	TIEMPO DE LA ACTIVIDAD (TOTAL)	Situación Actual		Clasificación		Mejora Propuesta		Análisis ECKS				Mejora Propuesta	
			TIEMPO ACT. INTERNAS	TIEMPOS ACT. EXTERNAS	ACTIVIDADES INTERNAS	ACTIVIDADES EXTERNAS	ACTIVIDADES INTERNAS	ACTIVIDADES EXTERNAS	ELIMINAR	COMBINAR	REDUCIR	SIMPLICAR	TIEMPO ACT. INTERNAS	TIEMPOS ACT. EXTERNAS
7	Recolección de bandejas	12	12,32		x			x			x			12,32
8	Volteo de bandejas hacia tova de	18	18,48		x			x			x			18,48
11	Llenado de agua para ácidos	18	18,48		x			x			x			18,48
13	Limpeza de alfombras de plástico	31		30,8		x		24,64		x				24,64
17	Cepillado de estructura metálica de	55	55,44		x		36,96			x				36,96
20	Limpeza de bandas de carrousel	55	55,44		x		36,96			x				36,96
23	Limpeza de bajante 1	37	36,96		x		24,64			x				24,64
24	Limpeza de bajante 2	38	37,96		x		24,64			x				24,64
25	Retiro de sólidos de bandas lineales	55	55,44		x		43,12			x				43,12
27	Cepillado de bandas lineales	37	36,96		x		24,64			x				24,64
37	Cepillado de rejilla de shaker 1	25	24,64		x		18,48			x				18,48
38	Enjuagado de rejillas shaker 1	37	36,96		x		30,8			x				30,8
40	Cepillado de estructura de shaker1	25	24,64		x		12,32			x				12,32
41	Enjuagado de estructura de shaker1	12	12,32		x		12,32			x				12,32
43	Cepillado de banda larga de túnel	25	24,64		x		12,32			x				12,32
44	Enjuagado de banda larga de túnel	25	24,64		x		12,32			x				12,32
45	Retiro de sólidos de banda larga de túnel	136	135,52		x		110,88			x				110,88
48	Cepillado de rejilla de shaker 2	18	18,48		x		12,32			x				12,32
50	Retiro de sólidos de bandas salida de	136	135,52		x		110,88			x				110,88
52	Cepillado de bandas salida de túnel	18	18,48		x		12,32			x				12,32
53	Enjuague de bandas salida de túnel	18	18,48		x		12,32			x				12,32
60	Retirar el exceso de agua del suelo	142		141,68		x		117,04			x			117,04
65	Recoger manguera	6	6,16			x					x			6,16

Figura 2.46 Identificación y separación de actividades en el proceso de limpieza
[Elaboración propia]

2.3.4.4.3 Convertir actividades internas y externas

En este paso se realizó una conversión de actividades internas (máquina apagada) en externas (máquina encendida) para reducir los tiempos de cambios de proceso considerando que no alteren la buena ejecución de las tareas.

Actividades convertidas
Colección de bandejas
Vacear bandejas hacia tolva de desperdicio
Cambio de agua de ácidos
Recoger manguera

Figura 2.47 Actividades internas que se volvieron externas dentro del proceso de limpieza [Elaboración propia]

2.3.4.4.4 Optimizar tiempos de actividades

Se logró analizar cada actividad del proceso para proponer reducirla, combinarla o suprimirla sea el caso, logrando reducir el tiempo y maximizando la disponibilidad de producir slices de banano.

Se puede observar en la figura 2.50 si las actividades internas se realizan secuencialmente, toman un total de 332 minutos mientras que las actividades externas toman 1405 minutos. Al implementar la propuesta dada, presentada en la figura 2.51, estos valores se reducen a 357 minutos y 1127 minutos respectivamente.

Todas estas reducciones, viéndolas ya como actividades paralelas, suponen una variación total del proceso de 148 minutos a 123 minutos aproximadamente evidenciado en la figura 2.49, junto al nuevo Gantt de actividades de limpieza. (Apéndice C).



Actividades Después

Figura 2.48 Diagrama de Gantt de actividades del proceso de limpieza – Después [Microsoft Project, 2022]



Figura 2.49 Tiempos de limpieza (min) antes vs. Propuesta [Elaboración propia]



Figura 2.50 Tiempo (min) de actividades internas y actividades externas antes [Elaboración propia]



Figura 2.51 Tiempo (min) de actividades internas y actividades externas después [Elaboración propia]

2.3.4.4.5 Estandarizar de actividades de limpieza como parámetros, tiempos, actividades.

En este paso se presentan qué actividades internas se realizaron como actividades externas (Recogida de bandejas, volteo de bandejas hacia la tolva de residuos, llenado de agua para ácidos y recoger manguera).

Además, se propuso implementar herramientas que ayuden a remover sólidos de manera más rápida y eficiente para evitar reprocesos (boquilla de presión de agua). Finalmente, se desarrolló un manual de procedimientos que indica las actividades a realizar secuencialmente y los grupos de colaboradores que deben realizarlas.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Implementar un sistema de control de altura con sensores fotoeléctricos de reflexión en carrusel

La posible solución fue la adaptación de 2 pares de sensores que se calibran según la prueba in situ considerando los parámetros de altura (32 cm), peso (32 kg/m²), velocidades de la cinta del carrusel (30 Hz) y potencia alimentación (35 Hz) corroborada con la prueba in situ.

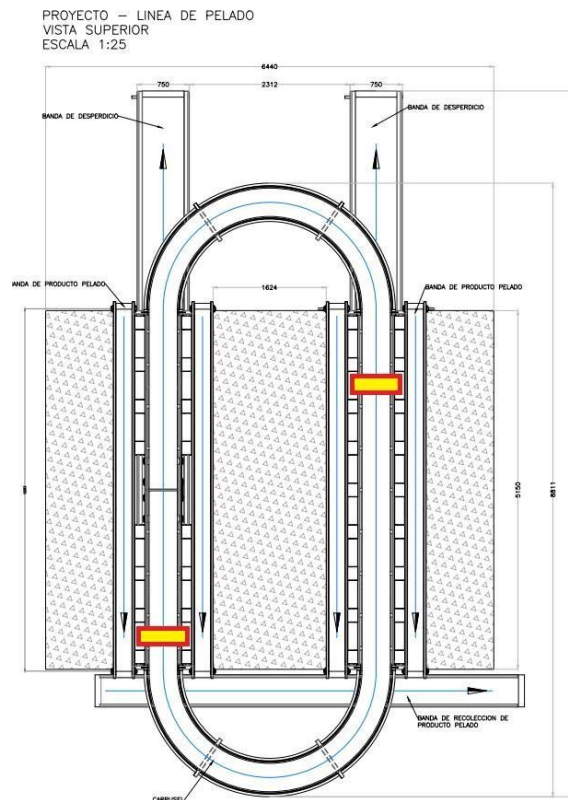


Figura 3.1 Plano de implementación [Elaboración propia]

3.3.1. Funcionalidad

Cuando el sensor detecta un objeto de ≥ 32 cm de altura se activa inmediatamente un micro interruptor en el panel de control para detener la alimentación de la fruta. En conclusión, la mejora implementada ayuda a regular la altura máxima del banano y por ende controlar su peso, manteniéndose por debajo de los 480 Kg.



Figura 3.2 Evidencia de implementación [Empresa de bananos congelados, 2022]

3.3.2. Beneficios y control

- El funcionamiento del carrusel entre ambos turnos es similar debido a que se estandarizó los parámetros de ajuste después de haber realizado la prueba de pesaje.
- Los sensores de control de altura consiguen detectar si la fruta está fuera del nivel establecido (32 cm) provocando que la cinta de alimentación deje de llenar el carrusel de plátanos.
- Según datos muestréales, se evidenció en sitio la reducción de este tipo de paros por exceso de paso.
- Además de mantener controlado el proceso, se planteó un LUP sobre la forma correcta de alimentar el carrusel respetando los escenarios propuestos, sumado a esto se realizó un arte de concientización con la oportunidad de ser implantado en planta y funcionar como control visual para la distribución de plátanos.

