



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS

TÍTULO

**Mejora del proceso de control de la producción en la empresa Gandules INC
SAC., bajo la perspectiva de la administración de procesos del negocio (BPM)**

PRESENTADO POR

Erick Dávila López

ASESOR

Ing. M.sc. Ernesto Karlo Celi Arévalo

LAMBAYEQUE – PERÚ

Marzo 2018

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	2
INDICE DE TABLAS	4
INDICE DE GRÁFICOS	5
INFORMACIÓN GENERAL	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
DEDICATORIA	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
Keywords: process management, production line, operation time, production indicators	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1. Descripción de la problemática	13
1.2. Formulación del problema científico.....	14
1.3. Hipótesis	14
1.4. Objetivos de la investigación	14
1.4.1. Objetivo general.....	14
1.4.2. Objetivos específicos	15
1.5. Alcance de la investigación.....	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes al problema	16
2.2. Fundamentos teóricos.....	18
2.2.1. Proceso de producción de mango	18
2.2.1.1. El proceso de producción de mango en Perú	18
.....	18
2.2.1.2. Normas estándar para exportación de mango	19
2.2.1.3. Proceso post-cosecha teórico del mango	20
Recepción	20
Selección y clasificación	21
Calibrado	21
Tratamiento de desinfección	21
Encerado y empacado	22
Pre-enfriamiento y almacenado en frío	22
2.2.1.4. Producción e indicadores	22

2.2.1.5.	Estudio del trabajo	24
2.2.2.	Definición y bases de un sistema de producción esbelta	26
2.2.3.	Técnicas que permiten la implantación de un sistema de producción esbelta	28
2.2.4.	La productividad en un proceso de producción	31
2.2.5.	Ingeniería de métodos en el rediseño de procesos	31
2.2.6.	Herramientas de registro y análisis de procesos por ingeniería de métodos	33
III.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1.	Descripción general del proceso	39
3.1.1.	Descripción de la ingeniería y tecnología en el proceso.....	39
3.1.2.	Programa de producción y capacidad de planta	46
3.2.	Identificación de problemas en el proceso de la línea de producción y sus causas	48
3.2.1.	Problemas de producción	48
3.2.2.	Causas posibles	56
3.3.	Desarrollo de propuesta de mejora en el sistema de producción	57
3.3.1.	Propuesta de mejora.....	57
3.3.2.	Nuevos indicadores de producción y productividad	67
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	ANEXOS	77

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Destino y precio FOB promedio de exportaciones de mango	19
Tabla N° 2. Resumen de las normas del CODEX para el mango	20
Tabla N° 3. Nivel de confianza	25
Tabla N° 4. Valorización del trabajo según norma británica	26
Tabla N° 5. Procesamiento actual de mango fresco.....	42
Tabla N° 6. Porcentaje de descarte en las áreas de selección y empaque del total descartado.....	43
Tabla N° 7. Porcentaje de descarte en las áreas de selección y empaque del total de fruta ingresada .	43
Tabla N° 8. Parámetros de descarte en área de selección de fruta	44
Tabla N° 9. Parámetros de descarte en el área de empaque	46
Tabla N° 10. Plan de ventas	46
Tabla N° 11. Plan de producción	47
Tabla N° 12. Requerimientos por pallet (Requerimiento de materiales unitarios)	47
Tabla N° 13. Requerimientos de materiales para los próximos 5 años.....	48
Tabla N° 14. Cronograma para la toma de datos	49
Tabla N° 15. Cursograma analítico del estado actual.....	51
Tabla N° 16. Indicadores de producción del estado actual	52
Tabla N° 17. Distancia recorrida en la línea de producción	53
Tabla N° 18. Sistema de clasificación propuesto para los procesos industriales	57
Tabla N° 19. Sistema de clasificación propuesto para los procesos industriales	59
Tabla N° 20. Cálculo de la media de la muestra utilizando el tiempo base en minutos	60
Tabla N° 21. Categorías de calificación del desempeño del trabajo	60
Tabla N° 22. Resultados del cálculo del tiempo normal y tiempo estándar	62
Tabla N° 23. Distancia recorrida luego de la reducción de transportes.....	66
Tabla N° 24. Indicadores de producción de estado futuro.....	67
Tabla N° 25. Comparación de los tiempos actuales y estandarizados	69
Tabla N° 26. Comparación de los indicadores de producción.....	70
Tabla N° 27. Distancias recorridas en estado actual y futuro (en metros).....	71
Tabla N° 28. Comparación de distribución de operarios de estado actual y futuro	72

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Países de origen del mango fresco importado por el mercado europeo	18
Gráfico N° 2. Simbología utilizada para el mapeo de procesos.....	31
Gráfico N° 3. Oportunidades de ahorros a través de la aplicación de la ingeniería de métodos y el estudio de tiempos.....	32
Gráfico N° 4. Convenciones de los diagramas de flujo.....	34
Gráfico N° 5. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME.	35
Gráfico N° 6. Símbolos no estándares de los diagramas de procesos.....	36
Gráfico N° 7. Ejemplo de Diagrama de flujo de procesos (material) para la preparación de correo publicitario directo	37
Gráfico N° 8. Diagrama de flujo de la distribución de un grupo de operaciones.....	38
Gráfico N° 9. Área de lavado de materia prima	40
Gráfico N° 10. Diagrama de recorrido del estado actual.....	54
Gráfico N° 11. Diagrama de operaciones del proceso ideal con los tiempos estándar	63
Gráfico N° 12. Diagrama de recorrido del estado ideal.....	64

INFORMACIÓN GENERAL

Título de la investigación

Mejora del proceso de control de la producción en la empresa Gandules INC SAC., bajo la perspectiva de la administración de procesos del negocio (BPM)

Responsables de la investigación

Autor

Erick Dávila López

Asesor

Ing. Ernesto Karlo Celi Arévalo

Orientación de la investigación

Área de investigación

Modelamiento y simulación de procesos

Línea de investigación

Control, planificación de experimentos y optimización de procesos

Lugar de ejecución de la investigación

Empresa GANDULES INC SAC – Lambayeque Chiclayo

Fecha de presentación

Diciembre del 2017

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por impulsar mi desarrollo personal y profesional, a mis compañeros de clases que estuvieron ahí en las buenas y en las malas.

A mis docentes en la carrera por haber sembrado un granito de sabiduría.

A todos los que me apoyaron durante el tiempo de estudios y lo hicieron de manera desinteresada.

DEDICATORIA

A mi esposa Luisa:

Por servir de motivación para lograr mis metas y creer en mí, por su paciencia, su comprensión, su dignidad, fuerza y amor. Por darme apoyo total en todo este tiempo

A mi hijo Juan Diego:

Por ser mi fuente de inspiración y el que le da sentido a mi vida.

RESUMEN

Debido a diversos problemas observados en los procesos de producción de las diferentes líneas de producción de productos para exportación en la agroindustria GANDULES INC. S.A.C., ubicada en Jayanca, se planteó mejorar el proceso de una línea de producción de mango, que se tomó como caso de estudio, a través de la perspectiva de la administración por procesos. Primero se analizó el proceso de la línea de producción seleccionada, con la finalidad de identificar y analizar los problemas existentes en relación a los tiempos de operación, distancias recorridas e indicadores de producción. Posteriormente, se procedió a determinar los métodos más adecuados para solucionar dichos problemas para luego elaborar una propuesta de mejora. Al final se realizó la cuantificación de los beneficios de dicha propuesta.

Para poder llevar a cabo los objetivos planteados se realizó un diagnóstico, el cual arrojó la existencia de operaciones que no agregaban valor al producto como: transporte innecesario, desperdicios de procesamiento incorrecto y retrabajo. Luego del análisis de dicha situación se procedió a establecer el estado ideal del proceso mediante la estandarización de los tiempos, el ajuste del ritmo de producción al Takt Time y la reorganización del layout de la planta. Todo esto se reflejó en mapas de flujo de valor, que permitieron tener una visualización global de del proceso estudiado.

Luego del desarrollo del estado ideal, se llegó a la conclusión de que a través de la eliminación de los transportes innecesarios, la redistribución y capacitación del personal de acuerdo a las necesidades en la línea de producción, la eliminación de los almacenes provisionales de materia prima y de producto terminado, y el ajuste del ritmo de producción a la demanda se logra: reducir el tiempo de ciclo total y en consecuencia incrementar la productividad del proceso, respecto de la mano de obra y tiempo utilizados.

Palabras clave: administración por procesos, línea de producción, tiempo de operación, indicadores de producción

ABSTRACT

Due to various problems observed in the production processes of the different production lines of products for export in the agribusiness GANDULES INC. S.A.C., located in Jayanca, was proposed to improve the process of a mango production line, which was taken as a case study, through the perspective of process management. First, the process of the selected production line was analyzed, in order to identify and analyze the existing problems in relation to the operating times, distances traveled and production indicators. Subsequently, it proceeded to determine the most appropriate methods to solve these problems and then develop a proposal for improvement. At the end, the quantification of the benefits of said proposal was made.

In order to carry out the proposed objectives, a diagnosis was made, which revealed the existence of operations that did not add value to the product, such as: unnecessary transportation, waste of incorrect processing and rework. After the analysis of this situation, the ideal state of the process was established by the standardization of the times, the adjustment of the production rhythm to the Takt Time and the reorganization of the layout of the plant. All this was reflected in value flow maps, which allowed a global view of the process studied.

After the development of the ideal state, it was concluded that through the elimination of unnecessary transport, the redistribution and training of the personnel according to the needs in the production line, the elimination of the provisional warehouses of raw material and the finished product, and the adjustment of the rhythm of production to demand is achieved: reduce the total cycle time and consequently increase the productivity of the process, with respect to labor and time used.

Keywords: process management, production line, operation time, production indicators

INTRODUCCIÓN

GANDULES INC S.A.C., ubicada en Jayanca (Antigua Panamericana Norte Km. 43,5), se desenvuelve en el sector agrícola-agroindustrial desde el año 2002. Desde sus inicios se dedicó al procesamiento de legumbres, frutas y verduras para la producción de conservas de ají, pimienta y espárrago; además de productos frescos y congelados de diferentes frutas como el mango, la uva y la palta, de acuerdo a sus respectivas estaciones, para su exportación a Europa.

El presente trabajo está enmarcado en la planta de frescos de GANDULES INC S.A.C., que durante el periodo Diciembre 2016 –Marzo 2017 procesa mango. Se tomó este proceso por la sensibilidad del procesamiento de mango, a causa de la elevada merma en el proceso y la estacionalidad de su producción, la cual va desde mediados de diciembre hasta comienzos de abril en el mejor de los casos, ya que mayormente la campaña finaliza en marzo.

Para que el mango sea exportable debe cumplir con requisitos mínimos que exige el CODEX¹ PARA EL MANGO (CODEX STAN 184-1993). Los requisitos más importantes son los siguientes: el mango debe estar entero y limpio, exento de daño por plagas, sin manchas, ni estrías, o magulladuras. Además el mango debe tener consistencia firme, aspecto fresco y un pedúnculo de longitud no mayor a 1 cm.

En la agroindustria estudiada, la selección del mango es manual y se realiza en dos momentos a lo largo del proceso: en la etapa de selección y en la etapa de empaque. En ambas etapas el mango es descartado cuando tiene manchas de daño causado por plagas, manchas de látex, manchas por humedad, quemaduras, cicatrices, elevado grado de madurez o el pedúnculo roto.

En la primera selección se descarta, el 10% de las toneladas ingresadas por cada lote. En la segunda selección, que es realizada en las fajas de empaque, se descarta aproximadamente el 7% de las toneladas que ingresan a sus líneas, haciendo un total aproximado de descarte de entre 17 a 20% a lo largo del procesamiento del mango. Esto se traduce en una pérdida, y disminución de la productividad.

Dada esta problemática se planteó mejorar la productividad de la línea de producción de mango fresco en la empresa Gandules Inc. S.A.C., para lo cual se comenzó por identificar y analizar los problemas existentes en la línea de producción. Luego se procedió a identificar las causas de dichos problemas, para después determinar qué métodos de mejora son los más adecuados para la solución del problema. Por último, se realizó la cuantificación de los beneficios de la propuesta de mejora.

La metodología a utilizar se divide en dos partes: La primera es el diagnóstico de la situación actual de la empresa, y la segunda es la elaboración de una propuesta de mejora en la que se cuantificarán los beneficios de la misma. El diagnóstico se realizará según los principios del Lean Manufacturing, teniendo como pilar la eliminación de desperdicios.

I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Descripción de la problemática

GANDULES INC SAC. es una corporación formada en el año 2002 con capitales privados y con muchos años de experiencia dedicados al manejo de tierras con fines agrícolas en los valles de Jayanca y San Pedro demostrando de esta manera un profundo compromiso con el desarrollo agroindustrial del Perú. Se considera como una importante empresa del sector agroindustrial del Perú, que ha sabido integrar totalmente sus operaciones productivas y la exportación de sus productos a clientes en más de 40 países. Se distingue por su calidad, fiabilidad y transparencia en la gestión del negocio.

En la actualidad, GANDULES INC. SAC., es una empresa innovadora dedicada a la siembra, producción, procesamiento, empaque, envasado y comercialización de sus propios productos en una amplia variedad de presentaciones: pimientos, Green chili, jalapeños, espárrago, gandul, uva y melones, entre otros; empleando una población laboral que oscila entre 3,500 y 5,000 trabajadores en todas las etapas de su cadena productiva.

Cuenta con una moderna planta agroindustrial localizada en el valle de Jayanca, edificada junto a los campos de cultivo con la finalidad de garantizar que los productos recién cosechados se procesen en óptimas condiciones.

Una de las aspiraciones de la empresa es certificar sus procesos. Esto requiere previamente que éstos sean optimizados con el uso de tecnologías de la información. Actualmente se cuenta con aplicaciones informáticas y sistema ERP que procesan la información pero que no están totalmente integrados.

Y para afrontar este reto, las principales organizaciones están tratando de hacer sus operaciones más inteligentes integrando la analítica en sus procesos y las aplicaciones que los soportan. Es en este punto que una estrategia de gestión por procesos puede aportar importantes ventajas competitivas (Ruiz, 2013).

La persistencia, si bien ha dado muestras de que es un factor importante para el éxito de los negocios, en los tiempos modernos no es suficiente y debe ir acompañada de una estrategia clara y coherente, sustentada y apoyada en soluciones de gestión eficaces y eficientes en el desarrollo de los procesos de negocio (Piraquive, 2008).

Es por ello que la Implantación de una estrategia de gestión por procesos, es el objetivo que mueve el presente trabajo de investigación; que pretende identificar cuáles son las oportunidades de mejora en los procesos de una organización.

Dado este panorama, el presente trabajo de investigación de tesis pretende mejorar la productividad de la línea de producción de mango fresco en la empresa Gandules Inc. S.A.C., aplicando un enfoque de administración por procesos.

1.2. Formulación del problema científico

El problema empírico de este estudio se define como el diseño deficiente de la línea de producción no permite lograr una mayor productividad de la línea de producción en la empresa Gandules Inc., por ello se plantea la siguiente pregunta general de investigación:

¿En qué medida mejora el proceso de control de la producción en la empresa Gandules INC SAC, rediseñando el proceso bajo la perspectiva de la administración de procesos del negocio?

Así mismo, se plantean las siguientes preguntas específicas:

- a. ¿En qué medida disminuyen los tiempos variables de operación en el proceso de control de la producción en la empresa Gandules INC SAC, rediseñando el proceso bajo la perspectiva de la administración de procesos del negocio?
- b. ¿En qué medida disminuyen las distancias recorridas por operación en el proceso de control de la producción en la empresa Gandules INC SAC, rediseñando el proceso bajo la perspectiva de la administración de procesos del negocio?
- c. ¿En qué medida mejoran los indicadores de producción en el proceso de control de la producción en la empresa Gandules INC SAC, rediseñando el proceso bajo la perspectiva de la administración de procesos del negocio?

1.3. Hipótesis

No se plantea hipótesis por ser una investigación descriptiva.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Rediseñar el proceso de control de la producción en la empresa Gandules INC SAC bajo la perspectiva de la administración de procesos del negocio para mejorar la productividad en sus líneas de producción

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Describir el proceso actual de la línea de producción que se tomó como caso de estudio, identificando la ingeniería y tecnología que se aplica; así como sus capacidades de planta
- b. Identificar los problemas en el proceso de la línea de producción en relación a los tiempos estándar de producción, indicadores de producción y distancias recorridas, con la finalidad de analizar sus causas.
- c. Evaluar los resultados del rediseño del proceso de la línea de producción que se tomó como caso de estudio, en relación a los tiempos estándar de producción, indicadores de producción y distancias recorridas.