A continuación, se presentan medidas de control para mantener la solución impuesta a mediano y largo plazo.

- **Control visual:** Crea un estándar visual a través de las buenas prácticas de configurar la maquina en los ajustes de velocidad, altura y peso validados en las pruebas de peso, en donde se determinó la configuración óptima para evitar paros no programadas que afecten a la disponibilidad.



Figura 3.3 Distribución de banano en el carrusel [Elaboración propia]

- Lup:** La lección de un punto demuestra cómo se debe operar la máquina en base a los estándares ya validados y conocer el procedimiento para ejecutarla buena alimentación de banano al carrusel acorde a los sensores de altura que funcionan como Poka yoke para el proceso.







		LECCIÓN DE UN PUNTO (LUP)				LUP FO VCD-PL-078E	
Tema	Funcionamiento operativo del carrusel						
REALIZADO POR: PROJECT LEADERS							
Categoría	<input type="checkbox"/> Conocimiento Básico	<input type="checkbox"/> ADMINISTRACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> PRODUCCIÓN	<input type="checkbox"/> CALIDAD	Fecha de preparación	26/8/2022	
	<input checked="" type="checkbox"/> Caso de Mejora	<input type="checkbox"/> CÁMARA	<input type="checkbox"/> LOGÍSTICA	<input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO	Aprobado por	Producción	
	<input type="checkbox"/> Caso Problema					Fecha de preparación	6/9/2022
1		Contolar y verificar velocidades de banda de carrusel y alimentación a través del panel de control			2		
4		Mantener el banano a una altura por debajo del límite establecido (32 cm) para evitar la detección del sensor de nivel			3		
							
							
Estándares	Velocidad banda carrusel				30 Hz		LUP 01
	Velocidad banda de alimentación				35 Hz		
	Altura de banano en carrusel				32 cm		
	Peso por m ^2				32 Kg		
	Carga máxima en carrusel				480 Kg		
	Número de personas en carrusel				12		

Figura 3.4 Lección de un punto [Elaboración propia]

Finalmente, al implantar la solución se evidencia el resultado en el número de cambios en el día y en su promedio diario de tiempos perdidos por exceso de peso en carrusel. Siendo 1 cambio que representa 13 minutos para el escenario luego de la mejora con respecto a los 3 cambios históricos con 33 minutos no programados.



Figura 3.5 Promedio en minutos de paradas al día [Elaboración propia]



Figura 3.6 Promedio de paradas al día [Elaboración propia]

3.2 Reemplazar el material del pasador de polipropileno a acetal

Se realizó una prueba t de Student para corroborar la efectividad del acetal frente al polipropileno y se observó diferencias significativas en el número de cambios de pasador por día.

Prueba T e IC de dos muestras: Daily changes; Material

Método

μ_1 : media de Daily changes cuando Material = acetal
 μ_2 : media de Daily changes cuando Material = polipropileno
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticos descriptivos: Daily changes

Material	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
acetal	20	5,80	1,54	0,34
polipropileno	20	11,00	1,78	0,40

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-5,200	(-6,266; -4,134)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-9,88	37	0,000

Figura 3.7 Prueba T e IC cambio diarios, material [Minitab, 2022]

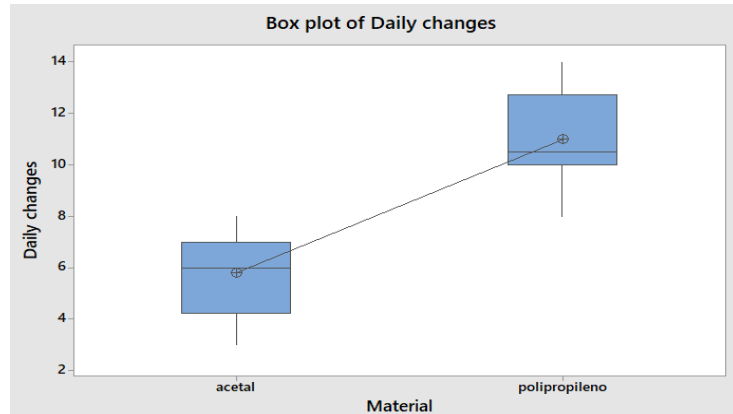


Figura 3.8 Diagrama de caja cambios diarios [Minitab, 2022]

H₀: Las medias de las muestras son iguales

H₁: Las medias de las muestras no son iguales

Para mantener un control visual de la frecuencia y tiempo perdido por cambios de pasador, se diseña una plantilla de KPI para colocar en planta y así tomar decisiones en base al cumplimiento del indicador. El cual se lo puede apreciar junto al KPI de la limpieza en la etapa de control de limpieza.

Teniendo en cuenta que el estándar máximo es de 3 cambios por turno.

Tabla 3.1 Comparación de materiales [Elaboración propia]

Polipropileno		Acetal	
Promedio de cambios Diarios	Promedio de tiempo en cambios diarios	Promedio de cambios diarios	Promedio de tiempo en cambios diarios
11 unidades	112 minutos	6 unidades	84 minutos

KPI Frecuencia de cambios de pasadores (St: 3 unidades/turno) Responsable: Sup. Producción Semana# _____

Promedio de paros

TURNO A ○ ○ ○ ○ ○ ○

Promedio de paros

TURNO B ○ ○ ○ ○ ○ ○

DIA 1 2 3 4 5 6

●
 No cumplió
 > 3 cambios

●
 Cumplió
 <= 3 cambios

Figura 3.9 KPI Frecuencia de cambios de pasadores [Elaboración propia]

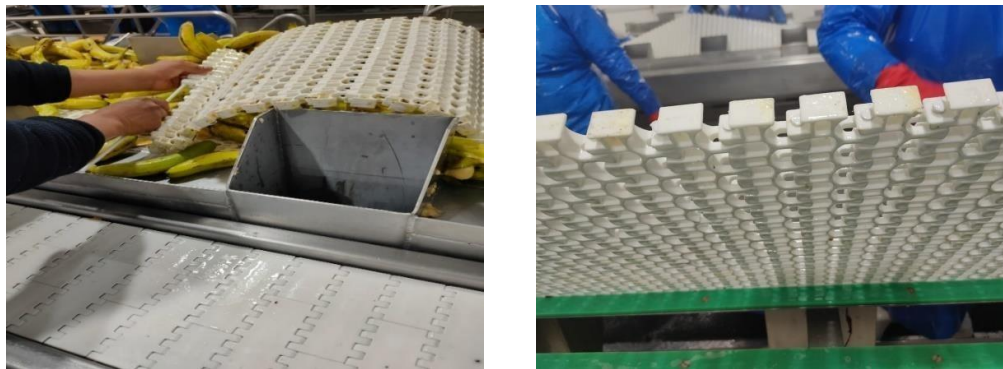


Figura 3.10 Evidencias de las pruebas de pasador [Empresa de bananos congelados, 2022]

3.3 Estandarización del proceso de control e inspección al inicio de la línea (Checklist)

Los parámetros de limpieza, funcionalidad, lubricación y ajuste se revisan en el arranque de la línea para iniciar el turno sin ningún problema y no afecte a la producción.

En los 6 días de la semana, se registró el número de paros por no haber realizado las inspecciones (escenario anterior) vs. cuando ya estaba implementado el formato de lista de verificación (escenario mejorado). (Apéndice D).