1.5. Alcance de la investigación

Dado que la empresa Gandules INC SAC tiene diferentes líneas de producción, para efectos del estudio se tomó como caso de estudio el proceso de la línea de producción de mango, por tener la autorización y mayor posibilidad de acceso a la información.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes al problema

La eficiencia económica y la productividad en el procesamiento de mango fresco es un tema que siempre preocupa a los agricultores y exportadores. Dado el hecho sensible de la estacionalidad (diciembre-marzo) y la merma de esta producción, es necesario optimizar todos los procesos. Al respecto JCM Consulting Technologies (2009), demostró que implementando procesos de fabricación Lean en pequeñas y medianas empresas agrícolas se logra incrementar la eficiencia y reducir los desperdicios. La implementación Lean se llevó a cabo de acuerdo a un programa que inició con la realización del mapa del sitio (representación física del espacio disponible), para luego diseñar el mapa de la cadena de valor (diseño del estado actual del proceso y/o producto con los datos actuales), y el mapa de procesos (representación de la secuencia de pasos que constituyen un proceso). Una vez determinado el estado actual de la empresa, finalizó su programa con el diseño del mapa de estado futuro (donde se representa el estado futuro del proceso utilizando los principios de manufactura esbelta).

En la misma línea, Hines (2008), aplicó la teoría del sistema esbelto de la administración del ciclo de vida del producto, para desarrollar un nuevo producto. Primero realizó un diagnóstico, utilizando diagramas de flujo, diagramas de Pareto y mapas de flujo de valor (VSM¹). Teniendo graficada la situación del proceso actual, pasó a construir el mapa de estado futuro. Otras acciones trascendentes que llevó a cabo fueron la integración del proceso, en vez de trabajar en una serie de departamentos diferenciados; la clasificación de los productos en derivados (requerían menor modificación) y especiales (requerían mayor trabajo de diseño); y la categorización las partes necesarias para los productos en A, B, C y D con el fin de priorizar las órdenes de trabajo. Los resultados obtenidos por este trabajo en el primer año fueron asombrosos, pues los tiempos líderes bajaron de 9 semanas a 4, para los productos derivados, y de 16 semanas a 7, para los productos especiales. A esto se le sumó la exactitud de entrega y una mejor comunicación y programación en las actividades.

Lariviere (2010), de forma similar abordó la implementación de un programa Lean en una empresa de servicios que brinda soluciones de almacenaje y ambientes de trabajo para negocios e industrias. El primer paso que llevó a cabo fue el diseño del VSM, luego de lo cual utilizó órdenes Kanban². Así

¹ Value Stream Map es una herramienta de gestión visual que permite representar la situación actual y futura de un sistema productivo a convertir en una implantación lean

² Kanban es una herramienta que mediante el uso de tarjetas permite controlar la información y regular el transporte de materiales entre los procesos de producción.

mejoró el flujo de material y el flujo de proceso, reduciendo el tiempo de entrega de más de dos semanas a 2-4 días para los productos más populares. Otra herramienta del Lean Manufacturing que fue utilizada es 5S³, principios que promovieron la decisión de reubicar los centros de trabajo más cerca unos de otros, mejorando la flexibilidad en el proceso. Además, fue eliminado el transporte en el proceso y se redujo el inventario a más del 35%, minimizándose el requerimiento de espacio. Cabe resaltar que el programa lean fue implementado en toda la línea de producción, incluyendo procesos de apoyo, como el mantenimiento de los equipos.

Por otro lado, Cudney (2010), utilizó principios de producción esbelta en conjunto con la metodología six-sigma DMIC (diseño, medida, análisis, mejoramiento, y control) para ajustar los requerimientos de los clientes respecto de la producción de tubos usados para manufacturar ejes motrices. El objetivo principal de su trabajo fue reducir los defectos en la calidad del producto, pero obtuvo como resultados muchos otros beneficios, entre los que resaltan el incremento de la producción en 72%, la reducción de defectos en un 43%, la reducción del costo de labor en 33%, el incremento de la utilización de la máquina a más del 50%, la entrega de pedidos a tiempo preciso, la flexibilización de la línea de producción, el establecimiento de una mejor retroalimentación y el mantenimiento de pequeño inventario de producto terminado.

Finalmente, Weber (2009), refiere que la aplicación de una estrategia correcta a una única operación es una de las mejores inversiones que las manufactureras pueden hacer. Además, afirma que crear múltiples cadenas de células de trabajo, más pequeñas y focalizadas provee mejores resultados, porque las células y líneas pequeñas reducen la variación de la demanda y los inventarios de proceso y de producto terminado.

Expuestos los aportes de estos antecedentes, se ha creído conveniente tomar en cuenta para el presente trabajo la realización de un mapa del sitio de la planta de frescos de Gandules Inc. S.A.C., además del diseño de un mapa de procesos y un diagrama de flujo. Todo esto para tener una noción clara de la situación real de la planta de frescos y los procesos productivos realizados en ella durante la campaña de mango, lo cual se visualizará de forma resumida en un VSM (Mapa de Flujo de valor).

Una vez elaborado el diagnóstico global de la línea de procesamiento de mango fresco, se procederá a elaborar una propuesta de mejora donde además de detallarse las técnicas que aplican a la situación estudiada, se cuantificará el beneficio que conllevaría la implementación de las

³ 5S es un programa que permite acondicionar los procesos para la transición a una implantación lean. Consiste en 5 actividades: Seiri (ORGANIZACIÓN), Seiton (ORDEN), Seiso (LIMPIEZA), Seiketsu (ESTANDARIZACIÓN), y Shitsuke (DISCIPLINA).

mismas. Esta propuesta y sus beneficios se podrán visualizar de forma detallada en un VSF (Mapa de valor futuro).

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Proceso de producción de mango

2.2.1.1. El proceso de producción de mango en Perú

En la campaña 2015-2016 se alcanzó una producción de 24 millones 892 mil 468 cajas de 4,1 Kg, lo cual equivale a 102000 Ton de mango fresco, mientras que para la campaña 2010-2011 se produjo 250000 Ton.

Las principales empresas exportadoras de la campaña 2015-2016 de mango fueron SUNSHINE EXPORT, CAMPOSOL, FLP DEL PERÚ, y EMPAFRUT. Mientras que los principales importadores fueron FRESKA PRODUCE, DAVID OPPENHEIMER, NATURES PRIDE, Y GLOBAL PRODUCERS. Cabe destacar que del total de importadores de mango fresco, el 64% son europeos (Paredes 2016).

Los principales destinos de la exportación durante ese periodo fueron: Holanda (47,9%), Estados Unidos (34,8%), Inglaterra (5,6%), y España (4,2%). Mientras que el principal origen del mango fresco en el mercado mundial fue Brasil, con el 43% (Ver gráfico n°1) (Lieffering 2016).

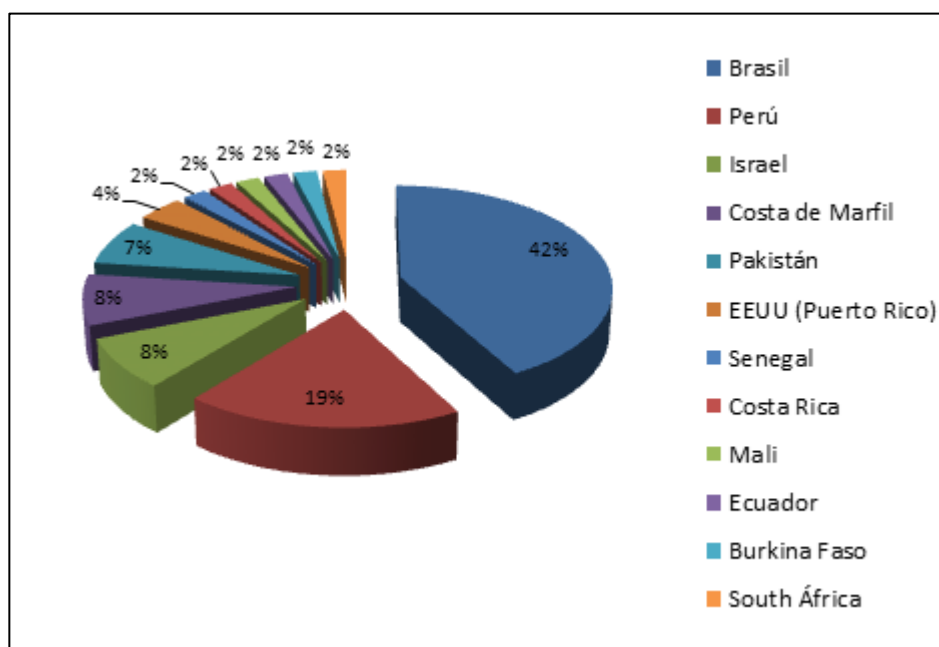


Gráfico N° 1. Países de origen del mango fresco importado por el mercado europeo

Fuente: Adecuado a partir de (Lieffering 2016)

En la campaña 2013-2014, los productores percibieron entre US\$ 0,60 y US\$ 1,00 por kilogramo de mango, cifra que se ha reducido a la mitad, pues para la campaña 2014-2015 obtuvieron entre US\$ 0,30 y US\$ 0,40 por kg. Mientras que en la última campaña 2015-2016 el precio promedio fue de US\$ 0,5 por kilogramo. En contraste, el precio FOB⁴ promedio del 2013 por caja de 4Kg fue de US\$ 2,87. (Ver Tabla n°1)

Tabla N° 1. Destino y precio FOB promedio de exportaciones de mango

País	Precio FOB promedio (Por caja de 4 Kg)
Francia	5,14
Bélgica	3,32
Inglaterra	3,24
Indonesia	3,23
Holanda	2,97
España	2,96
Nueva Zelanda	2,80
Canadá	2,53
EEUU	2,53
Otros	3,67
Promedio	2,87

Fuente: (PROMPERU, 2016)

2.2.1.2. Normas estándar para exportación de mango

Para la exportación de mango fresco, los frutos deben cumplir con la norma del CODEX STAN 184 del CODEX ALIMENTARIUS, la cual es una comisión que fue creada en 1963 por la FAO y la OMS, con el objetivo de emitir un conjunto de normas y reglamentos alimentarios para la protección de la salud de los consumidores, asegurar prácticas de comercio claras y promover la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones.

El CODEX STAN 184 (Ver resumen de normas en tabla n°4) se aplica a las variedades comerciales de mangos obtenidos de *Mangifera Indica*, que habrán de suministrarse frescos al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Esta norma excluye a los mangos destinados a la elaboración de cualquier producto industrial.

⁴ Free on Board. Abreviatura utilizada en contrato de ventas internacionales, cuando las importaciones son valuadas en un punto designado sin incluir costos de transporte o seguro

Tabla N° 2. Resumen de las normas del CODEX para el mango

Apartado 1: Calidad	Enteros, exentos de daños por plagas, manchas y magulladuras. Aspecto fresco y consistencia firme.
Apartado 2: Clasificación	Categoría extra (calidad superior), categoría I (buena calidad, con leves defectos), categoría II (satisfacen los requisitos mínimos y que pueden tener defectos de forma del fruto y en la cáscara)
Apartado 3: Calibre	A (200-350 g), B (351-550 g), C (551-800 g).
Apartado 4: Tolerancia	Tolerancias a tomar en cuenta respecto de la clasificación por categorías y calibres.
Apartado 5: Presentación	Código Internacional de Prácticas de Recomendado para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44-1995)
Apartado 6: Etiquetado	Norma General del CODEX para el Etiquetado de Alimentos Pre-envasados (CODEX STAND 1-1985)
Apartado 7: Contaminantes	Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).
Apartado 8: Higiene	Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969) y del Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 53-2003).

Fuente: (CODEX STAN 184 2015)

2.2.1.3. Proceso post-cosecha teórico del mango

Recepción

Al llegar la fruta a la planta empacadora debe recortarse el pedúnculo⁵ reduciéndolo a más o menos 5 mm. Se practica tanto en la descarga en seco como en la descarga en agua.

En el caso de descarga en seco, la fruta se deposita manualmente sobre la cinta transportadora recortando a su vez el pedúnculo. Sobre esa cinta se efectúa un proceso de pre-selección eliminando la fruta visiblemente dañada por golpes o plagas, pequeñas ramas y trozos de pedicelo, para después pasar a través de un túnel de lavado por agua a presión durante 20 minutos.

En el caso de la descarga en agua, se reduce el impacto mecánico con respecto de la descarga en seco, pero dado el riesgo de rápida acumulación de esporas y otros microorganismos, es conveniente dotar a los tanques de bombas de recirculación y agitación de agua (Galán 2009).

En cuanto al lavado de la fruta, el empleo de chorros de agua en vez de inmersión, resuelve muchos problemas como absorbimiento de agua, reducción de vida en almacén, aumento de la incidencia de pudrición (debido a lesiones abiertas en la superficie de la fruta), entre otros (Pantastico 2011).

⁵ Es la rama responsable de la sustentación del fruto y de la conducción de savia hacia el mismo

Selección y clasificación

En la selección deben separarse los frutos sanos y con buena presentación (destinados al mercado de fruta fresca), de los defectuosos (que son desechados y denominados “mangos de descarte”) Esta actividad se realiza manualmente por operarios ubicados a lo largo de la cinta transportadora por la cual el mango es sometido a un proceso de rotación que le permite mostrar todas sus caras. La velocidad media de la cinta transportadora ronda los 3m/min (Galán 2009).

Calibrado

En esta etapa se separan los frutos en tres grupos según su peso: mangos menores a 500g, entre 500 y 700g, y mayores de 700g. Para esto se utilizan tamices o rodillos con diferentes separaciones y charolas o bandas eléctricas para clasificar por peso (Galán 2009).

Tratamiento de desinfección

Países como Estados Unidos, Japón, China y Nueva Zelanda exigen la aplicación de un tratamiento hidrotérmico para el control de la mosca de la fruta como requisito indispensable para permitir el comercio. Actualmente, algunos de estos países ya han aprobado como alternativa un tratamiento por vapor caliente y radiación.

El tratamiento hidrotérmico, aprobado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el Servicio de inspección para las enfermedades de los animales y plantas (APHIS), consiste en sumergir el mango, ordenado en jabas y bloques, en tanques con agua a 46°C que circula al interior de los mismos durante un periodo de tiempo establecido según el peso de la fruta. Los mangos de 500-700g son tratados por 90 minutos, los de 375-500g por 75 minutos, y los menores o iguales a 375g por 65 minutos.

La muerte de la larva de la mosca de la fruta se produce cuando se alcanza los 35°C (113°F) en la pulpa. La larva colapsa por coagulación de sus proteínas y ésta es de carácter irreversible. Esto sucede entre los 45 y 55 minutos de iniciado el tratamiento.

Luego el mango pasa a ser enfriado a 21°C durante los 30 primeros minutos posteriores al tratamiento hidrotérmico. El enfriamiento se realiza con una mezcla de agua limpia y cloro (150ppm de cloro residual libre⁷), para evitar la presencia de microorganismos (Galán 2009).

Encerado y empacado

El encerado artificial de la fruta se realiza con dos objetivos: impedir condiciones anaeróbicas dentro del fruto y realzar el brillo natural del fruto (otorgado por una capa de cera natural que se remueve parcialmente en el lavado). El método más eficiente para aplicar la cera en la superficie de los frutos es la aplicación con cepillos. En este método, se coloca la emulsión cera-agua en un cepillo aplicador montado sobre el transportador de rodillos, y es distribuida sobre el cepillo por medio de un brazo viajero, con el cual se puede controlar el flujo de la cera. Se recomienda mantener el cepillo a la velocidad mínima para evitar daños a los frutos (Pantastico 2011).

El empacado se realiza en cajas de 4Kg, abiertas en su parte superior, con una sola capa de frutas. El número de mangos por caja varía de acuerdo al calibre del mango. Los mangos se colocan sin envoltura protectora para facilitar la aireación y asegurar un rápido enfriamiento. A veces se emplean mallas para cubrir las cajas, puesto que éstas permiten la inspección ocular y la circulación del aire.

Se debe tomar en cuenta los siguientes detalles para una mejor trazabilidad: la totalidad de los frutos de una caja deben ser del mismo cultivo, y el etiquetado debe gozar de un buen diseño y debe contener la información completa exigida (Galán 2009).

Pre-enfriamiento y almacenado en frío

El pre-enfriamiento se realiza en túneles que trabajan con un compresor, el cual descarga flujos de aire frío a una temperatura de 9°C. Aquí, el producto recibe un golpe de frío, pasando de 27 °C (temperatura a la cual sale del área de empaque) a 8 ó 9°C, y permanece 8 horas en túnel. Cuando no hay aire forzado toma más de 18 horas bajar la temperatura de la pulpa del mango en cuartos fríos.

El almacenado en frío se realiza para retrasar la maduración y se lleva a cabo en cámaras con una humedad relativa⁸ de 90-95% y con una temperatura de 7-9°C, para mangos maduros, y de 10-15°C, para mangos verdes. En estas condiciones se puede lograr conservar la fruta de 2 a 4 semanas, mientras es embarcada (Galán 2009).

2.2.1.4. Producción e indicadores

La producción es la aplicación del ingenio y trabajo del hombre para agregarle valor a un bien y obtener productos y/o servicios aptos para satisfacer las propias necesidades. La producción no solamente comprende la transformación intrínseca de los bienes sino

también todo lo que facilita su utilización referente a tiempo y espacio, por lo tanto incluye también el almacenamiento, la distribución en las cantidades solicitadas y el transporte. Los factores originales de la producción, considerados irreductibles o de último orden son la naturaleza, el trabajo, y el capital.

La producción se desarrolla dentro de un sistema productivo, el cual inicia al formularse un objetivo y elegir el producto que se comercializará. El producto exige un procedimiento específico, y éste debe ser el más económico posible, teniendo en cuenta la capacidad del sistema, la ubicación elegida para la empresa, el arreglo de las instalaciones locales, y la manutención de los materiales. Para que un sistema productivo evolucione es preciso que su desarrollo camine a la par de la investigación (Rojas 2012).

Algunos indicadores importantes de la producción son:

- a. Producción (P): cantidad de artículos fabricados en un período de tiempo determinado.

$$P = \frac{\textit{Tiempo base}}{\textit{ciclo}}$$

- b. Productividad (p): es la medida del rendimiento de los factores empleados en la producción.

$$P = \frac{\textit{Producción obtenida}}{\textit{Cantidad de recursos empleado}}$$

El aumento de la producción no significa aumento de la productividad. La productividad implica una producción más económica y con mayores beneficios. Este aumento se puede lograr de dos formas: 1) producción igual con menor cuantía de recursos, o 2) mayor producción con igual cuantía de recursos.

La productividad en una empresa se puede ver afectada por:

- a. Factores internos: materiales, energía, máquinas, recursos humanos, y capital.
- b. Factores externos: disponibilidad de materia prima y mano de obra calificada, disponibilidad de capital, y medidas de ajuste aplicadas a la economía o ciertos sectores por el gobierno.
- c. Eficiencia (Ef): relación aritmética entre la cantidad de materia prima existente en la producción total obtenida y la cantidad de materia prima, o insumos empleados.

$$Ef(Física) = \frac{Salida\ útil\ de\ MP}{Entradas\ de\ MP} = \frac{Peso\ de\ PT}{Peso\ de\ MP}$$

$$Ef(Física) = \frac{Ventas\ (Ingresos)}{Costos\ (Inversiones)}$$

Los tipos de eficiencia son:

- Eficiencia aparente vs verdadera: La eficiencia aparente sucede cuando se incrementa la producción del producto “X” de “A” a “B”, pero la demanda de “X” sigue estable, demandando siempre A unidades. La eficiencia verdadera sucede cuando se produce el producto “X” con menos recursos.
- Eficiencia local vs total: la eficiencia local es aquella que se da en un solo punto del proceso, mientras que la eficiencia total es la que se da en todo el proceso. A ésta última es importante tenerla como un medible.

Para mejorar la producción es necesario planificar el proceso productivo, fijar los métodos de trabajo, medir los tiempos de producción y controlar los costos. La planificación y control de la producción es una técnica que tiene por objeto planear, prever y coordinar las funciones de la empresa que están directamente relacionadas con la producción y los tres recursos básicos: hombre, máquinas y materiales (Rojas 2012).

2.2.1.5. Estudio del trabajo

Para realizar un estudio del trabajo es preciso realizar primero un muestreo del trabajo. El muestreo del trabajo consiste en observar suficientes empleados, las veces suficientes para reunir las muestras necesarias para obtener la exactitud y la confianza previstas en el estudio. La observación del operador debe hacerse a primera vista y en momentos elegidos al azar.

El muestreo se basa en la teoría de que una muestra aleatoria tiende a exhibir las mismas características de toda la población. Para un correcto muestreo es necesario tomar en cuenta exactitud en la toma de datos, elegir el nivel de confianza adecuado y realizar una toma de datos aleatoria.

La exactitud mide que tan cerca está nuestra razón de la razón real de un elemento, y permite establecer rangos y tolerancias en la toma de datos para así determinar qué datos son aceptables y cuales están fuera.

El nivel de confianza se refiere a, que tanta seguridad se exige en el muestreo del trabajo. Cuantas más observaciones se realicen diariamente, las razones se vuelven más uniformes y aumenta la confianza. Un nivel de confianza del 95% indica que las razones son exactas el 95% de las veces, y que el 5% restante es impreciso por exceso o por defecto.

La muestra es el número de observaciones requeridas para alcanzar la exactitud y confianza que deseamos. Ésta se determina con una combinación de exactitud, confianza y porcentaje de elementos. En la tabla nº5 se aprecian los niveles de confianza y su correspondiente valor Z, el cual es el número de desviaciones estándar requeridas para cada nivel de confianza (Meyers 2014).

Tabla N° 3. Nivel de confianza

Nivel de confianza	99,7%	99%	98%	96%	95,45%	95%	90%	80%	68%	50%
Z	3,00	2,58	2,33	2,05	2,00	1,96	1,645	1,28	1,00	0,6745

Fuente: (Meyers 2014)

Entonces para hallar el número de observaciones a realizar se aplica la siguiente fórmula:

$$N = \frac{Z^2(1 - \rho)}{PA^2}$$

Dónde:

N = número de observaciones necesarias

Z = número de desviación estándar requerida para cada nivel de confianza

ρ = porcentaje del tiempo total en que los empleados ejecutan un elemento del trabajo.

P = porcentaje elemental.

A = exactitud deseada.

2.2.1.6. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo (Ver tabla nº6) correspondientes a los elementos de una tarea definida realizada en determinadas condiciones. Para este tipo de estudio se requiere un cronómetro, un tablero de observaciones y formularios de estudio de tiempos. En cuanto

al cronómetro, este puede ser electrónico o mecánico y en cuanto a los formularios para la toma de datos se tienen la hoja de estudio de tiempos y el formulario para ciclo breve.

Para el trabajo de los tiempos registrados se utilizará la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Tiempo observado} * \text{Ritmo observado}}{\text{Ritmo tipo}}$$

Los ritmos establecidos son:

Tabla N° 4. Valorización del trabajo según norma británica

Tiempo	Valorización del ritmo de trabajo
0	Actividad nula
50	Muy lento
75	Constante
100	Activo
125	Muy rápido
150	Excepcionalmente rápido
Promedio	2,87

Fuente: (Kanawaty, 2016)

2.2.2. Definición y bases de un sistema de producción esbelta

El sistema de Producción Esbelta es un conjunto de actividades diseñadas para lograr la producción utilizando inventarios mínimos, tanto de materia prima como de trabajo en proceso y producto terminado. Nace del concepto de producción JIT (ideado por Toyota en Japón), que se enfoca en sistemas basados en empujar la demanda, lo cual requiere altos niveles de calidad en cada etapa del proceso de producción, fuertes relaciones con los proveedores y una demanda predecible del producto final.

Un diseño Esbelto se basa en la implantación de un flujo de producto en proceso único que avance de manera regular y constante. El flujo se debe generar a partir de una orden de producción, basada en la demanda real del producto, que será enviada a un único punto del proceso (denominado Pacemaker⁶, porque será el que determine el ritmo de producción) según la programación que se realice. Además, se basa en la “eliminación de la mayor cantidad posible de desperdicios (actividades que no aporten el valor solicitado por el cliente al producto), movimientos innecesarios, pasos de producción que no hacen falta y exceso de inventarios en la cadena” (Chase, et all. 2012). Todo esto se puede conseguir estandarizando los procesos tomando como partida las tareas que generan valor

⁶ Pacemaker es la etapa del proceso que determina el ritmo de producción

añadido al producto, las cuales deben ser distribuidas en los puestos de trabajo de forma balanceada y flexible. Balanceada, porque es necesario distribuir la carga de trabajo en los puestos de trabajo, y flexible porque las tareas y su distribución deberán poder alterarse cuando sea necesario (Cuatrecasas, 2013).

Existen 7 desperdicios que no añaden valor al proceso de manufactura, identificados por Toyota. Son los siguientes:

- a. **Sobreproducción:** cuando se producen artículos sin que hayan sido ordenados, lo cual se traduce en incremento de inventarios y el costo de mantenerlo.
- b. **Espera:** es inaceptable que los operarios esperen por la materia prima, insumos, herramientas, máquinas trabajando, etc.
- c. **Transporte innecesario:** traslados innecesarios de la materia prima o productos en proceso. Puede originar un retrabajo.
- d. **Sobreprocesamiento o Procesamiento incorrecto:** cuando no se tienen claras las especificaciones del cliente respecto del producto, provocando que se realicen procesos redundantes.
- e. **Inventarios:** ya sea de materia prima, producto en proceso o producto terminado. Porque originan la obsolescencia del producto y retrasos, y además, porque ocultan problemas de producción desnivelada y entregas retrasadas de los proveedores. Todo eso implica mayores costos para mantener dichos inventarios.
- f. **Movimiento innecesario:** realizado por los operarios durante el proceso.
- g. **Productos defectuosos o Retrabajo:** que consiste en producir elementos defectuosos que necesiten repararse.

También se han establecido tres niveles de desperdicios. El nivel Uno, acapara a los grandes desperdicios, el Dos a los desperdicios de procesos y métodos, y el Tres a desperdicios menores. En el nivel Uno se considera el pobre layout de la planta, rechazos, retrabajo, producto dañado, tamaño del contenedor, tamaño del lote, pobre iluminación, equipo sucio, y que el material no se entregue en los puntos requeridos. En el nivel Dos se encuentran el pobre diseño de la planta, falta de mantenimiento, almacenes temporales, problemas con los equipos y métodos inseguros. Y por último, en el nivel Tres se ubican el doble manejo, caminar en exceso, producir para almacenar, trabajo en papel y velocidad de producción y alimentación de materiales.

Otros criterios a tomar en cuenta para el diseño de un sistema de producción esbelto son la calidad en la fuente, que quiere decir hacer bien las cosas desde la primera vez y detener

el proceso cuando algo sale mal. El trabajo con los proveedores, a quienes se les debe vincular con los clientes; la programación nivelada de la producción; y la creación de una cadena de valor, la cual se define como una red de pasos de inicio a fin que da un resultado para el cliente, y está considerada como un medio para eliminar el desperdicio en un proceso de la cadena de suministro.

Por otro lado, para aplicar la manufactura esbelta existen diferentes herramientas y técnicas que están agrupadas en tres niveles. “Se recomienda implementar estos niveles en el mismo orden expuesto, teniendo como metas estabilizar, estandarizar y simplificar los procesos” (Villaseñor, 2015).

El primer nivel es la demanda del cliente, en el cual se debe determinar las necesidades de los clientes de productos y/o servicios con las características de calidad, tiempos de entrega y precio, especificados. El segundo nivel es el flujo continuo, cuya implementación permite a los clientes internos y externos recibir los productos y materiales indicados en el momento preciso y cantidad exacta. El tercer nivel es la nivelación, que consiste en distribuir uniformemente el trabajo, por volumen y variedad, con el fin de reducir inventarios.

2.2.3. Técnicas que permiten la implantación de un sistema de producción esbelta

A. Implantación de flexibilidad al volumen de producción

Shojinka, es una metodología que permite lograr la flexibilidad sin generar desperdicios en forma de material sobrante, stocks, tiempos perdidos, puestos de trabajo parados. Esta metodología busca tener una planta con una capacidad fijada previamente, un proceso con un tiempo dado, y una jornada laboral dada, y a pesar de ellos obtener una producción variable y ajustada a la demanda (Cuatrecasas 2013).

Existen tres aspectos determinantes para poder implantar Shojinka:

- La implantación física de los procesos debe adoptar una disposición en flujo, para eliminar desperdicios.
- Contar con personal polivalente, que esté apto para realizar tareas en cualquier etapa del proceso.
- Evaluar el tiempo de ciclo ideal para cubrir la demanda y hacerlo operativo ajustando el número de puestos de trabajo a través del Takt Time.

El objetivo de crear un flujo de proceso único y continuo, de acuerdo a la planificación establecida, es aumentar la producción máxima con los recursos disponibles, eliminando desperdicios e incrementando la eficiencia del trabajo efectuado. Un mayor rendimiento de los recursos utilizados, dependerá de un correcto balanceo del proceso.

Los resultados que se obtienen luego son una menor ocupación del área en planta, un menor número de operarios para un mismo volumen, una mayor flexibilidad de los recursos y una estandarización del lugar de trabajo. Todo esto permite tener un control real del trabajo en proceso y de la producción (Beaulieu 2010).

Para implantar flexibilidad en el volumen de producción con el fin de adaptarlo a las fluctuaciones de la demanda, es preciso evaluar el denominado Takt Time.

El Takt Time es el tiempo de ciclo ideal para cubrir la demanda, y se hace operativo ajustando el número de trabajadores (Cuatrecasas 2013).

Puede ser calculado de la siguiente forma:

$$takt = \frac{T}{Q}$$

Dónde:

T: tiempo disponible

Q: producción planificada

Luego, se debe ajustar el ciclo real del proceso correspondiente al Takt time para calcular el número de trabajadores preciso para lograr el ajuste del ciclo.

$$n = \frac{t_p}{Takt} = \frac{Q * t_p}{T}$$

Dónde:

tp : Tiempo del proceso

Así, “el número de puestos crece con la producción y con el tiempo que ésta requiere, y se reduce con el tiempo disponible” (Cuatrecasas 2013).

El valor de n, puede reducirse al entero inferior si es posible implantar mejoras en los trabajos del proceso, caso contrario se debe optar por redondear el número de

trabajadores al entero superior. A pesar de que esto último sería admitir un mínimo desperdicio, puede favorecer para el balanceo del proceso.

El Takt Time equivale a:

$$Takt = \frac{t_p}{n}$$

Donde, el valor resultante debe ser el mismo del tiempo de ciclo de proceso o ciclo teórico, o ciclo máximo, y que se calculará con n.

$$CM = Takt = \frac{t_p}{n}$$

Mientras que el ciclo real, que se calculará con el entero superior a n.

$$C_R = \frac{t_p}{n} \leq Takt$$

B. Mapeo de proceso

El mapeo del flujo de valor, está formado por todas las acciones requeridas para producir un producto (las que agregan valor y las que no lo hacen), desde la obtención de la materia prima hasta la llegada del producto al cliente.

El mapeo de proceso se enfoca más al flujo de la producción, por lo cual permite visualizar las conexiones entre el flujo de la información y de materiales. Además, ayuda en la identificación de los desperdicios y la fuente de éstos (Villaseñor 2015).

Por otro lado, existen dos momentos en que el Value Stream Map (VSM) es de mucha utilidad. El primer momento es luego de haber realizado un diagnóstico de la situación actual de un proceso determinado, ya que permitirá concentrar todos los datos acerca del flujo de información y recursos, además de ayudar a descubrir desperdicios no apreciados anteriormente. El segundo momento forma parte de la planificación y preparación de la implementación de una mejora, es decir luego de conocer al detalle la situación actual del proceso se puede plasmar la situación ideal que se desea alcanzar en un VSF (Mapa de flujo de valor futuro) para luego comenzar a armar una propuesta que permita alcanzar la meta trazada.

A continuación, en la imagen n°2 se muestra la simbología utilizada para el mapeo de flujo de valor de un proceso.