Auditoria de control de Checklist de Arranque de línea

Línea de producción _____
 Auditados: _____

Pilares			Si	No	Comentarios	
CHECKLIST	1	PERSONAS	Existe un responsable designado para realizar el Checklist de arranque			
	2		Existe compromiso y seguridad de parte del personal quién realiza el checklist de arranque			
	3		El personal entiende ¿qué? ¿cómo? y ¿dónde? debe revisar			
	4	PROCEDIMIENTO	El control de tareas del checklist es realizado diariamente			
	5		Las tareas del checklist son verificadas una a una y secuencialmente			
	6		Las acciones son registradas en el plan de mantenimiento			
	7		Se respeta el tiempo designado para realizar el checklist (15 minutos)			
	8	PÉRDIDAS	Las paradas menores son corregidas inmediatamente			
	9		La línea arranca siempre y cuando se han ajustado las fallas menores			
	10	COMUNICACIÓN	Existe un centro de comunicación para escalar las observaciones identificadas en la línea			
	11	EFICIENCIA	Al término de la auditoría se constata que el 90% de las observaciones que el auditor constato en sitio fueron registradas en el checklist			

Frecuencia: 1 vez por semana
 Comentarios:

Nota
 Min: 90%
 Auditor _____
 Fecha _____

Figura 3.11 Checklist de arranque de línea [Elaboración propia]

Al llevar a cabo la mejora de revisar la lista de verificación de puesta en marcha al inicio del turno existió una gran diferencia en el tiempo perdido entre el escenario anterior vs actual. En conclusión, al estandarizar el proceso de arranque se evidenció cero minutos por este tipo de parada.



Figura 3.12 Diagramas sobre la estandarización del proceso de arranque de línea
[Elaboración propia]

Consideraciones de auditoría:

1. La auditoría comienza al inicio del turno de día (7:30 a.m.).
2. La primera persona responsable de defender la auditoría es el operador principal.
3. La segunda persona responsable de defender la auditoría es el operador de la máquina.
4. La frecuencia de la auditoría es de un día a la semana, con la opción de hacerla el doble de lo necesario.
5. El auditor principal es el supervisor de producción y su reemplazo es el supervisor de mantenimiento.
6. La puntuación mínima para aprobar la auditoría es del 90%.
7. El incumplimiento de un punto siempre genera un plan de acción según sea el caso.
8. El departamento de mantenimiento debe proporcionar continuamente retroalimentación al personal sobre el funcionamiento de la máquina para capacitar al personal en cuestiones de mantenimiento autónomo.

3.4 Aplicación de la herramienta SMED en el proceso de limpieza

Luego de ejecutar la herramienta SMED, las actividades de limpieza se estandarizaron siguiendo un orden en cada una de ellas, logrando así minimizar el

tiempo del proceso. Adicional, los operadores fueron informados sobre las actividades internas que pasaron a ser externas, complementando con la mejora propuesta de incorporar un acople para aumentar la presión del agua al momento de la ejecución del retiro de sólidos de las líneas, logrando que, de 147 minutos de duración, el proceso pase a 123 minutos.

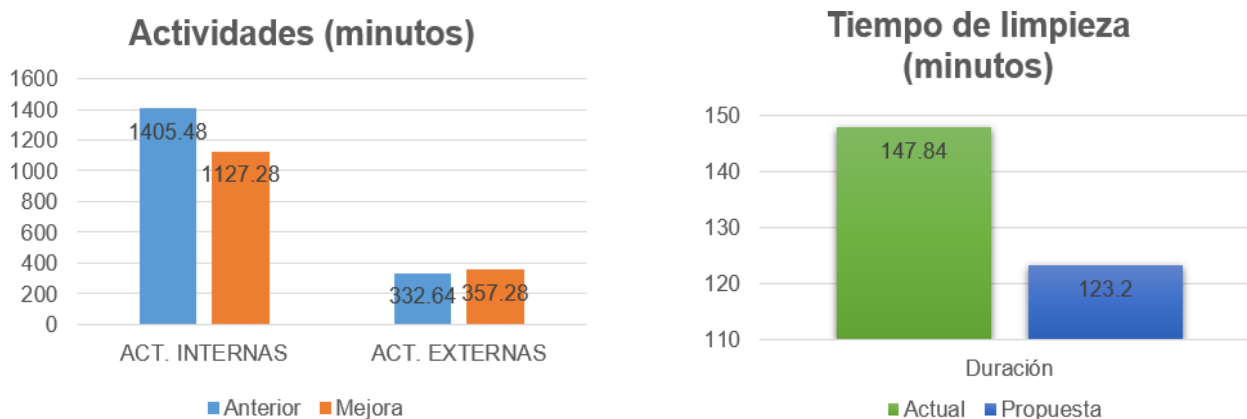


Figura 3.13 Diagramas sobre el resultado de SMED en proceso de limpieza [Elaboración propia]

A partir de la implementación de la metodología SMED, se proponen controles visuales y procedimientos que permitan mantener los cambios realizados a medio y largo plazo. Además de estandarizar las actividades con sus respectivos tiempos de acuerdo con las pruebas realizadas en el sitio. Finalmente, el KPI de limpieza permitirá a todo el personal comprometerse con el objetivo establecido (120 minutos).

KPI Tiempo de limpieza profunda (St: <=120 min)	Responsable: Sup. Producción	Semana# _____
MIN <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
DIA <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>No cumplió >120 min</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Si cumplió <=120 min</p> </div> </div>	
Observaciones:		

Figura 3.14 KPI Tiempo de limpieza profunda [Elaboración propia]

Para lograr estandarizar el proceso de limpieza y buscar que los operadores sigan las instrucciones del supervisor con respecto a la mejor forma de realizarlas

respetando los tiempos y la secuencia, se desarrolló e implementó el procedimiento de limpieza, siendo impartido al equipo de producción y dejando por sentado la manera óptima de la ejecución de la actividad. (Apéndice E).

Procedimiento de limpieza profunda

Indicaciones generales:

- Para poder iniciar el proceso de limpieza se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones:
- 10 minutos antes de iniciar el proceso, se deberá buscar la solución jabonosa preparada en el área de lavandería para poder transportarla hacia la zona de limpieza.
- La distribución de los recipientes con solución jabonosa deberá realizarse minutos antes del inicio del proceso.
- Los acoples utilizados para la variación de la presión en las mangueras deberán ser instalados instantes antes de comenzar con el proceso.
- Las pruebas de calidad serán realizadas al final del proceso de limpieza, los lugares para realizar la toma de las muestras serán al azar.

Zona Exterior

- Las bandas de recepción de producto previo a la sanitización se deben limpiar retirando cualquier residuo de producto que se encuentre en las bandas o estructura, esto se realizará con agua a presión.
- Se procederá a agregar solución jabonosa en todas las estructuras y bandas del equipo.
- Retirar sólidos con la ayuda de un cepillo, esta actividad la deberá realizar en toda la estructura y en todas las bandas transportadoras, procurando no dejar ningún espacio sin limpiar.
- Enjuagar toda la estructura con ayuda de una manguera con agua a presión para así asegurar que la maquinaria quede limpia de residuos.



Área de producción

- Se recolectan las bandejas grises que contienen residuo de banana, son volteadas en las tolvas de desperdicio, luego de verter todas las bandejas estas son limpiadas con una manguera con acople.



Figura 3.15 Procedimiento de limpieza profunda [Elaboración propia]

3.5 Escenarios antes y después de la implementación en las fallas mecánicas

Una vez implementadas las mejoras en una de las 3 causas más representativas en los problemas mecánicos del carrusel, se pudo evidenciar que hubo una reducción significativa de 15 a 7 paradas en el día, esto fue un gran cambio debido a que, según los datos históricos de la compañía, estas paradas representaban un total de 155 minutos diarios a lo cual, luego de la implementación, este tiempo se redujo a 97 minutos pudiendo concluir que la mejora logró una reducción de 58 minutos al día por este problema.