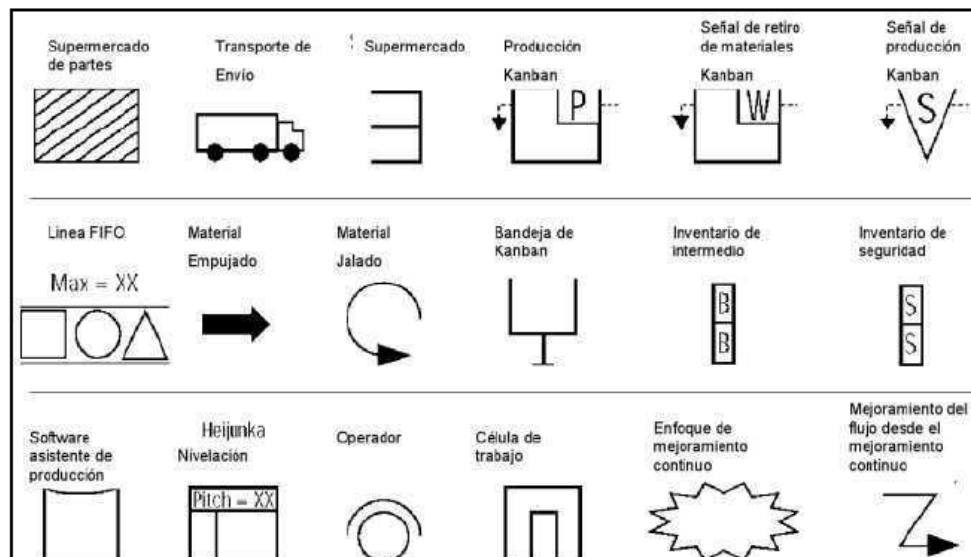


Gráfico N° 2. Simbología utilizada para el mapeo de procesos
Fuente: Cuatrecasas 2013

2.2.4. La productividad en un proceso de producción

Es importante considerar, desde el punto de vista económico y práctico, ciertos cambios que continuamente se llevan a cabo en los ambientes industrial y de negocios. Dichos cambios incluyen la globalización del mercado y de la manufactura, el crecimiento del sector servicios, el uso de computadoras en todas las operaciones de la empresa y la aplicación cada vez más extensa de la Internet y la web. La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. La mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida

2.2.5. Ingeniería de métodos en el rediseño de procesos

La ingeniería de métodos incluye el diseño, la creación y la selección de los mejores métodos de fabricación, procesos, herramientas, equipos y habilidades para manufacturar un producto con base en las especificaciones desarrolladas por el área de ingeniería del producto. Cuando el mejor método coincide con las mejores habilidades disponibles, se presenta una relación trabajador-máquina eficiente. Una vez que se ha establecido el método en su totalidad, se debe determinar un tiempo estándar para fabricar el producto.

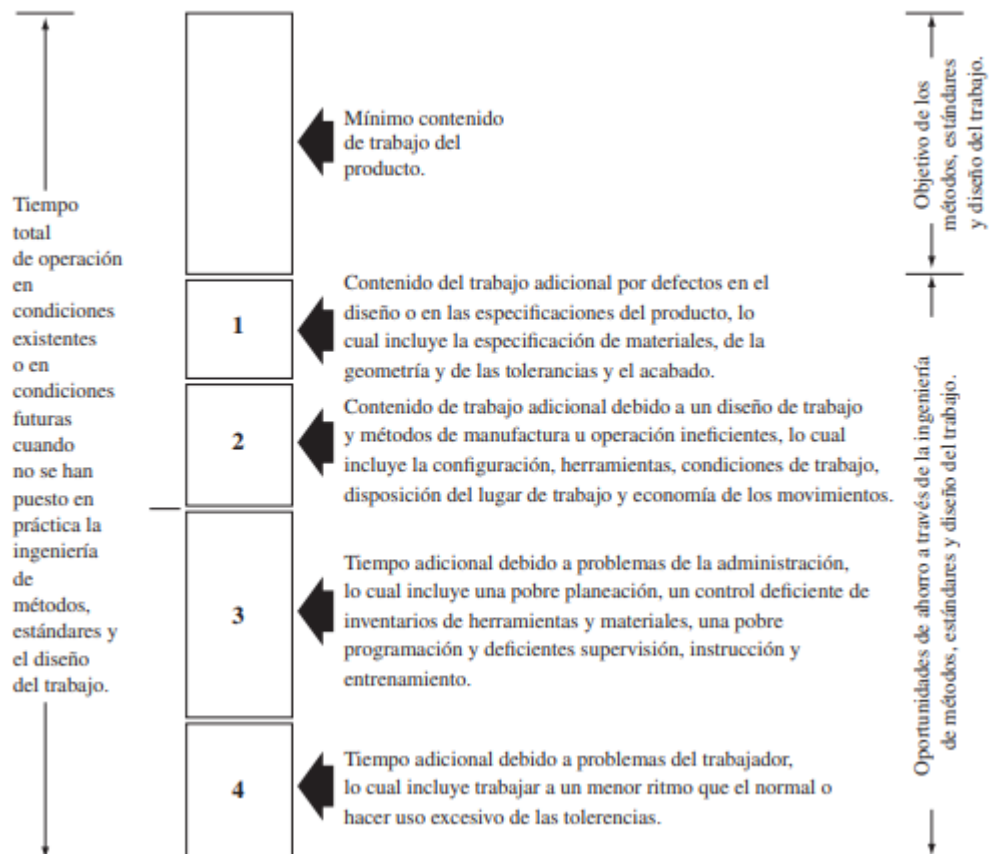


Gráfico N° 3. Oportunidades de ahorros a través de la aplicación de la ingeniería de métodos y el estudio de tiempos.

2.2.6. Herramientas de registro y análisis de procesos por ingeniería de métodos

A. Gráfica del proceso operativo

La gráfica del proceso operativo muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. La gráfica muestra la entrada de todos los componentes y subensambles al ensamble principal. De la misma manera como un esquema muestra detalles de diseño tales como partes, tolerancias y especificaciones, la gráfica del proceso operativo ofrece detalles de la manufactura y del negocio con sólo echar un vistazo. Se utilizan dos símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar. Observe que algunos analistas prefieren describir sólo las operaciones, por lo que al resultado le llaman gráfica de la descripción del proceso.

El diagrama de proceso operativo terminado ayuda a los analistas a visualizar el método en curso, con todos sus detalles, de tal forma que se pueden identificar nuevos y mejores procedimientos.

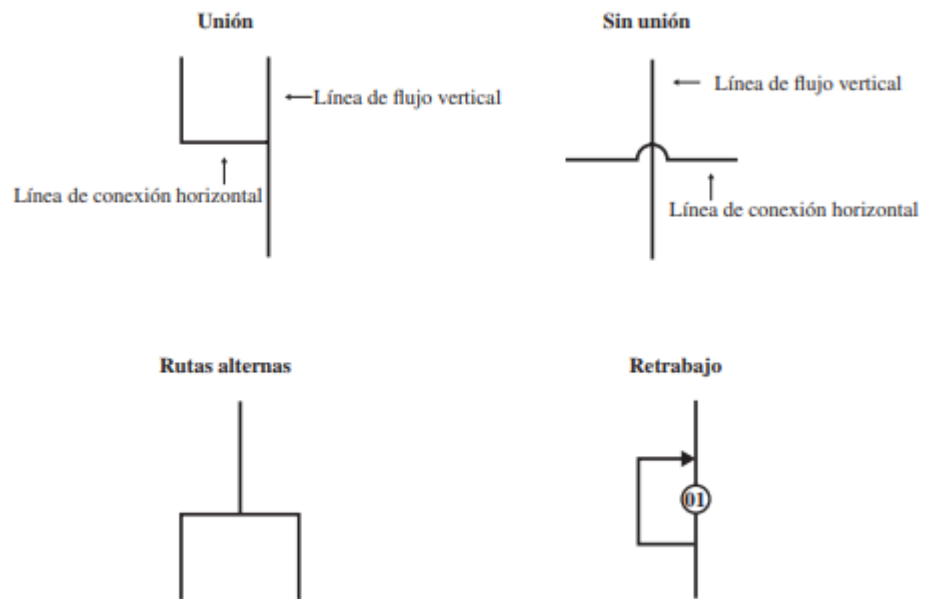


Gráfico N° 4. Convenciones de los diagramas de flujo.
Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

B. Diagrama de flujo de procesos

En general, el diagrama de flujo del proceso cuenta con mucho mayor detalle que el diagrama del proceso operativo. Como consecuencia, no se aplica generalmente a todos los ensambles, sino que a cada componente de un ensamble. El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. Además de

registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. Los diagramas de flujo de procesos, por lo tanto, necesitan varios símbolos además de los de operación e inspección que se utilizan en los diagramas de procesos operativos.









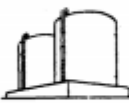










Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Gráfico N° 5. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME.

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

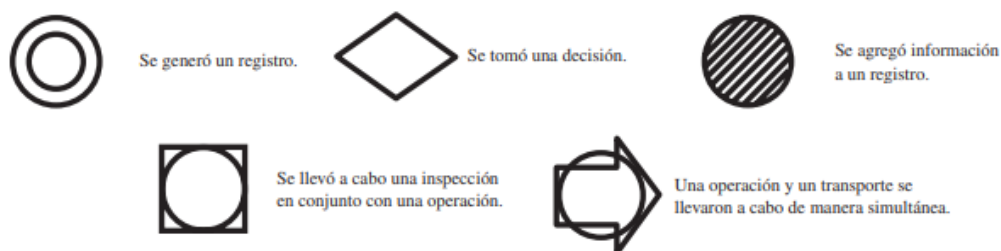


Gráfico N° 6. Símbolos no estándares de los diagramas de procesos
Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

El diagrama de flujo del proceso, de la misma forma que el diagrama de procesos operativos, no es el final en sí mismo; es sólo un medio para llegar al final. Esta herramienta facilita la eliminación o reducción de los costos ocultos de un componente. Puesto que el diagrama de flujo muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, la información que ofrece puede dar como consecuencia una reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. Asimismo, puesto que las distancias se encuentran registradas en el diagrama de flujo del proceso, este diagrama es excepcionalmente valioso para mostrar cómo puede mejorarse la distribución de una planta.

Ubicación: Dorben Ad Agency		Resumen			
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: 1-26-98		Operación	4		
Operador: J.S.	Analista: A. F.	Transporte	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados		Retrasos	4		
Método: <u>Presente</u> Propuesto		Inspección	0		
Tipo: <u>Trabajador</u> Material Máquina		Almacenamiento	2		
Comentarios:		Tiempo (min)			
		Distancia (pies)	340		
		Costo			
Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método	
Cuarto con la existencia de materiales	○ ◇ D □				
Hacia el cuarto de recopilación	○ ◇ D □		100		
Ordenar los estantes por tipo	○ ◇ D □				
Ordenar cuatro hojas	○ ◇ D □				
Apilar	○ ◇ D □				
Hacia el cuarto de doblado	○ ◇ D □		20		
Empujar, doblar, rayar	○ ◇ D □				
Apilar	○ ◇ D □				
Colocar la engrapadora	○ ◇ D □		20		
Poner la grapa	○ ◇ D □				
Apilar	○ ◇ D □				
Hacia el cuarto del correo	○ ◇ D □		200		
Colocar la dirección	○ ◇ D □				
A la bolsa del correo	○ ◇ D □				
	○ ◇ D □				
	○ ◇ D □				
	○ ◇ D □				
	○ ◇ D □				
	○ ◇ D □				
	○ ◇ D □				

Gráfico N° 7. Ejemplo de Diagrama de flujo de procesos (material) para la preparación de correo publicitario directo

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

C. Diagrama de procesos Hombre-Máquina

El diagrama de procesos hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del trabajador y de la máquina así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo.

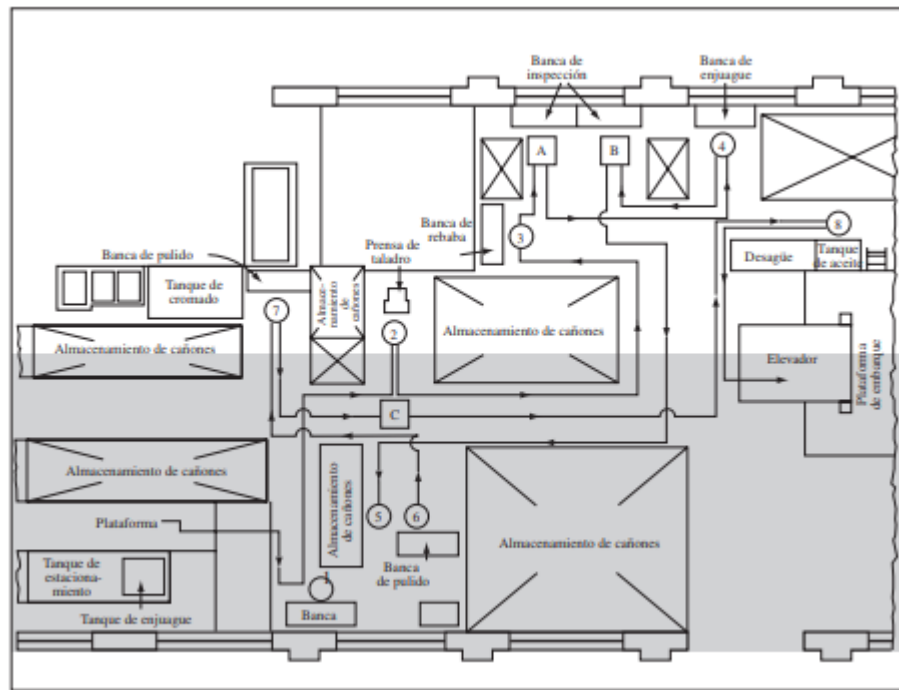


Gráfico N° 8. Diagrama de flujo de la distribución de un grupo de operaciones
Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

III. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Descripción general del proceso

De acuerdo al alcance de la investigación, se tomó como caso de estudio la línea de producción del mango. Para este estudio, la descripción de la ingeniería y tecnología del proceso se realizó del procesamiento del mango.

3.1.1. Descripción de la ingeniería y tecnología en el proceso

El procesamiento del mango fresco inicia con la recepción de la materia prima. En esta etapa el mango es descargado por una cuadrilla de trabajadores, quienes realizan esta tarea a una velocidad de 12 jabas/min. La descarga se realiza jaba por jaba, y cada jaba es colocada sobre una parihuela en la cual se apilan 63 jabas. Seguidamente, cada bloque de 63 jabas es transportado mediante un transportador, dirigido por un operario, hacia la balanza electrónica por la cual pasa para que el peso sea registrado, y siga su camino al interior de la planta. El transporte de cada bloque toma en promedio 1 minuto con 4 segundos.

Cada bloque transportado al interior de la planta es ordenado según los lotes a los que pertenecen y según el cliente. Cuando se inicia el proceso, cada bloque de 63 jabas es transportado al inicio de la línea por un transportador⁷, dirigido por un operador, y dejado allí para que un vaciador de jabas⁸ deposite el mango en la tina de lavado. El vaciado de las jabas de mango debe realizarse a una velocidad media de 5 a 6 jabas por minuto para que la fruta no se desborde al final de la línea cuando la fruta ingresa a la línea de calibrado.

Cabe especificar que, del proceso teórico antes descrito, en esta planta se realiza la descarga del mango, en agua. Y es en este mismo tanque de descarga en agua donde el mango es lavado por inmersión y expulsado a la superficie mediante burbujas de aire inyectadas en la parte inferior del tanque. Luego de haber vaciado los mangos en la tina de lavado, el trabajador deja la jaba en el suelo para que otro las recoja y apile atrás y a la izquierda de la tina. Ver gráfico siguiente.

⁷ Transportador es un equipo de transporte mecánico utilizado para desplazar cargas de un lugar a otro

⁸ Vaciador de jabas es aquel operario encargado de depositar la fruta contenida en la jaba al interior de la tina de lavado.

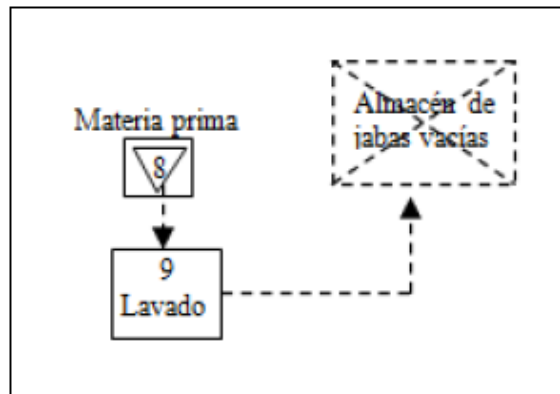


Gráfico N° 9. Área de lavado de materia prima

Posteriormente, los mangos pasan mediante una faja transportadora frente a las operarias para la inspección visual, y son ellas quienes rotan los mangos manualmente para poder observar todas sus caras. Aquí se descarta, aproximadamente el 10% de la fruta ingresada. La fruta seleccionada pasa al tratamiento fúngico, en el cual el mango es sumergido en una solución fúngica a 50°C durante 4 minutos mientras sigue su curso a la etapa de Secado-Encerado.

La fruta que sale del tratamiento fúngico cae a una faja transportadora, de rodillos cubiertos con cerdas, sobre la cual están dispuestos dos ventiladores que se encargan de secar la fruta a su paso. Más adelante, sobre esta misma faja, está ubicado un inyector de cera para fruta, el cual se mueve de lado a lado a lo ancho de la faja para dispersar la cera sobre la fruta que pasa, la cual es a la vez lustrada por los rodillos de cerdas a través de los cuales avanza. Finalmente, la fruta encerada es secada a través de un túnel de aire caliente (45°C) por el cual pasa mediante la misma faja, para luego desembocar en la línea calibradora mediante otra faja, donde las acaparadoras¹² acomodan los mangos para su ingreso en dos columnas a la calibradora.

La calibradora consta de dos hileras paralelas de capachos¹³ que transportan los mangos y los dejan caer en cada una de las 4 fajas de empaque según el calibre programado en cada una de ellas.

La fruta calibrada pasa a ser empacada en cajas de 4Kg por las operarias. En cada faja de empaque se selecciona la fruta a la vez que se empaqueta, habiendo en esta etapa un descarte de entre 7 y 10%.

Por último cada caja es pesada y apilada para que los cargadores las coloquen sobre las parihuelas. Finalmente las etiquetadoras se encargan de etiquetar cada mango con dos

diferentes tipos sticker. En ocasiones, sucede que las cajas luego de ser pesadas y apiladas al término de la misma faja de empaque, son llevadas a mesas, ubicadas frente a cada una de las 4 fajas, donde son etiquetadas, y después transportadas y ordenadas sobre la parihuela por los cargadores. Cuando la parihuela completa 252 cajas, es enzunchada, etiquetada según el calibre, lote y cliente, y transportada al túnel de enfriamiento por 5 horas, para luego pasar a las cámaras de conservación, donde esperaran a ser despachadas.

A continuación se muestra un esquema del procesamiento de mango fresco, donde está resumido todo el proceso en detalle.

Tabla N° 5. Procesamiento actual de mango fresco

Procesamiento de mango fresco			
Etapas	Actividades	Temperatura del producto	Tiempo
<div>Recepción de materia prima</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Desestibado de jabas- Pesado- Acomodo- Medición de grados brix y color	25-28 °C	Min: 3 horas Max 24 horas
<div>Lavado</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Abastecimiento de jabas a la tina de lavado- 50 ppm de cloro		
<div>Selección</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Selección de la fruta que cumple con los parámetros de calidad de exportación		
<div>Tiene calidad de exportación en</div> <div>↓</div> <div>No</div> <div>Descarte IQF</div>			
<div>Tratamiento fungicida</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Inmersión en solución antifúngica a 50°C durante 5 minutos	40-45°C	5 horas
<div>Encerado</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Aplicación de cera con fungicida	30°C	
<div>Secado</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Paso por túnel de secado- Verificación de temperatura del secador		
<div>Calibrado</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Clasificación de la fruta por peso de calibre		
<div>Empaque</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Marca de cajas por calibre y variedad- Colocación de mangos por calibre- Colocación de stiker en cada mango- Pesado de cajas- Codificación de cajas		
<div>Apto para empacado</div> <div>↓</div> <div>No</div> <div>Descarte</div>			
<div>Paletizado</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Colocación de cajas en parihuelas- Enzunchado de cajas- Codificación de paleta- Traslado a túnel	Traslado a pre-cámara para descenso de temperatura entre 15-25°C, antes de ingresar al túnel	1-6 horas
<div>Enfriamiento de túnel</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Temperatura entre 8-9°C- Monitoreo de paletas	8-9°C en la pulpa, dependiendo del grado de maduración de la fruta	5 horas
<div>Almacenamiento refrigerado</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none">- Temperatura entre 8-10°C- Monitoreo de paletas		1-5 días
<div>Despacho</div>	<ul style="list-style-type: none">- Contenedor refrigerado a 9-10°C		30 minutos

Fuente: Gandules Inc. SAC

Es necesario establecer algunos datos técnicos de la línea de procesamiento de mango y realizar una descripción más profunda de la misma, sobre todo del área de selección de mango, debido al alto índice de descarte en el área de empaclado.

Tabla N° 6. Porcentaje de descarte en las áreas de selección y empaclado del total descartado

% de descarte	Del total de fruta descartada	
	Selección	Empacado
Promedio	60,16	39,84
Máximo	92,50	74,88
Mínimo	25,12	7,50

Fuente: Gandules Inc. SAC

En la tabla siguiente se puede apreciar el porcentaje descartado en las líneas de selección y empaclado respecto del total de mango descartado en el sistema. Es decir, del 100% descartado, en promedio el 60% procede de la etapa de selección y aproximadamente el 40% restante, proviene de la etapa de empaclado.

Tabla N° 7. Porcentaje de descarte en las áreas de selección y empaclado del total de fruta ingresada

% de descarte	Del total de fruta ingresada		
	Selección	Empacado	Total
Promedio	9,99	6,54	16,53
Máximo	31,74	17,30	34,31
Mínimo	2,45	1,78	4,22

Fuente: Gandules Inc. SAC

En la tabla se puede apreciar el porcentaje descartado en las líneas de selección y empaque respecto del ingreso total de mango. Esto quiere decir que del 100% de mango que ingresa al sistema para ser procesado, en promedio el 10% se descarta en la etapa de selección, y aproximadamente el 6,5% se descarta en la etapa de empaclado. De esto se concluye que en promedio el 83.5% de mango ingresado sale como producto terminado.

En el área de selección los operarios se encargan de retirar aquellos mangos no aptos para exportación (Ver tabla siguiente), para lo cual observan la fruta que avanza sobre la faja, toman la considerada defectuosa y la colocan en una canaleta ubicada a 50cm sobre la faja de selección. La faja de selección mide 4,61 metros de largo y 60 centímetros de ancho aproximadamente. A 50 centímetros sobre la faja se encuentran ubicados 4 fluorescentes de 36W, dispuestos en pares a ambos lados de la faja, para mejorar la observación de los defectos.

Tabla N° 8. Parámetros de descarte en área de selección de fruta

Látex campo	Pedúnculo roto
Látex reciente	Queresas ⁹
Manchas de aplicación	Thrips ¹⁰
Maduros	Mosca de la fruta
Golpes	Falso peso
Poros	Sobre peso
Oídium ¹¹	Insolación
Verdes	Cicatrices
Malformados	Epidermis rayada
Desorden fisiológico	Venaciones
Golpes java	Quemado por el sol
Puntos negros	Minador
Semilla hueca	Daño mecánico
Daño de pepa	

Fuente: Gandules Inc. SAC

Luego de ser seleccionada, la fruta pasa al tratamiento fúngico, el cual tiene una duración de 4 minutos. De la faja de selección, la fruta cae directamente a las tinas metálicas que contienen una solución de fungicidas a 50°C. Durante esta etapa no se producen daños en la fruta, ya que solamente es sumergida en dicha solución para prevenir el florecimiento de hongos en la epidermis.

Después sigue el encerado, pero previo al encerado la fruta es secada mediante unos ventiladores que se ubican sobre la faja de rodillos cubiertos de cerdas. La fruta avanza en esta faja de rodillos y pasa a ser encerada mediante un inyector de cera ubicado sobre la faja, el cual se moviliza de derecha a izquierda. Posteriormente la fruta pasa al túnel de secado, donde se controla la temperatura promedio, que es de 30°C.

De este túnel la fruta se desliza a la faja que la transporta hacia la línea de calibrado. Aquí los operarios se encargan de que la fruta ingrese en dos líneas a la máquina, de forma que la fruta vaya cada una sobre un soporte. La máquina se encarga de calibrar y expide cada mango en la línea de empaque correspondiente, según el calibre.

⁹ Insecto que succiona la savia de la planta, debilitándola. Se localiza en las hojas y en los brotes del mango

¹⁰ Insecto que pica y succiona el contenido celular a consecuencia de lo cual se generan manchas pálidas o negras

¹¹ Enfermedad causada por el hongo OIDIUM Magniferae Berthet, que ocasiona cicatrices en la epidermis de los frutos.

Las empacadoras¹² colocan los mangos en cajas, previamente marcadas según variedad y calibre, pero al mismo tiempo que empacan seleccionan la fruta que colocan en la caja. Cuando un mango no es considerado apto es colocado en jabas ubicadas al costado de cada empacadora, así también son separados aquellos mangos que no corresponde al calibre que se está empacado en dicha línea y es colocado en la faja contigua. En la tabla n°9 se detallan las plagas, daños mecánicos y daños naturales por los cuales se descarta el mango en el área de empacado.

Cabe resaltar que son 4 las líneas de empacado y que en cada una trabajan 6 operarios, quienes toman las cajas, que están apiladas en un riel que se ubica a aproximadamente 50 cm sobre la faja, luego marcan dichas cajas según la variedad de mango a empacar y según el calibre. Para finalizar, toman la caja y la colocan en el riel que está debajo de la faja de empacado, lanzándola hacia el punto de pesado. Las cajas llegan al punto de pesado mediante un riel, situado debajo las fajas de empacado. Cada pesadora¹³ toma una caja, la pesa, y verifica que se encuentre en el rango que es 4,050-4,100 Kg., de lo contrario prueba retirando y colocando mangos hasta que el peso de ésta se ubique dentro del rango, pero si aun así no logra obtener el peso establecido, rechaza la caja y la regresa a la empacadora para que equilibre el peso de su caja.

¹² Empacadoras son las operarias encargadas de empacar la fruta calibrada en cajas cuyo peso máxima es de 4 Kg independientemente del calibre de la fruta

¹³ Pesadora es la operaria que pesa las cajas de fruta en una balanza electrónica para asegurar que el peso de la caja se encuentra dentro del rango, el cual es de 4,050 a 4,100 Kg.

Tabla N° 9. Parámetros de descarte en el área de empacado

Daño por queresas	Venaciones
Daño por Thrips	Golpes
Daño por ácaro	Látex campo
Oídium	Látex reciente
Antracnosis ¹⁴	Puntos negros
Arañita roja ¹⁵	Madurez
Pudrición peduncular	Quemado por el sol
Rozaduras	Deformaciones
Cicatrices	Poros
Epidermis rayada	Pudrición de pepa
Manchas de aplicación	Verde
Manchas naturales	Picado
Insolación	Sin chapa
Falso peso	Sobre peso

Fuente: Gandules Inc. SAC

3.1.2. Programa de producción y capacidad de planta

Con la demanda proyectada es posible armar el plan de ventas para los próximos 5 años. En la tabla siguiente se muestra el plan de ventas, el cual se armó en base a la demanda del proyecto que es el total de la demanda insatisfecha.

Tabla N° 10. Plan de ventas

Año	Venta (Pallets)
Año 1 (2017)	84
Año 2 (2018)	125
Año 3 (2019)	167
Año 4 (2020)	209
Año 5 (2021)	222

Fuente: Gandules Inc. SAC

De acuerdo al plan de ventas se armó el plan de producción, el cual se observa en la tabla n°11. Para el plan de producción no se ha considerado stock mensual, puesto que los stocks de producto terminado se acumulan diariamente hasta alcanzar 22 pallet para ser despachados en un container. Además, por ser el mango un producto perecible no es conveniente guardar stocks mensuales debido al progreso de la maduración de la fruta.

¹⁴ Enfermedad cuyo agente causal es el hongo *Collectotrichum Gloeosporioides*. Éste genera manchas negras en los frutos, tallos y hojas

¹⁵ Insecto que ataca en colonia perforando las superficies y absorbiendo su contenido, dejando manchas amarillentas en forma de puntuaciones

Tabla N° 11. Plan de producción

Periodo	Inv. Inicial	Producción	Inv. Total	Ventas	Inv. Final
Año 1	0	84	84	84	0
Año 2	0	125	125	125	0
Año 3	0	167	167	167	0
Año 4	0	209	209	209	0
Año 5	0	222	222	222	0

Fuente: Gandules Inc. SAC

Por otro lado, se han identificado los costos variables implicados en la producción de un pallet de mango, el cual contiene 252 cajas de 4Kg cada una. En la tabla siguiente se detallan los materiales directos e indirectos necesarios para la obtención de un pallet.

Tabla N° 12. Requerimientos por pallet (Requerimiento de materiales unitarios)

Costos directos	Unidades	Índice de consumo
Materiales Directos		
Mango	Kg	1008
Materiales Indirectos		
Cera	L	1,09
Sportak	L	0,10
Mertrec	L	0.003
Ácido cítrico	Kg	0,06
Registros pallet	Millones	0,002
Cajas	u	252
Stickers	u	34,15
Clavos	g	0,01
Grapas	Millones	0,02
Zuncho (cintas plásticas)	Rollos	0,10
Esquinero	u	4
Parihuela (plataforma)	u	1

Fuente: Gandules Inc. SAC

Según el índice de consumo especificado en la tabla anterior y el plan de producción elaborado para los próximos años, se armó el requerimiento de materiales para los próximos 5 años.

Tabla N° 13. Requerimientos de materiales para los próximos 5 años

Costos directos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Materiales Directos					
Mango	84268,80	126403,08	168537,60	210672,00	260869,75
Materiales Indirectos					
Cera	91,29	136,94	182,58	228,23	265,07
Sportak	8,28	12,41	16,55	20,69	25,03
Mertrec	0,25	0,38	0,50	0,63	0,84
Ácido cítrico	4,85	7,27	9,70	12,12	15,16
Registros pallet	0,17	0,25	0,33	0,42	0,56
Cajas	21067	31601	42134	52668	62717
Stickers	2855	4282	5709	7136	9,345
Clavos	0,67	1,00	1,34	1,67	1,99
Grapas	1,67	2,51	3,34	4,18	5,02
Zuncho (cintas plásticas)	8,19	12,29	16,39	20,48	23,80
Esquinero	334,40	501,60	668,80	836,00	1023,26
Parihuela (plataforma)	84	125	167	209	222

Fuente: Gandules Inc. SAC

3.2. Identificación de problemas en el proceso de la línea de producción y sus causas

3.2.1. Problemas de producción

Para identificar los problemas existentes en las operaciones llevadas a cabo para convertir el mango en fruta exportable se estudió el proceso de producción a través de la recopilación y organización de la información utilizando cursogramas analíticos, diagramas de operaciones, de proceso y de recorrido.

Para la recolección de toda la información de producción primero se realizó un muestreo mediante el método estadístico utilizando una tabla de nivel de confianza como se detalla a continuación:

A un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10% le corresponde $1,96 \sigma_p$. Por lo tanto:

$$1,96 \sigma_p = 10$$

$$\sigma_p = 5,10$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

$$5,10 = \sqrt{\frac{21 * 79}{n}}$$

$$\sqrt{n}^2 = (7,986)^2$$

$$n = 64 \text{ observaciones}$$

Entonces, para la toma de datos son necesarias 64 observaciones. Pero al momento de realizar las observaciones se realizaron 10 por día, según el cronograma que se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla N° 14. Cronograma para la toma de datos.

Setiembre del 2017								
Días	Martes 12	Jueves 14	Sábado 16	Martes 19	Viernes 22	Sábado 23	Martes 26	Total
Número de observaciones	10	10	10	10	10	10	10	70

Así, de dicho estudio del proceso resultaron 70 observaciones, lo cual benefició la toma de datos, ya que al contar con más datos de los necesarios se tuvo más oportunidad de lograr 64 observaciones correctas.

Una vez determinado el número de observaciones, se realizó un registro de las entradas de materia prima y las salidas de producto terminado y fruta de descarte (Ver anexo n°1). Así mismo, se registraron los tiempos de cada operación del proceso (Ver anexo n°2) y las distancias de recorrido que implicaba cada una de éstas.

Posteriormente, se observó que los tiempos de cada operación eran muy variables. Por esta razón se procedió a realizar una estandarización de los tiempos. Para estandarizar los tiempos fue necesario registrarlos y procesarlos en una hoja de estudio de tiempos (Ver anexo n°2) a través de la cual fue posible valorizar el trabajo realizado por los operarios en cada operación de acuerdo a la norma Británica de valorización del trabajo detallada en la tabla N°4.

En la misma hoja de estudio de tiempos, también se calcularon los tiempos base.

Por último, Se calculó el tiempo estándar para cada operación de acuerdo a la fórmula que se muestra a continuación.

$$TE = TN(1 + Tol.Total)$$

Dónde:

- TN: Tiempo normal
- Tol. Total: Tolerancia total

El tiempo normal es calculado a partir del tiempo base promedio, el cual es multiplicado por el factor de desempeño del trabajo, el cual varía de 1 a 1,2 según sea el trabajo realizado de manera activa o muy rápida. Mientras que la tolerancia total varía de acuerdo a cada empresa, dependiendo de los lapsos de tiempo que se destinen a refrigerios, servicios y descansos.

Luego de haber definido y graficado las operaciones y procesos realizados para la obtención de mango fresco exportable, se realizó un estudio de tiempos en el proceso productivo, con la finalidad de estandarizarlos y darlos a conocer para establecerlos como meta, y así poder ajustarlos al Takt time.

A continuación se presenta un cursograma analítico en el cual se refleja la secuencia de las actividades, las distancias recorridas a lo largo de la línea y el tiempo que implica cada operación del proceso estudiado.

En dicho cursograma, se puede apreciar que existen operaciones con características similares que se repiten una tras otra y que no agregan valor al producto. Éstas son el doble transporte que se realiza de las parihuelas: de producto descargado, para que ingrese a la operación de lavado, y de la fruta lavada para que ingrese a la operación de selección. Además, existe un transporte de la operación de secado a la de calibrado que consume 0,23 minutos de tiempo sin agregar ningún valor al producto. Por último se identificó el cuello de botella que es el paletizado y tiene una duración de 12 minutos.