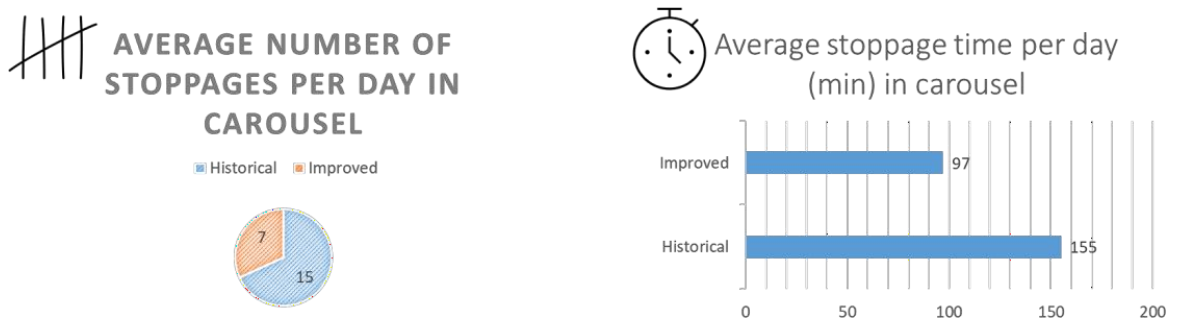


Figura 3.16 Antes y después de la implementación en las fallas mecánicas [Elaboración propia]

3.6 Plan de control

Luego de realizar la implementación de las soluciones propuestas por cada problema enfocado, se determinó un plan de control por cada una de ellas, para poder asegurar que estas mejoras se mantengan a mediano y largo plazo. Este plan de control se lo puede visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 3.2 Plan de control [Elaboración propia]

Seguimiento de problemas enfocados: Carrusel y Limpieza (Plan de control)								
Incrementar la disponibilidad de la línea de congelación de banano #5								
N	Solución	¿Qué?	¿Cuándo?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Dónde?	Reacción
1	Implementar un sistema de control de altura	Los parámetros de configuración de la máquina se configuran de acuerdo con el estándar	Diario	Para evitar la pérdida de tiempo debido a la rotura de piezas y partes de la máquina	Auditoría del cumplimiento de las normas de configuraciones establecidas en el LUP (Operación operativa del carrusel)	Supervisor de Producción	Línea de congelación#5	Si hay 2 o más paradas de rotura de pines/módulos debido al exceso de carga en el carrusel
2	Sustitución del material del pasador por acetala	Los tiempos de parada de pino programados están dentro del promedio	Diario	Para mantener controlados los cambios de pines que afectan al tiempo de Producción	A través del KPI de los cambios de pin y el tiempo promedio perdido por día	Supervisor de Producción	Línea de congelación#5	Si el número de cambios de pin en el día es >3

3	Estandarizar proceso de control e inspección al inicio de la línea	Comprobación correcta de los parámetros de arranque	Semanal	Para evitar la pérdida de tiempo debido a la falta de ajuste, limpieza y lubricación de las piezas del equipo	Auditoría del control de cumplimiento de la lista de verificación de inicio de línea	Supervisor de Producción / Mantenimiento	Línea de congelación#5	Si hay paradas significativas en el arranque debido a la falta de lubricación, ajuste y limpieza
4	Estandarización de las actividades de limpieza	El tiempo total de limpieza está dentro del estándar definido	Diario	Para reducir los altos tiempos en el proceso de limpieza	Auditoría del cumplimiento del tiempo máximo de limpieza permitido y a través del indicador	Supervisor de Producción	Línea de congelación#5	Si la limpieza dura > 2 horas

3.7 Análisis de las variables CTQ

Para el proceso de limpieza se obtuvo una reducción del tiempo total de 24 minutos cada que se ejecuta este proceso, mientras que en la reducción de fallas mecánicas en el carrusel se obtuvo una reducción de 58 minutos en total por día, dividido en 20 minutos por fallas por sobrepeso, 28 minutos por fallas en los pasadores y 10 minutos por el control del proceso al inicio de las actividades de la línea.



Figura 3.17 Actividades y tiempos reducidos [Elaboración propia]

3.8 Análisis de las variables CTQ Sostenibilidad

3.8.1 Aspecto social

Debido a que la compañía labora de acuerdo con el cumplimiento de la planificación de los contenedores semanales de banano (6.5 días), se evidenció que gracias a los minutos obtenidos se completó en menos tiempo y por ende la carga laboral semanal se redujo a 5.5 días, que representan 104.5 horas/semana, trabajando 19 horas al día.

3.8.2 Aspecto económico

Al haber una reducción en el tiempo de parada de la línea, existe un aumento de la disponibilidad a un 77%, este tiempo es aprovechado para producir mayor cantidad de unidades, representando así un total de 64 toneladas al mes. Se tomó en cuenta el valor por cada tonelada producida adicional, más el ahorro del consumo de energía eléctrica, lo que representó un ingreso mensual total de \$499.132, es decir un incremento en un 4.45% con respecto a la ganancia histórica.

3.8.3 Aspecto medio ambiental

Al haber una reducción en la utilización de los equipos en los fines de semana, se logró disminuir el valor de la huella de carbono de la empresa con respecto al consumo de energía eléctrica. Inicialmente ocupando un 4291.27 Kg de CO2 eq a pasar a un 4248.36 Kg de CO2 eq, es decir se minimizó el factor en 1% del estado inicial.

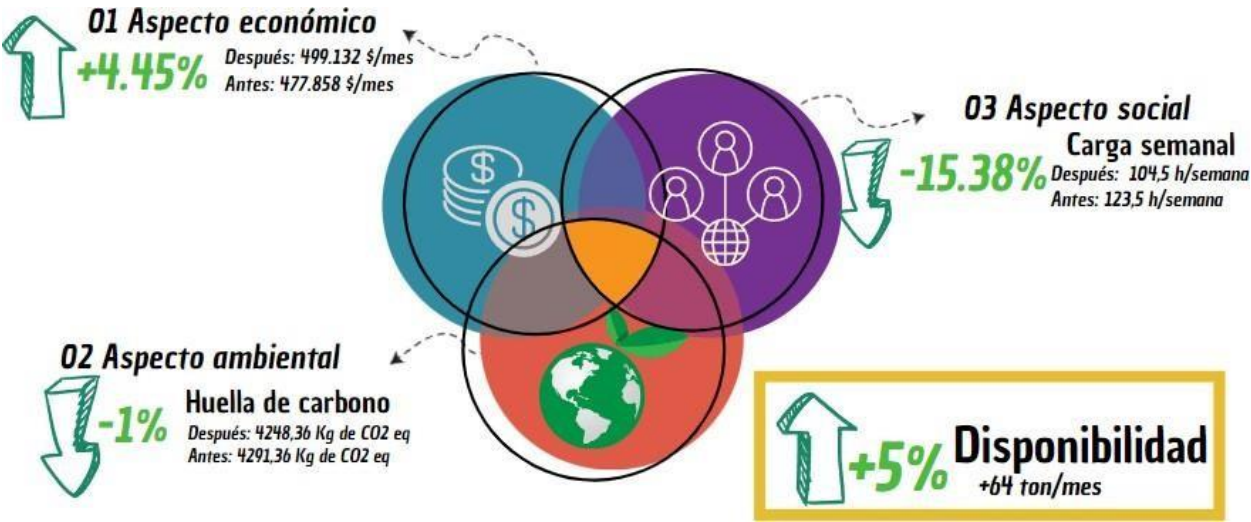


Figura 3.18 Pilares de la sostenibilidad [Elaboración propia]

Tabla 3.3 Ahorro económico [Elaboración propia]

Aspecto económico	
Ingreso por Producción	
Capacidad de línea (4000 Kg/h)	4000
Horas trabajas al día	19
Días laborados en el mes	24
Kilos producidos adicionales en el mes	15242852.83
Diferencia histórica vs mejorada (Kilos/mes)	64000
% Margen de ganancia	3%
Precio de venta (\$/Kg)	\$ 1.09
Ganancia adicional por mes	\$ 21,274.00
Ingreso por ahorro de energía	
Consumo de kWh túnel	70
Consumo de frío kWh	543
Consumo total kWh	613
Pago CNEL (\$/kWh)	0.07
Factor de coincidencia del equipo	80%
Kilovatios ahorrados	173.683
Ganancia adicional	\$ 233.43
Ganancia Adicional Total Mensual	\$ 21,507.43

3.9 Análisis KPI disponibilidad

En la siguiente ilustración podemos ver el análisis de la disponibilidad viendo el escenario antes, y después evidenciando un notable cambio:

Escenario Anterior

Escenario Después

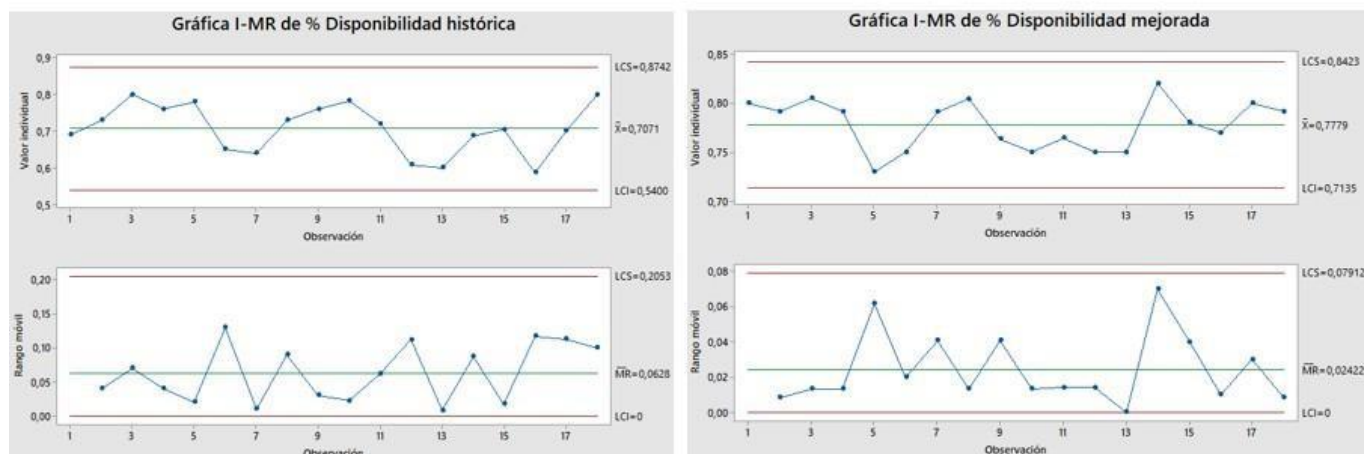


Figura 3.19 Análisis de la disponibilidad antes vs después [Minitab, 2022]

Escenario Anterior

Escenario Después

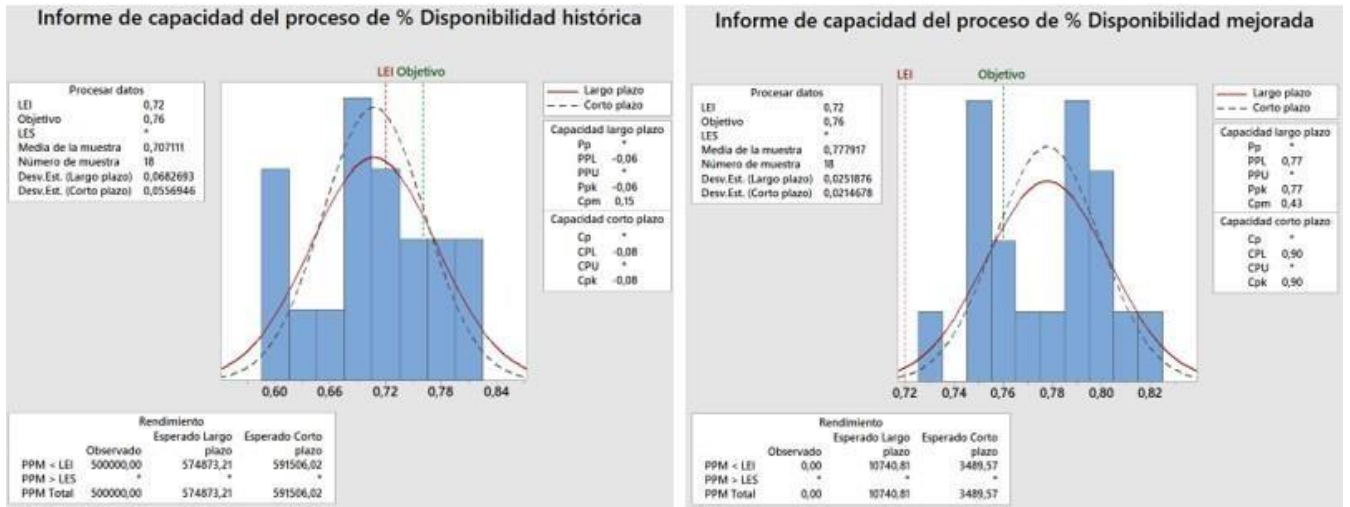


Figura 3.20 Reporte de capacidad del porcentaje de disponibilidad [Minitab, 2022]

Escenario Anterior

Escenario Después

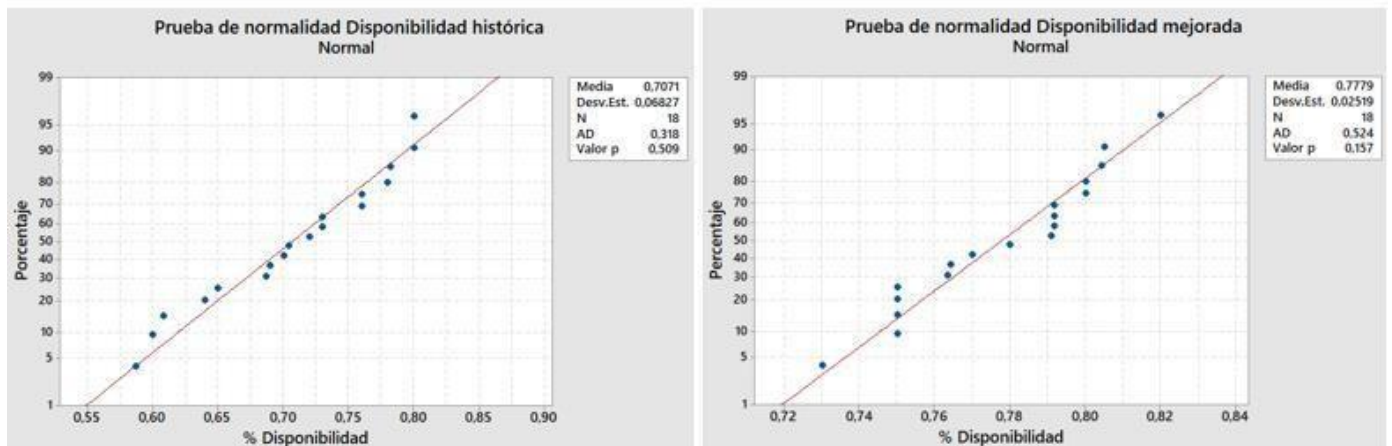


Figura 3.21 Test de normalidad en el porcentaje de disponibilidad [Minitab, 2022]

Ho: The sample proportions
are the same
H1: Sample proportions are
not the same

Prueba e IC para dos proporciones

Método

p₁: proporción donde Muestra 1 = Evento
p₂: proporción donde Muestra 2 = Evento
Diferencia: p₁ - p₂

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Evento	Muestra p
Muestra 1	18	5	0,277778
Muestra 2	18	13	0,722222

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,444444	(-0,737069; -0,151820)

IC basado en la aproximación a la normal

Prueba

Hipótesis nula H₀: p₁ - p₂ = 0
Hipótesis alterna H₁: p₁ - p₂ ≠ 0

Método	Valor Z	Valor p
Aproximación normal	-2,98	0,003
Exacta de Fisher		0,018



Figura 3.22 Prueba T e IC de antes y después [Minitab, 2022]

En conclusión, habiendo analizado el escenario antes vs. después, se evidenció una mejora significativa en el porcentaje del KPI de disponibilidad, verificado tanto en los análisis de estabilidad que se encuentran bajo control estadístico, de igual manera en el análisis de capacidad con oportunidad a un valor de disponibilidad esperado en el corto plazo al 90% y finalmente se concluye a través de la prueba de dos proporciones que la muestra 2 (mejorada) mantiene 13 observaciones anteriores e iguales al objetivo (76%), siendo de gran diferencia con respecto al escenario anterior y afirmado por $p < 0,05$, rechazando H₀.