Tabla N° 15. Cursograma analítico del estado actual

Descripción operaciones	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	○	→	D	□	▽
Descarga		-	5,5	X				
Transporte		6,00	1,36		X			
Transporte		6,00	1,36		X			X
Lavado		2,81	0,20	X				
Transporte		2,22	0,20		X			
Transporte – Secado		2,13	0,63	X	X			
Selección		4,61	0,75	X				X
Tratamiento fúngico		7,81	3,73			X		
Transporte		1,55	0,75		X			
Transporte – Secado		2,02	0,67	X				
Encerado		1,93	0,67	X				
Secado		2,70	0,36	X				
Transporte		1,50	0,23		X			
Calibrado		10,95	0,55	X				
Empacado	1 caja	6,60	0,87	X				X
Pesado	1 caja	1,00	0,24	X				
Paletizado	1 pallet	3,00	12,00	X				
Enfriado		8,00	300,00			X		
Almacenado en cámara		-	1-5 días					X
Despacho		-	30,00	X				

Cabe resaltar que los tiempos cronometrados tenían fluctuaciones elevadas, por lo cual en el cursograma analítico se utilizaron promedios de la serie de tiempos, tomados en las fechas programadas, de cada operación. Entonces en base al tiempo promedio del cuello de botella (paletizado) se ha podido calcular la producción actual por turno, la cual es de 50 pallets en promedio.

$$Producción = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$Producción = \frac{60 \text{ min/h}}{12 \text{ min/pallet}} = 5 \frac{\text{pallet}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{t}} = 50 \text{ pallets}$$

Cada contenedor tiene una capacidad de 22 pallets, lo que significa que por turno se está produciendo para 2,27 contenedores en promedio.

$$Producción = \frac{50 \text{ pallets}}{22 \text{ pallets/contenedor}} = 2,27 \text{ contenedores}$$

Esto significa que no se está trabajando al ritmo de la demanda del cliente, la cual es de 2,5 a 2,7 contenedores por turno en la temporada de Setiembre-Octubre.

A continuación, en la siguiente tabla se presentan algunos indicadores de producción del estado actual de la empresa que permiten corroborar el cálculo anteriormente realizado.

Tabla N° 16. Indicadores de producción del estado actual

Indicadores	Cantidad	Unidades
Capacidad instalada	7,00	Ton/h
Producción	5,00	pallet/h
Capacidad efectiva	5,04	Ton/h
Capacidad utilizada	0,72	%
Capacidad ociosa	1,96	Ton/h
Productividad	0,08	pallet/min

Por otro lado, para lograr una mejor visión del espacio en que se desarrollan las actividades detalladas se presenta, en el gráfico siguiente, un diagrama de recorrido elaborado según el escenario real en que se desarrolla el proceso de producción estudiado. Además, en la tabla siguiente se pueden apreciar las distancias recorridas a lo largo del proceso.

Tabla N° 17. Distancia recorrida en la línea de producción

Operaciones	Distancia (m)
1. Descarga	-
2. Transporte	6,00
3. Transporte	6,00
4. Lavado	2,81
5. Transporte	2,22
6. Transporte – Secado	2,13
7. Selección	4,61
8. Tratamiento fúngico	7,81
9. Transporte	1,55
10. Transporte – Secado	2,02
11. Encerado	1,93
12. Secado	2,70
13. Transporte	1,50
14. Calibrado	10,95
15. Empacado	6,60
16. Enfriado	1,00
17. Almacenado en cámara	3.00
18. Despacho	8.00
Total	70,83

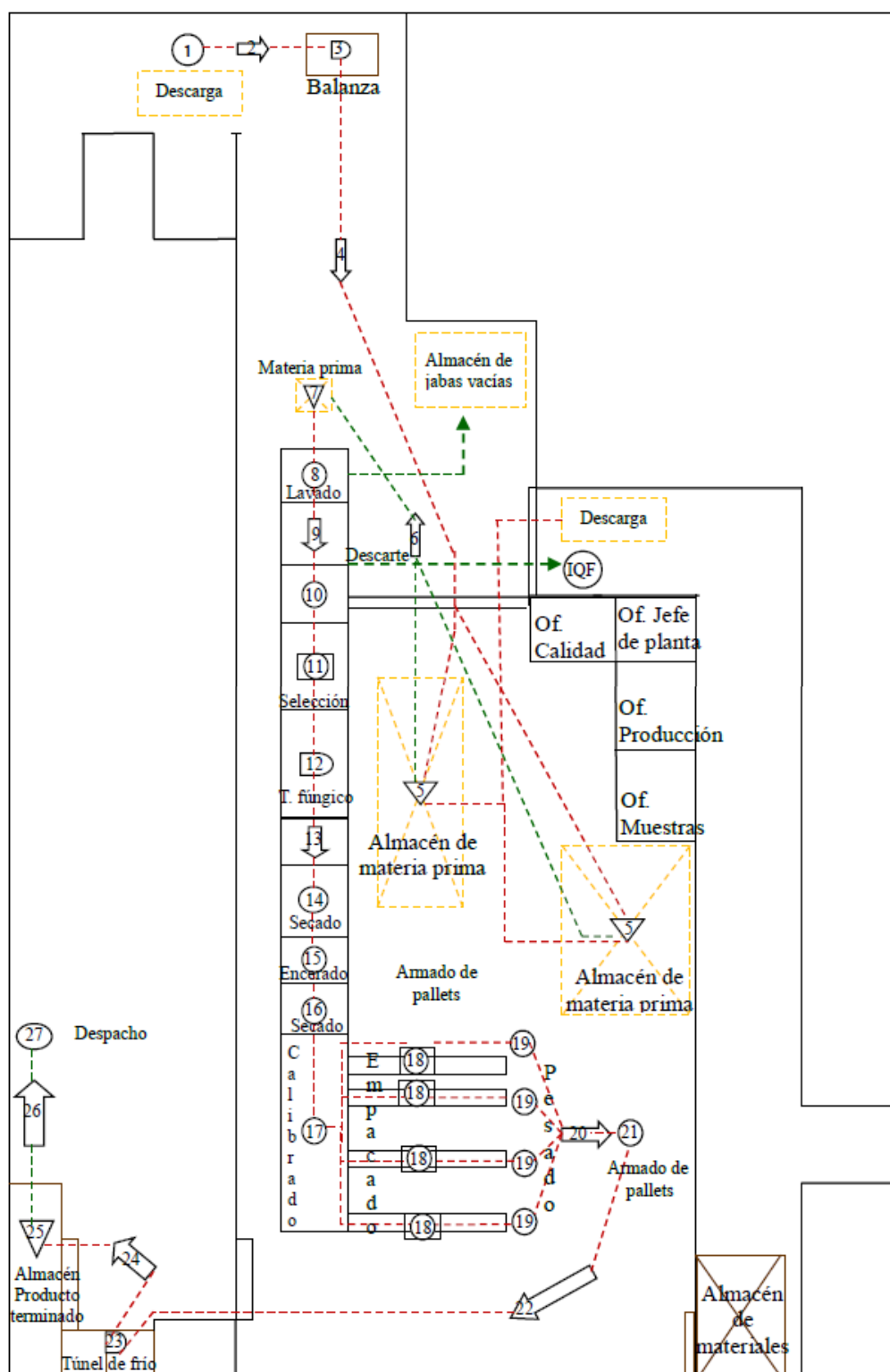


Gráfico N° 10. Diagrama de recorrido del estado actual

Las entradas de materia prima y los ingresos a las distintas operaciones aparecen con líneas rojas, mientras que las salidas de insumos de almacén al proceso y las salidas de producto terminado aparecen con líneas verdes. Además, los almacenes provisionales se encuentran graficados con líneas amarillas, y los almacenes fijos con líneas marrones.

De acuerdo con el gráfico n°10 existe un desperdicio de transporte innecesario, porque las parihuelas descargadas pasan por la balanza y siguen su recorrido hacia el interior de la planta para ser apiladas en almacenes provisionales (operación n°5) de donde luego vuelven a ser retiradas y apiladas al inicio de la línea (operación n°7). Y cada vez que en el tanque de lavado (operación n°8) se terminan las jabas con fruta para ser ingresadas al proceso, debe transportarse nuevamente un bloque de parihuelas al inicio de la línea y así sucesivamente durante el transcurso del turno del trabajo. Además, estos almacenes provisionales dejan un estrecho pasadizo entre los bloques apilados de parihuelas y la línea de producción, dificultando la circulación del personal.

Estos dos desperdicios de transporte llegan a ser significativos porque transportar una parihuela (del punto de descarga al interior de la planta, o del interior de la planta al tanque de lavado) toma en promedio 1 minuto con 4 segundos (64 segundos). Esto quiere decir que con un flujo de 3000 jabas por turno, (que es lo que se procesa normalmente) que equivalen a 48 parihuelas aproximadamente, se estaría consumiendo en transporte de parihuelas, en un turno 51,2 minutos.

$$\frac{\text{Cantidad de jabas utilizadas}}{\text{Número de jabas por parihuela}} = \text{Número de parihuelas}$$

$$\frac{3000}{63} = 47,62 \cong 48 \text{ parihuelas}$$

$$48 \text{ parihuelas} * 64 \text{ s} = 3072 \text{ s} = 51,2 \text{ min}$$

Pero como se transportan dos veces cada parihuela, tanto para su descarga y acumulación al interior de la planta, como para vaciar el mango en el tanque de lavado. Se consumen en total, en ambos transportes 1 hora con 42 minutos.

$$3072 \text{ s} * 2 = 6144 \text{ s} \cong 102,4 \text{ min} \cong 1,7 \text{ h} = 1 \text{ h } 42 \text{ min}$$

Por otro lado, durante el empacado (operación 18) de las frutas se realiza una segunda selección más exhaustiva que la realizada en la etapa de selección (operación 11) y al mismo tiempo se empaca y se retiran los mangos que no son del calibre que indica el cabezal de la faja. Por eso, se puede afirmar que en la etapa de empacado existe un desperdicio de retrabajo, lo cual causa que se realicen procedimientos innecesarios en una etapa en la cual sólo se debe empacar y etiquetar, realizando una ligera y mínima selección o separación de la fruta. Esto agrega costo en lugar de valor al producto.

Entonces, las operaciones que no contribuyen a agregar valor al producto son los desperdicios de transporte, en las operaciones de recepción y lavado, y el desperdicio de retrabajo en la etapa de empacado.

3.2.2. Causas posibles

Luego de haber descrito y analizado todo el proceso de mango y haber determinado los tiempos de cada etapa, así como su secuencia y ubicación en la planta. Se puede afirmar que a lo largo de la línea la fruta no sufre daño, puesto que sólo existe una caída de aproximadamente 40cm, de la etapa de tratamiento fúngico a la de encerado, y la fruta cae sobre una faja de rodillos cubiertos con cerdas. Pero, se aprecia claramente que los motivos de descarte en el área de selección y en el área de empacado son similares más no los mismos específicamente lo cual puede ser la causa del retrabajo realizado en empacado al descartar fruta que debió ser descartada en el área de selección. Otra razón que puede causar un descarte elevado en empaque es la cantidad elevada de fruta que ingresa en la faja, lo cual limitaría la capacidad de descartar de acuerdo a los parámetros establecidos, puesto que de la rapidez con pase la fruta a través de la faja y de la cantidad de fruta que ingrese a la faja, dependerá la visualización de los daños en éstas por parte de los operarios. Además, también influye la ubicación e intensidad de la luz en la faja, el número de horas que lleva la operaria seleccionando parada frente a la faja y el turno de trabajo.

En lo que respecta a los transportes internos que se realizan de jabs vacías o con mango para proceso y descartado, se aprecia en el diagrama de recorrido (Ver gráfico N° 4) que hay transporte innecesario y cruce excesivo a causa de una distribución de planta deficiente y una improvisación de almacenes con fruta para proceso o procesada a lo largo de la línea.

3.3. Desarrollo de propuesta de mejora en el sistema de producción

3.3.1. Propuesta de mejora

La presente propuesta de mejora se realizó debido a que el ritmo de producción actual de la planta de procesamiento de mango fresco, no lograba satisfacer la demanda futura de los próximos 5 años. Para revertir esta situación se comenzó por determinar los mejores métodos que permiten solucionar los problemas detallados anteriormente.

La aplicación de determinadas herramientas Lean va a depender de diversos factores como los que se pueden apreciar en la tabla siguiente:

Tabla N° 18. Sistema de clasificación propuesto para los procesos industriales

	Producción en masa	Producción en lote	Trabajo por órdenes de producción
Demanda del producto	Muy estable	Relativamente estable	Poco frecuente/inestable
Demanda volumen (por producto)	Alta	Mediana o baja	Muy baja
Tipo de producto	Estandarizado, hecho por valores	Normal, hecho en lotes	Personalizado, hecho por encargo
Variedad de materiales en bruto	Bajo	Moderado-alto	Alto
Variedad de productos terminados	Bajo	Moderado	Alto
Equipo	Especializado-Dedicado	Especializado, dedicado, y de uso general	De uso general
Diseño de planta	Diseño de producto	Diseño mixto	Diseño de procesos
Almacenaje	Ruta de acceso fijo	Ruta mixta	Ruta variable
Flujo de material	Continua	Continua a intermitente	Continua a intermitente
Proceso de flexibilidad	Bajo	Medio	Alto
Escenario del proceso cuando se convierte en producto discreto	Tarde	Medio a tarde	Temprano a tarde
Ejemplos	Azúcar, algodón, desmotado, arroz	Acero, pinturas, panadería, fármacos	Colorantes orgánicos, especialidad en productos químicos

Fuente: (Texas Tech 2014)

Estos factores en conjunto con el diagnóstico realizado, indicarán qué técnica de Producción esbelta es la más aplicable. En el caso del procesamiento de mango fresco para exportación, la demanda del producto es estable y está condicionada por la máquina calibradora, la cual tiene una capacidad diseñada de 7 Ton/hora de mango calibrado. Es decir que ese es el tope que puede ser producido por hora restando el descarte que se realiza luego en la etapa de empacado, el cual es en promedio de 6,54%.

En cuanto al tipo de producto, éste es normal, procesado por lotes según el cliente. La variedad de productos terminados es baja, porque sólo se produce mango en cajas de 4Kg. en la temporada de Enero a Marzo. El diseño de planta está orientado al producto, el tipo de equipos es especializado, dedicado y de uso general, por lo cual la flexibilidad del proceso es mediana y el flujo en el proceso es continuo. En cuanto al almacenaje, éste tiene una ruta de acceso fijo, debido a la misma disposición de planta (Ver gráfico N° 4).

A continuación, en la tabla siguiente, se podrá observar en forma resumida la clasificación del procesamiento de mango fresco según el sistema propuesto en la tabla anterior.

Según la clasificación realizada, el proceso estudiado es un proceso de producción en masa y en este tipo de producción, y particularmente en el escenario en que se desarrolla tienen mayor impacto positivo la implementación del trabajo estandarizado, Takt Time (ajuste del ritmo de trabajo a la demanda), Shojinka (polivalencia del personal) y Jidoka (detección automática de los defectos).

Tabla N° 19. Sistema de clasificación propuesto para los procesos industriales

	Flujo o producción en masa	Producción en lote	Trabajo por órdenes de producción
Demanda del producto	Muy estable		
Tipo de producto		Normal, hecho en lotes	
Variedad de materiales en bruto	Bajo		
Variedad de productos terminados	Bajo		
Equipo		Especializado, dedicado, y de uso general	
Diseño de planta	Diseño de producto		
Almacenaje	Ruta de acceso fijo		
Flujo de material	Continua		
Proceso de flexibilidad		Medio	
Escenario del proceso cuando se convierte en producto discreto	Tarde		

La planificación de la mejora del proceso de producción de mango fresco para exportación tiene como primera parte la estandarización del trabajo. Para la estandarización se inició con el procesamiento de los tiempos registrados mediante la valorización del trabajo realizado para después hallar los tiempos base de cada etapa (Ver anexo n°2). Éstos tiempos base se obtuvieron multiplicando el tiempo cronometrado por el valor asignando como valorización del trabajo según la norma británica (Ver tabla n°6) y dividiendo dicho producto entre el valor ritmo que es 100.

$$Tiempo\ base = \frac{Tiempo\ cronometrado * Valor\ del\ trabajo}{Valor\ ritmo}$$

$$Tiempo\ base = \frac{0,5418\ minutos * 75}{100} = 0,4064 \cong 0,41\ minutos$$

Luego se ordenaron los tiempos base de cada etapa por fechas de registro en tablas, como se aprecia a continuación en la tabla siguiente donde se detallan los tiempos base de la etapa de selección manual.