3.9.1 Disponibilidad en el tiempo



Figura 3.23 Disponibilidad antes vs después [Elaboración propia]

Al haber desarrollado el plan de implementación, se logró evidenciar una notable mejoría en el KPI de disponibilidad, siendo nuestra variable crítica, cumpliendo con el objetivo propuesto de aumentar dicho factor en al menos un 4%, es decir alcanzar un 77% frente al 72%.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La disponibilidad se vio incrementada en un 5%, es decir de 72% al 77%.
- Se tiene una producción adicional que genere ingresos de aproximadamente 21,507.43 USD por mes, esto gracias a la reducción de ejecución de procesos.
- Los procesos se lograron estandarizar para un mejor control.
- Se logró un incremento de producción de 68 toneladas al mes
- Los trabajadores operativos y líderes de línea fueron capacitados en todos los formatos implementados.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda una supervisión constante en el llenado de cada uno de los formatos para que el reporte sea lo más cercano a la realidad.
- Se recomienda la capacitación en el proceso de limpieza a los operarios nuevos o novatos.
- Es importante llevar el registro diario de los KPI's impuestos en planta para verificar la tendencia y en base a ellas mantener el proceso controlado y tomar acciones futuras según sea el caso.

BIBLIOGRAFÍA

- Belohlavek, P. (2006). *OEE Overall Equipment Effectiveness*. Buenos Aires: ISBN.
- Brown, C. (1 de enero de 2019). *Ingenta*. Obtenido de Ingenta: https://www.ingentaconnect.com/content/hsp/jbcep/2019/00000012/00000003/art_00002
- Felizzola, H., & Luna, C. (17 de enero de 2014). *SCIELO*. Obtenido de SCIELO: <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v22n2/art12.pdf>
- Hernandez, G. (22 de mayo de 2017). *aprendiendocalidadyadr*. Obtenido de aprendiendocalidadyadr: <https://aprendiendocalidadyadr.com/grafico-o-diagrama-de-control/>
- Pensa, G. (12 de marzo de 2021). *ATLAS*. Obtenido de ATLAS: <https://www.atlasconsultora.com/smed/>
- Ponce, F. (2019). *Academia.edu*. Obtenido de Academia.edu: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51937786/lshikawa-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1659100654&Signature=a7BPCzaEWCpRi6wz9P-TSmuuebHTsB0M-FoVYIdnNzBLlbkYQ-WbKZGwzAcb0fzY0HDmIly-3kW1iW8f2edxdpTxdhiv1AmByZ7MIILIC9IRRI4rXHAfLzxmrNuUUpIY1JW1iZgdyVuJdg9IX7c>
- Rodrigues, T. (septiembre de 2015). *Envision*. Obtenido de Envision: https://www.envisiontecnologia.com.br/wp-content/uploads/2015/09/diagrama_de_pareto-1.pdf
- Technology, E. K. (29 de julio de 2022). *TICPORTAL*. Obtenido de TICPORTAL: <https://www.ticportal.es/glosario-tic/procedimiento-operativo-estandarizado-poe>
- Wrote, Y. (2020). Voice of customer. *Neoattack*.

APÉNDICE

Apéndice A
(Checklist de arranque de línea) [Elaboración propia]

Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria					
Dpto. de Producción					
S.A Km 24,5 Vía Daule	LISTA DE CHEQUEO: ARRANQUE DE LINEA DE IQF			FO VCD-PL 077E	
				REV 00	
				2022-08-26	

FECHA DE LA INSPECCION: _____ LINEA: _____

HORA DE LA INSPECCION: _____

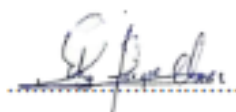
TAREAS	VERIFICACION (✓)	ESTADO (✓)		ACCIÓN CORRECTIVA	OBSERVACION
		BUENO	REGULAR		
Verificar que la tolva de desperdicios esté en buen estado					
Verificar que bandas de desperdicio estén en funcionamiento					
Verificar que el volteador este correctamente funcionando					
Revisar que duchas de las tinas estén en funcionamiento.					
Verificar que la bomba de agua de circulación este en buen estado.					
Verificar que bandas de tinas estén en buen estado.					
Verificar que banda de carrusel se encuentre en buen estado y listo para el arranque					
Verificar Bandas modulares de maquillado y aplastados se evidencien en buen estado y estén correctamente funcionando.					
Verificar elevadores de ingresos y salidas de túnel se evidencien en buen estado (Sin partiduras o fisuras) y estén correctamente funcionando.					
Verificar estado de ventanas de túneles, ventana de ingreso, ventana de salida de túnel (descascamiento de fibra y pintura)					

S.A Km 24,5 Vía Daule	LISTA DE CHEQUEO: ARRANQUE DE LINEA DE IQF	FO VCD-PL 077E
		REV 00
		2022-08-26

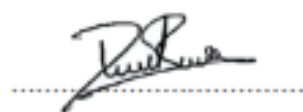
Verificar estado de zaranda (fisuras, hueco, sucio, limallas, u otros materiales extraños)					
Verificar que bandas de empaque estén en buen estado (fisuras, hueco, sucio, limallas, u otros materiales extraños)					
Verificar que pernos de ajustes estén correctamente ajustadas y completas. Zaranda vibratoria de ingreso de túnel Zaranda vibratoria de ingreso de túnel Tolva de empaque.					
Verificar parámetros de sensibilidad de detector de metales de la producción a elaborar					
Comprobación en la codificadora que los datos al imprimir en cajas y etiqueta de PT sean los correctos.					

Frecuencia: Al arranque de línea guiado por operador y supervisor

Acciones Correctivas: En caso de evidenciarse desviación comunicar al supervisor de turno para que este realice la orden de trabajo.



Operador Responsable



Supervisor de Producción



Inspector de calidad

APÉNDICE B

(Gantt Antes) [Microsoft Project, 2022]

Proyecto: MIKC Fecha: jue 8/9/22	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Gantt Chart (Days)			
1		Limpieza profunda	150 mins		[Bar from day 6 to 12]			
2		Externa	9 mins		[Bar from day 6 to 6.15]			
3		Limpieza en bandas de recepción	8 mins		[Bar from day 6.15 to 6.23]			
4		Limpieza de gavetas en recepción	9 mins		[Bar from day 6.15 to 6.24]			
5		General	32 mins		[Bar from day 6.15 to 6.37]			
6		Traslado de solución de limpieza (jabón+cloro) hacia lineadeproducció	10 mins		[Bar from day 6.15 to 6.25]			
7		Preparar solución en recipientes de limpieza	13 mins		[Bar from day 6.15 to 6.28]			
8		Preparar manguera	7 mins		[Bar from day 6.15 to 6.22]			
9		Traslado de solución jabonosa hacia las distintas áreas	8 mins		[Bar from day 6.15 to 6.23]			
10		Recolección de bandejas	11 mins		[Bar from day 6.15 to 6.26]			
11		Volteo de bandejas hacia tolva de desperdicios	16 mins		[Bar from day 6.15 to 6.31]			
12		Limpieza de bandejas	21 mins		[Bar from day 6.15 to 6.36]			
13		Apilar bandejas	4 mins		[Bar from day 6.15 to 6.19]			
14		Llenado de agua para ácidos	9 mins		[Bar from day 6.15 to 6.24]			
15		Recolección de alfombras de plástico	5 mins		[Bar from day 6.15 to 6.20]			

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Gantt Chart (Days)			
16		Limpieza de alfombras de plástico	24 mins		[Bar from day 6.15 to 6.39]			
17		Limpieza de cortadores	32 mins		[Bar from day 6.15 to 6.47]			
18		Limpieza de cuchillos	21 mins		[Bar from day 6.15 to 6.36]			
19		Limpieza de separadores de banano congelado	11 mins		[Bar from day 6.15 to 6.26]			
20		Carrusel	70 mins		[Bar from day 6.15 to 7.25]			
21		Enjabonado de estructura metalica de carrusel	12 mins	3	[Bar from day 6.15 to 6.27]			
22		Cepillado de estructura metalica de carrusel	58 mins	21	[Bar from day 6.15 to 7.11]			
23		Enjuague de estructura metalica de carrusel	14 mins	3	[Bar from day 6.15 to 6.29]			
24		Elevación de bandas de carrusel	21 mins	21	[Bar from day 6.15 to 6.36]			
25		Limpieza de bandas de carrusel	51 mins	3	[Bar from day 6.15 to 7.06]			
26		Limpieza de escaleras de carrusel	13 mins	3	[Bar from day 6.15 to 6.28]			
27		Limpieza de barandas de zona de carrusel	10 mins	3	[Bar from day 6.15 to 6.25]			
28		Limpieza de bajante 1	28 mins	21	[Bar from day 6.15 to 6.43]			
29		Limpieza de bajante 2	34 mins	21	[Bar from day 6.15 to 6.49]			
30		Maquillado y cortado	71 mins		[Bar from day 6.15 to 7.26]			

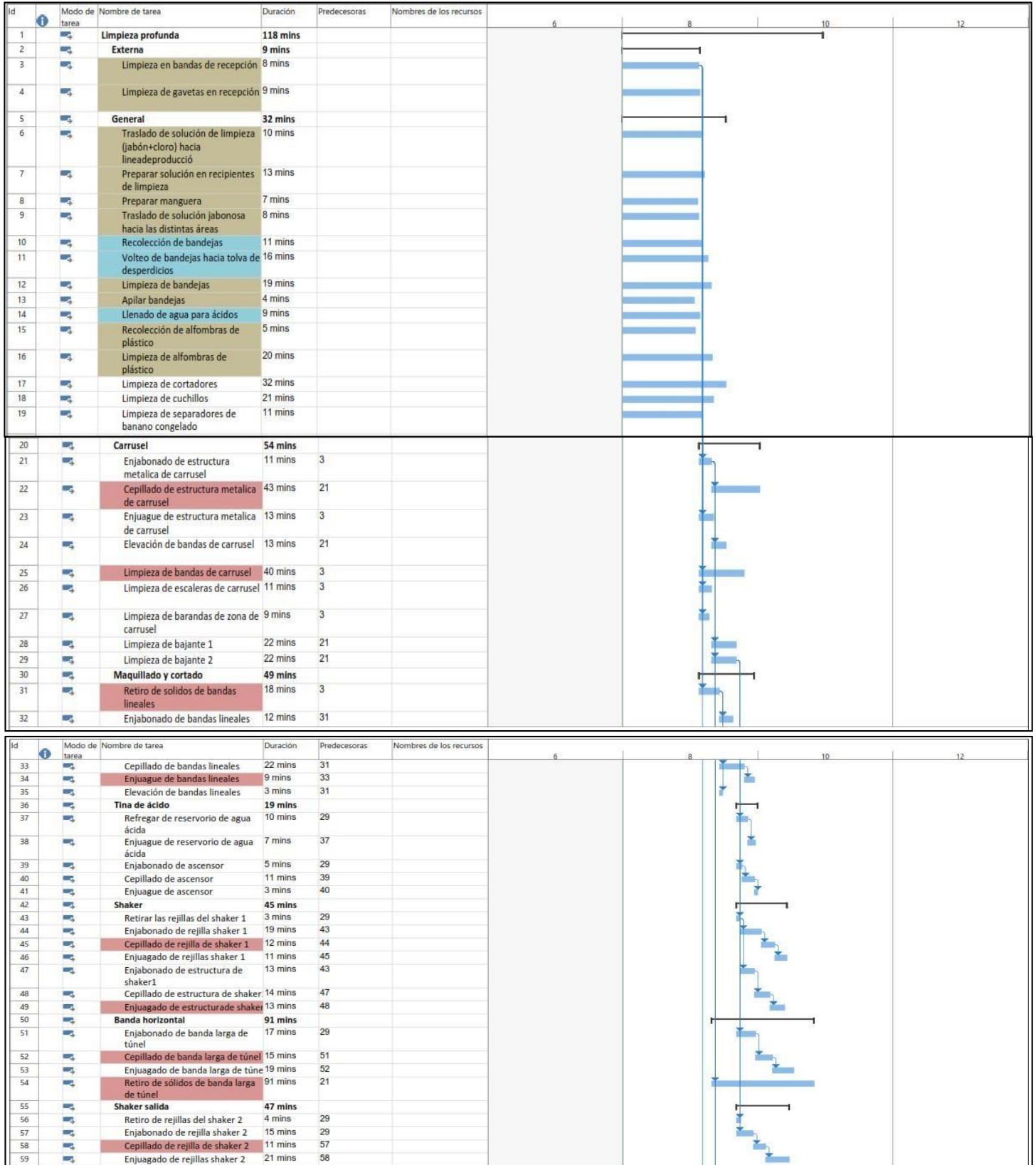
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras
31		Retiro de solidos de bandas lineales	25 mins	3
32		Enjabonado de bandas lineales	12 mins	31
33		Cepillado de bandas lineales	34 mins	31
34		Enjuague de bandas lineales	12 mins	33
35		Elevación de bandas lineales	4 mins	31
36		Tina de ácido	25 mins	
37		Refregar de reservorio de agua ácida	14 mins	29
38		Enjuague de reservorio de agua ácida	8 mins	37
39		Enjabonado de ascensor	6 mins	29
40		Cepillado de ascensor	14 mins	39
41		Enjuague de ascensor	5 mins	40
42		Shaker	60 mins	
43		Retirar las rejillas del shaker 1	5 mins	29
44		Enjabonado de rejilla shaker 1	21 mins	43
45		Cepillado de rejilla de shaker 1	18 mins	44
46		Enjuagado de rejillas shaker 1	16 mins	45
47		Enjabonado de estructura de shaker1	18 mins	43
48		Cepillado de estructura de shaker	17 mins	47
49		Enjuagado de estructurade shaker	15 mins	48

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras
50		Banda horizontal	105 mins	
51		Enjabonado de banda larga de túnel	23 mins	29
52		Cepillado de banda larga de túnel	22 mins	51
53		Enjuagado de banda larga de túnel	26 mins	52
54		Retiro de sólidos de banda larga de túnel	103 mins	21
55		Shaker salida	56 mins	
56		Retiro de rejillas del shaker 2	4 mins	29
57		Enjabonado de rejilla shaker 2	18 mins	29
58		Cepillado de rejilla de shaker 2	14 mins	57
59		Enjuagado de rejillas shaker 2	24 mins	58
60		Banda de salida	104 mins	
61		Retiro de sólidos de bandas salida de tunel	45 mins	21
62		Enjabonado de bandas salida de tunel	22 mins	61
63		Cepillado de bandas salida de tunel	19 mins	62
64		Enjuague de bandas salida de tunel	18 mins	63
65		Pattyn filler	90 mins	
66		Desmolan las guardas del pattyn	11 mins	21

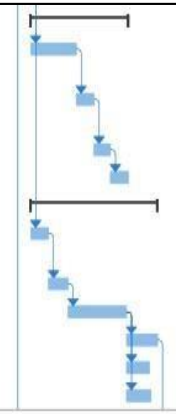
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras
67		Cepillar guardas	16 mins	66
68		Enjuagar guardas	41 mins	67
69		Limpieza de la línea de empaque	22 mins	68
70		Montaje de guardas de pattyn	14 mins	68
71		Montaje de rejillas de shaker	15 mins	68
72		Varios	142 mins	
73		Retirar el exceso de agua del suelo	142 mins	3
74		Recoger manguera	6 mins	69
75		Calidad	7 mins	
76		recolección de muestras con hisopo en bandas	4 mins	74
77		recolección de muestras con hisopo en guantes	4 mins	74
78		análisis de las muestras de hisopo	3 mins	77

Apéndice C

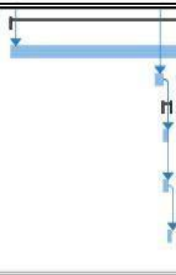
(Gantt Después) [Microsoft, 2022]



60		Banda de salida	60 mins					
61		Retiro de sólidos de bandas salida de tunel	28 mins	21				
62		Enjabonado de bandas salida de tunel	11 mins	61				
63		Cepillado de bandas salida de tunel	10 mins	62				
64		Enjuague de bandas salida de tunel	11 mins	63				
65		Pattyn filler	78 mins					
66		Desmolan las guardas del pattyn	11 mins	21				
67		Cepillar guardas	12 mins	66				
68		Enjuagar guardas	36 mins	67				
69		Limpieza de la línea de empaque	19 mins	68				
70		Montaje de guardas de pattyn	14 mins	68				
71		Montaje de rejillas de shaker	15 mins	68				