Tabla N° 20. Cálculo de la media de la muestra utilizando el tiempo base en minutos

Selección manual en faja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Te (media)
12/09/2017	0,41	0,27	0,36	0,35	0,40	0,33	0,34	0,47	0,44	0,42	0,38
14/09/2017	0,26		0,37	0,46	0,36	0,45	0,38	0,41	0,38	0,38	0,38
16/09/2017	0,34	0,27	0,33	0,36	0,27	0,34	0,36	0,31	0,32	0,48	0,34
19/09/2017	0,37	0,35	0,37	0,36	0,31	0,22	0,26	0,37	0,33	0,32	0,33
22/09/2017	0,36	0,34	0,25	0,23	0,26			0,42	0,42	0,44	0,34
23/09/2017	0,22	0,50	0,34	0,26	0,21						0,30
26/09/2017	0,33	0,33	0,33	0,45	0,43	0,35	0,33	0,33	0,36	0,34	0,36
Media											0,35

En esta tabla se aprecian los tiempos bases calculados a partir de la toma de tiempos realizada 10 veces por cada fecha. De cada día se obtuvo la media de los tiempos base para luego utilizarla en el cálculo del tiempo normal y tiempo estándar de cada etapa. El cálculo del tiempo estándar y su resultado se presentan en las tablas siguientes.

Tabla N° 21. Categorías de calificación del desempeño del trabajo

Selección manual en faja	Te (min)	Calificación
12/09/2017	0,38	1
14/09/2017	0,38	1
16/09/2017	0,34	1,1
19/09/2017	0,33	1,1
22/09/2017	0,34	1,1
23/09/2017	0,30	1,2
26/09/2017	0,36	1

La asignación de categorías permite catalogar el desempeño del trabajo realizado. Esta categoría es 1, cuando el desempeño del trabajo observado es catalogado como “activo”, es 1,1 cuando el desempeño es considerado rápido, y es 1,2 cuando el desempeño del trabajo es muy rápido (Kanawaty 2016).

El tiempo normal se halló multiplicando la media de los tiempos base de cada fecha por la categoría de calificación asignada de acuerdo a la observación del trabajo realizado por el operario.

El tiempo estándar se halla con la siguiente fórmula:

$$TE = TN(1 + Tol.Total)$$

Dónde:

- TE: tiempo estándar
- TN: tiempo normal
- Tol. Total: tolerancia total.

La tolerancia total es el porcentaje de tiempo que se tolera ser “perdido” a causa de la comida, necesidades personales, interrupciones del proceso por demoras, etc.

Para este caso en particular se sabe que cada turno es de 12 horas, pero las horas de trabajo efectivas son 10 en promedio. Dado que se otorga 1 hora para la comida, se asigna un promedio de 30 minutos para necesidades personales y descansos, y se calcula media hora de interrupciones en el proceso por diferentes motivos (preparación de la línea, fallo de máquina, cambio de lote, etc.).

Entonces:

12 hrs.	----	100%
1 hrs	----	8,3%
0,5 hrs	----	4,2%

Por lo cual, la tolerancia total es: $8,3\% + 4,2\% = 12,5\% = 0,125$

Luego el tiempo estándar en la tabla siguiente se halló de la siguiente forma:

$TE = 0,37(1 + 0,125) = 0,42$ (minutos) que equivalen a 26 segundos redondeando la cifra obtenida.

Tabla N° 22. Resultados del cálculo del tiempo normal y tiempo estándar

Selección manual en faja	TE (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
12/09/2017	0,38	1	0,38		
14/09/2017	0,38	1	0,38		
16/09/2017	0,34	1,1	0,37		
19/09/2017	0,33	1,1	0,36		
22/09/2017	0,34	1,1	0,37		
23/09/2017	0,30	1,2	0,37		
26/09/2017	0,36	1	0,36		
Media			0,37	0,43	25,8

El procedimiento establecido se utilizó para cada etapa del proceso, obteniéndose los tiempos estándar que a continuación se muestran gráfico siguiente, en el cual además ya se han retirado los transportes innecesarios identificados.

Con los tiempos estándar calculados y la secuencia de operaciones establecida se ha creído conveniente establecer un nuevo diagrama de recorrido, en el cual se propone el flujo ideal de planta en base a los problemas identificados.

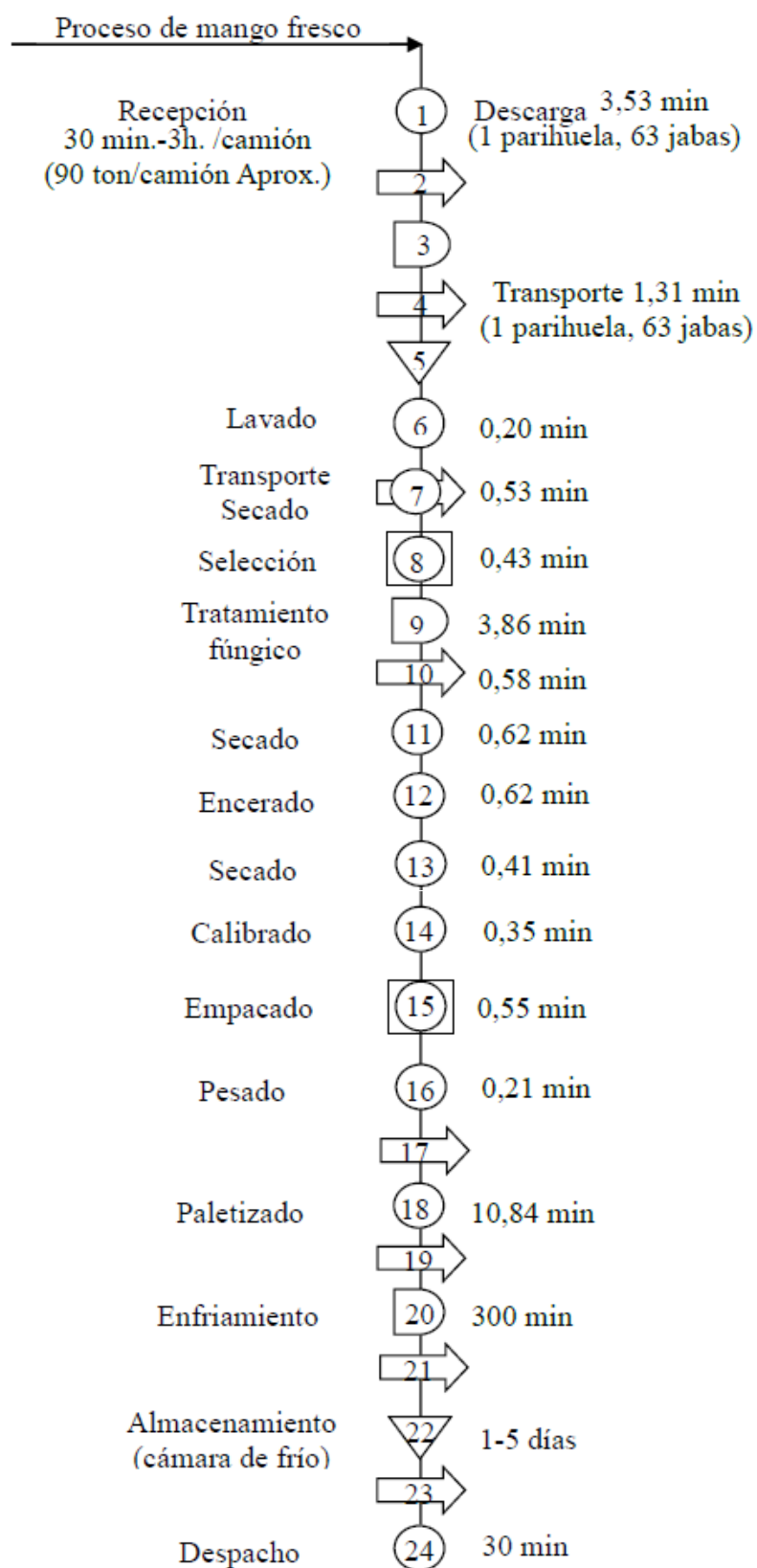


Gráfico N° 11. Diagrama de operaciones del proceso ideal con los tiempos estándar

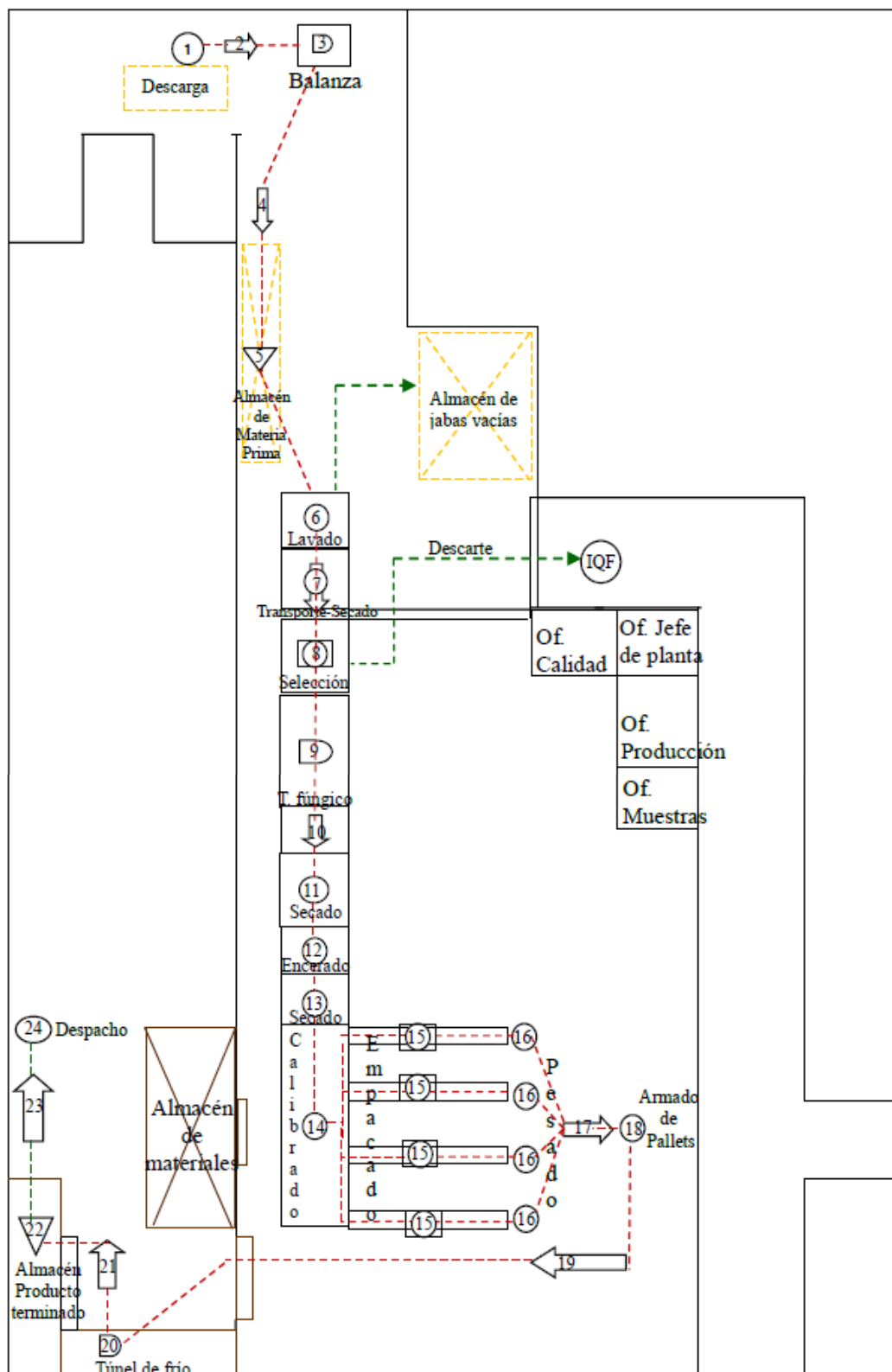


Gráfico N° 12. Diagrama de recorrido del estado ideal

En este estado ideal ya no existen los almacenes improvisados de materia prima a lo largo del proceso. Además, se ha trasladado el almacén de materiales atrás de la zona de calibrado para reponer de forma inmediata las cajas consumidas en la operación de empaque y evitar traslados innecesarios del personal. Esta nueva posición del almacén de materiales se recomienda en caso de una remodelación de la planta, ya que su ubicación actual es fija.

Por otro lado, se eliminaron los transportes innecesarios y excesivos de materia prima y fruta descartada. Pero para lograr este estado es preciso establecer un ritmo de trabajo constante, de forma que en el flujo de producción no tenga interrupciones y esté sincronizado con la demanda del producto, ya que sólo así se evitarán los almacenes improvisados en la planta. Este ritmo de trabajo que debe implantarse para conseguir el estado ideal es el Takt time, y se halla con los tiempos estándar anteriormente calculados.

La demanda por turno en este proceso es de entre 2,5 y 2,7 contenedores en el punto de mayor producción de la campaña de mango.

Entonces, de acuerdo a la fórmula del Takt time:

$$Takt = \frac{T}{Q}$$

Donde T es tiempo disponible, y Q es producción planificada. Se calcula el ritmo ideal de producción sabiendo que las horas efectivas de trabajo por turno son 10, las cuales equivalen a 600 minutos, y que la demanda por turno es en promedio de 2,5 contenedores, que equivale a 55 pallets o 13860 cajas.

Entonces el Takt time es de:

$$Takt = \frac{600}{13860} = 0,043 \frac{min}{caja}$$

$$Takt = \frac{600}{55} = 10,9 \frac{min}{pallet}$$

Lo cual significa que cada 0,043 minutos debe producirse una caja de 4Kg de mango o que cada 10,9 minutos debe producirse un pallet (252 cajas). Este ritmo es el nuevo marcapaso

del proceso productivo y pertenece a la operación de paletizado (el cuello de botella que anteriormente ascendía a 12 minutos).

De esto podemos deducir que en las 10 horas de trabajo efectivas de un turno, debe lograrse una producción de:

$$\frac{600 \text{ min}}{10,9 \text{ min}} = 55,05 \text{ pallets}$$

Sabemos por los tiempos estándar hallados que el tiempo de descarga de materia prima a paletizado es de 24,12 minutos. Entonces este es nuestro tiempo de ciclo total (TCT) y equivale a 1447,2 segundos

A continuación en la tabla siguiente se aprecian las distancias luego de haber eliminado las operaciones de transporte que no generaban ningún valor al producto. Posteriormente en la siguiente tabla se presentan los indicadores de producción.

Tabla N° 23. Distancia recorrida luego de la reducción de transportes

Operaciones	Distancia (m)
1. Descarga	-
2. Transporte	-
3. Transporte	6,00
4. Lavado	2,81
5. Transporte	-
6. Transporte – Secado	2,13
7. Selección	4,61
8. Tratamiento fúngico	7,81
9. Transporte	-
10. Transporte – Secado	2,02
11. Encerado	1,93
12. Secado	2,70
13. Transporte	-
14. Calibrado	10,95
15. Empacado	6,60
16. Enfriado	1,00

17. Almacenado en cámara	3.00
18. Despacho	8.00
Total	59,56

Tabla N° 24. Indicadores de producción de estado futuro

Indicador	Cantidad	Unidades
Capacidad instalada	7,00	Ton/h
Producción	5,50	pallet/h
Capacidad efectiva	5,5	Ton/h
Capacidad utilizada	0,79	%
Capacidad ociosa	1,45	Ton/h
Productividad	0,09	pallet/min

Por último, con el proceso ya estandarizado y dotado de flexibilidad es necesario preparar personal polivalente con el fin de evitar contratar operarios para tareas sencillas que pueden ser realizadas por los que ya se encuentran en otras tareas que demandan poco tiempo y por lo cual pueden encargarse de múltiples tareas. Este es el caso de los operarios que se encargaban solamente de retirar el descarte en selección, los operarios encargados de ordenar el ingreso del mango a la faja calibradora, los operarios encargados de controlar la temperatura de la poza de tratamiento fúngico y el túnel de secado y los operarios cuya función era monitorear la temperatura del túnel de enfriamiento y de la cámara de almacenado.

3.3.2. Nuevos indicadores de producción y productividad

El trabajo estandarizado permitió determinar el conjunto de procedimientos de trabajo que conforman el mejor método y secuencia para cada operación. Este primer paso tuvo como consecuencia la mejora de los tiempos de ciclo de las operaciones.

Con la metodología Shojinka fue posible la eliminación de desperdicios a través de la adopción de una disposición en flujo que permita el máximo aprovechamiento del espacio disponible y del personal. Además se pudo ajustar el tiempo de ciclo al tiempo ideal adaptado a los movimientos de la demanda.