72		Varios	110 mins					
73		Retirar el exceso de agua del suelo	110 mins	3				
74		Recoger manguera	5 mins	69				
75		Calidad	5 mins					
76		recolección de muestras con hisopo en bandas	3 mins	74				
77		recolección de muestras con hisopo en guantes	3 mins	74				
78		análisis de las muestras de hisopo	2 mins	77				



Proyecto: MIKC
Fecha: jue 8/9/22

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha limite	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin			

Apéndice D

(Auditoría Checklist de arranque) [Elaboración propia]

Auditoría de control de Checklist de Arranque de línea						
		Línea de producción _____				
		Auditados _____				
Pilares			Si	No	Comentarios	
CHECKLIST	1	PERSONAS	Existe un responsable designado para realizar el Checklist de arranque			
	2		Existe compromiso y seguridad de parte del personal quién realiza el checklist de arranque			
	3		El personal entiende ¿qué? ¿cómo? y ¿dónde? debe revisar			
	4	PROCEDIMIENTO	EL control de tareas del checklist es realizado diariamente			
	5		Las tareas del checklist son verificadas una a una y secuencialmente			
	6		Las acciones son registradas en el plan de mantenimiento			
	7		Se respeta el tiempo designado para realizar el checklist (15 minutos)			
	8	PÉRDIDAS	Las paradas menores son corregidas inmediatamente			
	9		La línea arranca siempre y cuando se han ajustado las fallas menores			
	10	COMUNICACIÓN	Existe un centro de comunicación para escalar las observaciones identificadas en la línea			
	11	EFICIENCIA	Al término de la auditoría se constata que el 90% de las observaciones que el auditor constato en sitio fueron registradas en el checklist			

<p>Frecuencia: 1 vez por semana</p> <p>Comentarios:</p>	<p>Nota <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 30px; height: 30px;"></td><td style="width: 30px; height: 30px; text-align: center;">110%</td></tr></table></p> <p>Min: 90%</p> <p>Auditor _____</p>		110%
	110%		

Apéndice E

(Procedimiento de limpieza) [Elaboración propia]

Procedimiento de limpieza profunda

Indicaciones generales:

- Para poder iniciar el proceso de limpieza se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones:
- 10 minutos antes de iniciar el proceso, se deberá buscar la solución jabonosa preparada en el área de lavandería para poder transportarla hacia la zona de limpieza.
- La distribución de los recipientes con solución jabonosa deberá realizarse minutos antes del inicio del proceso.
- Los acoples utilizados para la variación de la presión en las mangueras deberán ser instalados instantes antes de comenzar con el proceso.
- Las pruebas de calidad serán realizadas al final del proceso de limpieza, los lugares para realizar la toma de las muestras serán al azar.

Zona Exterior

- Las bandas de recepción de producto previo a la sanitización se deben limpiar retirando cualquier residuo de producto que se encuentre en las bandas o estructura, esto se realizará con agua a presión.
- Se procederá a agregar solución jabonosa en todas las estructuras y bandas del equipo.
- Retirar sólidos con la ayuda de un cepillo, esta actividad la deberá realizar en toda la estructura y en todas las bandas transportadoras, procurando no dejar ningún espacio sin limpiar.
- Enjuagar toda la estructura con ayuda de una manguera con agua a presión para así asegurar que la maquinaria quede limpia de residuos.



Área de producción

- Se recolectan las bandejas grises que contienen residuo de banano, son volteadas en las tolvas de desperdicio, luego de verter todas las bandejas estas son limpiadas con una manguera con acople.



- La solución jabonosa elaborada en el área de limpieza es distribuida en recipientes por todas las líneas del área de producción.
- Antes de continuar con la limpieza, se debe cerciorar que todo el banano en la línea haya sido consumido.
- Mediante el uso de una manguera con acople, que genera la salida del agua a presión, se procede a remover los desperdicios sólidos dentro de las bandas que son de difícil acceso.



- Se procede a verter la solución jabonosa por toda la estructura y bandas.
- Se inicia con el proceso de cepillado de la estructura para el cual necesitaremos un cepillo de mango largo, así mismo se inicia el cepillado de las bandas el cual se utiliza un cepillo normal.
- Una vez terminado el proceso de cepillado de la parte superior, se procede a enjuagar con agua, para luego levantar las bandas y repetir el proceso desde el removimiento de los desperdicios sólidos (paso 4) en dicha parte.
- Se repite los pasos del 4 al 7, hasta que no se visualicen residuos en la estructura ni en las bandas, para esto se debe solicitar al operador líder el encendido de las bandas para generar movimiento y poder limpiar toda la zona que no es visible.
- En la zona de los bajantes, debemos realizar el proceso de limpieza, de la misma manera que la zona anterior, se procede a retirar los sólidos con el uso de la manguera, luego se vierte la solución jabonosa. El cepillado y el enjuagado con la parte superior e inferior de las bandas.



10. Se recolectan los cuchillos y cortadores, los cuales son transportados al área de limpieza, para ser enjabonados, cepillados y enjuagados para ser almacenados en los armarios metálicos destinados para estos instrumentos.
11. Luego de retirar los cuchillos y cortados, se procede a la limpieza de las bandas de la zona de corte, para esto se hace uso de la manguera con acople, vertimiento solución jabonosa, se cepilla y se enjuaga.



12. En la zona de tina de ácido, se debe procurar retirar el tapón lateral en el lado derecho de la tina, para generar el desfogue de toda la solución acida.
13. En la zona de tina de ácido, mediante el uso de un paño húmedo de la solución jabonosa, se procede a frotar en todas las paredes de la tina y luego se procede a enjuagar.
14. Para la limpieza de los ascensores, se procede a usar una manguera con acople para remover los sólidos restantes, para luego verter la solución jabonosa y cepillar de manera exhaustiva las aspas de esta zona, para así enjuagar la zona.



15. En la zona de las bandas horizontales, se realiza el mismo proceso de limpieza ya explicado, mediante el uso de la manguera, la solución jabonosa, el cepillado y el enjuague, esto se debe realizar tanto en la parte exterior como interior, además de solicitar la activación de la banda para su mejor limpieza.
16. Para la limpieza del shakers 1 y 2, se procede a retirar las rejillas y colocadas en unos soportes especiales, para luego mediante el uso de la manguera con



17. Continuando con la limpieza de ambos shakers, ejecutamos el proceso de limpieza en la estructura donde se retira los sólidos, enjabona, cepilla y enjuaga.



18. Durante todo el proceso de limpieza de las distintas zonas, se retira el exceso de agua, así como se recolectan los residuos sólidos grandes mediante el uso de escobas, trapeadores, escurridores y un recolector de basura.
19. Al finalizar cada proceso de limpieza, si se realizó alguno desmontaje de piezas o partes, se procede a la colocación o montaje de estas, procurando que las piezas queden bien colocadas y aseguradas.
20. Concluido todo el proceso de limpieza, se deben ejecutar las pruebas de calidad, para esto, con el uso de hisopos se recolectan muestras de las bandas, tanto exterior e internamente, a las cuales son expuestas a una prueba de luminiscencia.
21. Continuando con las pruebas de calidad, se procede a realizar una prueba de luminiscencia a un hisopo con muestra de los guantes de una persona aleatoria de una zona aleatoria.
Nota: Si en algunas de las pruebas de calidad, se llega a confirmar la existencia de bacterias o algún contaminante, esta confirmación prohibirá la reanudación de la producción.
Para reanudar la actividad de producción, el área de calidad deberá aprobar que se están cumpliendo los estándares y parámetros de limpieza de todas las zonas.

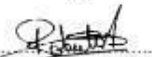
Inspector de Seguridad y medio ambiente


.....

Inspector de calidad


.....

Supervisor de Producción


.....