Estas metodologías aplicadas en el orden explicado permitieron eliminar las operaciones que no agregaban valor al producto y el retrabajo de la etapa de empaçado, además de mejorar los tiempos de ciclo de cada operación, sincronizar el ritmo de producción con la demanda de producto por turno y ajustar el número de operarios a los tiempos estándar establecidos.

A continuación, en la tabla siguiente se puede visualizar la mejora de los tiempos de ciclo de cada operación y del tiempo de ciclo total respecto de los tiempos actuales.

Tabla N° 25. Comparación de los tiempos actuales y estandarizados

Descripción operaciones	Tiempos estado actual (min)	Tiempos estándar (min)	Reducción de tiempo (min)
Descarga	5,5	3,53	1,97
Transporte	1,36	1,31	0,05
Transporte	1,36	-	-
Lavado	0,20	0,20	-
Transporte	0,20	-	-
Transporte – Secado	0,63	0,55	0,08
Selección	0,75	0,43	0,32
Tratamiento fúngico	3,73	3,86	-
Transporte	0,75	0,58	0,17
Transporte – Secado	0,67	0,62	0,05
Encerado	0,67	0,62	0,05
Secado	0,36	0,41	-
Transporte	0,23	-	-
Calibrado	0,55	0,35	0,2
Empacado	0,87	0,55	0,32
Pesado	0,24	0,21	0,03
Paletizado	12,00	10,9	1,1
Enfriado	300,00	300	-
Almacenado en cámara	1-5 días	30	-
Despacho	30,00		30,00
TCT (Tiempo de ciclo total)	30,07	24,12	5,9

Esta mejora en los tiempos de ciclo también permitió incrementar el ritmo de producción y ajustarlo a la demanda. Actualmente se produce a un ritmo de 5 pallets/h, como ya se calculó, pero con la mejora de los tiempos y su ajuste a la demanda que es de 2,5 container por turno, se ha logrado incrementar el ritmo de producción a 5,5 pallets/h. Con este ritmo de producción se satisface exactamente la demanda del cliente, evitando stocks de producto por procesar o terminado.

En el trimestre de producción del 2017, se produjeron 1672 pallets al ritmo de producción de 5 pallet/h. Pero como con la propuesta elaborada se logra incrementar el ritmo de

producción a 5,5 pallet/h. Con este nuevo ritmo de producción se podría obtener una producción aproximada de 1839 pallets por temporada siempre y cuando el flujo de ingreso de materia prima sea igual que en la temporada estudiada.

$$5 \text{ Pallet/h} \times 1672 \text{ Pallet/trimestre}$$

$$5,5 \text{ Pallet/h} \times x \text{ Pallet/trimestre}$$

$$x = \frac{5.5 * 1672}{5} = 1839 \frac{\text{pallets}}{\text{trimestre}} \text{aprox.}$$

En la tabla siguiente se puede visualizar una comparación de los indicadores de producción actuales con los de la propuesta de mejora.

Tabla N° 26. Comparación de los indicadores de producción

Indicadores	Estado actual	Estado futuro	Unidades
Capacidad instalada	7,0	7,0	Ton/h
Producción	5	5,5	pallet/h
Capacidad efectiva	5,04	5,55	Ton/h
Capacidad utilizada	0,72	0,79	%
Capacidad ociosa	1,96	1,45	Ton/h

Esta reducción en el tiempo de ciclo se debió a la reducción de las distancias recorridas a lo largo del proceso a través de la omisión de algunos transportes que no agregaban valor al producto ni apoyaban a la operación posterior. En la tabla siguiente se muestra una comparación de las distancias recorridas y su reducción al eliminar los transportes innecesarios.

Tabla N° 27. Distancias recorridas en estado actual y futuro (en metros)

Descripción operaciones	Estado actual	Estado futuro	Reducción de recorrido
1. Descarga	-	-	-
2. Transporte	6	-	6
3. Transporte	6	6	-
4. Lavado	2,81	2,81	-
5. Transporte	2,22	-	2,22
6. Transporte – Secado	2,13	2,13	-
7. Selección	4,61	4,61	-
8. Tratamiento fúngico	7,81	7,81	-
9. Transporte	1,55	-	1,55
10. Transporte – Secado	2,02	2,02	-
11. Encerado	1,93	1,93	-
12. Secado	2,70	2,70	-
13. Transporte	1,5	-	1,5
14. Calibrado	10,95	10,95	-
15. Empacado	6,6	6,6	-
16. Pesado	1	1	-
17. Paletizado	3	3	-
18. Enfriado	8	8	-
Total	70,83	59,56	11,27

Por otro lado, con la propuesta se creyó también conveniente redistribuir los operarios en los puestos de trabajo existentes basándose en que el personal debe ser polivalente y en la mejora del ritmo de trabajo de 12 min/pallet a 10,9 min/pallet, lo cual significa que será necesaria una mayor fuerza laboral en el área de empacado y paletizado para poder llegar a ese ritmo y mantenerlo. En la tabla siguiente se puede visualizar la distribución de operarios basada en el nuevo ritmo de trabajo.

Tabla N° 28. Comparación de distribución de operarios de estado actual y futuro

Descripción operaciones	Estado actual	Estado futuro
1. Descarga	4	4
2. Transporte	1	1
3. Transporte		
4. Lavado	3	2
5. Transporte	-	-
6. Transporte – Secado	-	-
7. Selección	5	6
8. Tratamiento fúngico	1	1
9. Transporte	-	-
10. Transporte – Secado	-	-
11. Encerado	-	-
12. Secado	1	*
13. Transporte	-	-
14. Calibrado	3	1
15. Empacado	26	24
16. Pesado	5	8
17. Paletizado	8	10
18. Enfriado	2	2
Total	59	59

* En la operación de secado participará el mismo operario de la operación N° 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Los problemas identificados en el proceso de la línea de producción de mango fresco para exportación de Gandules Inc. S.A.C. fueron la existencia de operaciones que no agregaban valor al producto, tales como los transportes innecesarios, luego de las operaciones de descarga de la fruta, lavado, y secado en túnel. Además, se detectó desperdicios por procesamiento incorrecto y retrabajo, en las áreas de selección y empaque del mango. Las causas que originaron los problemas identificados fueron el diseño deficiente de la línea de producción, escaso conocimiento de los requerimientos de calidad del producto y de los tiempos variables de cada operación. Todo esto no permitía producir al ritmo de la demanda.
2. Las herramientas de mejora más adecuados para la solución de los problemas identificados fueron la estandarización del trabajo (SW) y el Takt Time (ajuste del ritmo de trabajo a la demanda). La estandarización del trabajo permitió uniformizar los tiempos y el procedimiento de cada operación, mientras que el Takt Time permitió ajustar el ritmo de producción a la demanda. La propuesta de mejora consistió en la eliminación de 3 transportes innecesarios (lo cual implica un nuevo ensamble para la línea de producción en 3 áreas), el ajuste del ritmo de producción a la demanda, la redistribución del personal según las necesidades de trabajo en cada área y la eliminación de los almacenes provisionales de materia prima y producto terminados, lo cual permitió ordenar el flujo de ingreso y salida de los materiales y la información.
3. A través de la eliminación de los transportes innecesarios, la redistribución y capacitación del personal de acuerdo a las necesidades en la línea de producción, la eliminación de los almacenes provisionales de materia prima y de producto terminado, y el ajuste del ritmo de producción a la demanda se logra: reducir el tiempo de ciclo total de 30,07 minutos a 24,12 minutos y en consecuencia incrementar la productividad del proceso, respecto de la mano de obra y tiempo utilizados, en 0,5 pallet por hora.

RECOMENDACIONES

1. La perspectiva BPM y la ingeniería de métodos combinada es una buena estrategia para el rediseño de procesos. Esta estrategia es recomendable generalizarla a otras líneas de producción de la empresa tomada como caso de estudio para demostrar la fiabilidad de los resultados obtenidos en este estudio.
2. Los resultados obtenidos da pie para recomendar el inicio de otras investigaciones en las que se pueda aplicar la perspectiva BPM y la ingeniería de métodos en otro tipo de empresas, con la finalidad de demostrar su aplicabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEX. 2016. Exportadores de mango fresco apuntan ahora a la industrialización. <<http://industriadelperu.blogspot.com/2009/08/exportadores-de-mango-fresco-apuntan.html>> (revisado el 18 de setiembre de 2017).
- Agrobanco. 2015. Cultivo del mango. <http://www.agrobanco.com.pe/cultivo_del_mango.pdf> (revisado el 3 de setiembre de 2017).
- Beaulieu, Liz. 2010. Be lean, not mean. HME News Vol.16:19. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=2113523011&sid=9&Fmt=3&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 7 de octubre de 2010).
- Chase, Richard B. y F. Robert, Jacobs, et all. 2012. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. México: McGraw-Hill.
- CODEX. 2015. Norma del CODEX para el mango: CODEX STAN 184-1993. <http://www.fao.org/ag/agn/fv/files/1093_MANGOSP.PDF> (Revisado el 28 de febrero de 2017).
- Cuatrecasas, Luis. 2013. Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático. España: Profit editorial.
- Cudney, Elizabeth. 2010. Implementing lean manufacturing. Dearborn Vol. 144: 83,7. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=2003006831&sid=7&Fmt=4&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 8 de noviembre de 2017).
- Díaz de Basurto, Paolo y Patxi Ruiz de Arbulo. 2013. El value stream mapping: una herramienta básica para hacer progresos hacia la producción ajustada. <http://io.us.es/cio2013/comunicaciones/Art_042.pdf> (revisado el 13 de octubre de 2017).
- Galán, V. 2009. El cultivo de mango. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Hines, Peter. 2008. Implementing lean new product development. Norcross 1462, 6. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1853092481&sid=4&Fmt=3&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 8 de noviembre de 2017).
- JCM Consulting Technologies. 2009. Agriculture and Lean Manufacturing. <http://jcmcontech.com/services_agriculture.html> (revisado el 6 de noviembre de 2017).
- Kanawaty, G. 2016. Introducción al estudio del trabajo. México: Limusa
- Lariviere, Peter. 2010. Looking inwards, going lean. Assembly Vol. 53: 29,3. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=2014967911&sid=7&Fmt=3&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 8 de noviembre de 2017).

- Lieffering, G. 2016. El mercado europeo de mango peruano bajo el sello Fairtrade y orgánica. <http://cordaid.peers.me/api/publications/w+v5sCq11PF0rcB/attachments/Mercado_EU_de_mango_Peruana_FT_y_Organico.pdf> (Revisado el 2 de mayo de 2017).
- Meyers, F. 2014. Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. México: Pearson Education.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Panizo, D. 2014. Perfil de mercado del mango. <<http://www.prompex.gob.pe/Miercoles/Portal/MME/descargar.aspx?archivo=CCF5075F-376A-4070-ACA1-FF27BB9171A4.PDF>> (Revisado el 3 de mayo de 2017).
- Pantastico, B. 2011. Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. México: Compañía editorial continental.
- PROMPERU. 2016. Reporte comercial de mango orgánico del Perú. <<http://www.prompex.gob.pe/Prompex/Documents/e77ef2d2-a3d0-4ded-8e83-4087f2ffbb3d.pdf>> (Revisado el 4 de mayo de 2017).
- Texas Tech University. Departamento de ingeniería industrial. 2014. Un marco para la aplicación de las técnicas Lean en procesos industriales. Departamento de ingeniería industrial. Lubbock: Departamento de ingeniería industrial.
- Piraquive, F. N. (Julio-Diciembre de 2008). ¿Qué es BPM y cómo se articula con el crecimiento empresarial? Gestión de procesos de negocio BPM (Business Process Management), TICs y crecimiento empresarial, 7(15), 151-176.
- Rojas, Carlos. 2012. Diseño y control de producción I. Perú: Editorial Libertad.
- Ruiz, J. (2013). Factores críticos de éxito y competencias profesionales necesarias para la implantación de una estrategia de gestión por procesos.
- Villaseñor, Alberto. 2015. Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica. México: Limusa.
- Villaseñor, Alberto. Y Edbler, Galindo. 2015. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. México: Limusa.
- Weber, Austin. 2013. How to improve your line in '09. Assembly Vol. 52: 44,6. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1667039221&sid=3&Fmt=3&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 4 de octubre de 2017).
- Woehrle, S. L. and L. Abou-Shady. 2014. Using Dynamic Value Stream Mapping and Lean Accounting Box Scores to support Lean Implementation. American Journal of Business Education Vol.3:67. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=2125342281&sid=9&Fmt=4&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 18 de octubre de 2017).

ANEXOS

Anexo N° 1: Ingreso de mango, consumo en línea, descarte, y producción

Fecha	Proveedor	lote	Ingreso (Kg.)	Consumo (Kg.)	Descarte (Kg.)			Cajas producidas
					Selección	Empaque	Total	
12/09/2017	Mochica	1	9106	8476	452	178	630	4520
		2	11033	10100	620	313	933	
14/09/2017	Mochica	1	13070	11957	615	498	1113	4245
		2	6414	5454	490	470	960	
16/09/2017	Gandules	1	1360	1182	100	78	178	7304
	Mochica	1	7601	6674	537	390	927	
		2	11202	10729	274	199	473	
		3	13849	11327	1524	998	2522	
19/09/2017	Gandules	1	5180	4766	290	124	414	21100
		2	3202	2822	250	130	380	
		3	3831	3280	312	239	551	
		4	4425	3942	300	183	483	
		5	3948	3543	225	180	405	
		6	3874	3361	280	233	513	
		7	4560	3996	354	210	564	
		8	4410	3837	360	213	573	
		9	2416	2132	139	145	284	
		10	2816	2411	256	149	405	
		11	8991	7817	664	510	1174	
	Mochica	1	12840	11923	504	413	917	
		2	11852	10664	784	404	1188	
		3	12439	10255	1340	844	2184	
		4	14009	12297	1062	650	1712	
		5	13758	12498	766	494	1260	
22/09/2017	Gandules	1	4456	3634	420	402	822	22832
		2	4603	4101	252	250	502	
		3	4619	3642	521	456	977	
		4	4681	3250	1085	346	1431	
	Mochica	1	13218	11456	1018	744	1762	
		2	13142	10373	1881	888	2769	
		3	12416	8936	2606	874	3480	
		4	8302	6852	924	520	1444	
		5	8850	7421	728	631	1359	
		6	6986	6104	217	647	864	
23/09/2017	Gandules	1	4693	4318	250	125	375	12474
		2	2838	2232	230	376	606	
	Mochica	1	13531	11649	1055	827	1882	
		2	12969	11092	1153	724	1877	
	Pafru	1	7070	4644	2244	182	2426	
		2	6291	4789	894	608	1502	
		3	5997	4890	520	587	1107	
		4	5220	3999	754	467	1221	
		5	7168	5811	636	721	1357	
		6	5710	4515	666	529	1195	
		7	6898	5000	869	1029	1898	
		8	6712	5460	682	570	1252	
26/09/2017	Gandules	1	4590	3944	547	99	646	22915
		2	4473	3611	503	359	862	
		3	4400	3297	762	341	1103	
		4	4282	2988	553	741	1294	
		5	5628	3701	985	942	1927	
	Mochica	1	13770	12177	1167	426	1593	
		2	13600	11437	1316	847	2163	
		3	12420	9655	1826	939	2765	
		4	13644	10637	1899	1108	3007	
		5	7759	6199	1257	303	1560	
	Pafru	1	7030	6177	573	280	853	
		2	7089	6147	592	350	942	
		3	2989	2611	188	190	378	
		4	3940	3248	441	251	692	
		5	9080	7352	1270	458	1728	
		6	7352	6245	784	323	1107	
		7	3530	2505	519	486	1005	

Anexo N° 2: Estudio de tiempos

Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 12/09/2017

Departamento											Estudio número:
Operación: Estudio de métodos núm.:											Hoja número: 1 de 7
Instalación/máquina: Número:											Término:
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Comienzo:
Producto/pieza: Número:											Tiempo transcurrido:
Plano número:											Operario:
Material:											Ficha número:
Calidad:											Observado por:
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											Fecha: 12/09/2017
Comprobado :											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	100	75	100	100	100	100	50	100	100	100
	C.	8,10"	13,40"	8,03"	6,52"	7,21"	5,83"	22,29"	8,13"	9,18"	7,10"
	T.B.	0,14'	0,17'	0,13'	0,11'	0,12'	0,1'	0,19'	0,14'	0,15'	0,12'
Transporte	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	12,30"	11,10"	10,69"	11,88"	10,04"	11,68"	11,37"	10,10"	12,10"	11,9"
	T.B.	0,21'	0,19'	0,18'	0,2'	0,17'	0,19'	0,19'	0,17'	0,2'	0,2'
Secado	V.	100	100	50	50	100	50	75	50	50	50
	C.	24,01"	22,25"	48,02"	39,66"	29,15"	49,84"	26,79"	42,13"	40,10"	47,12"
	T.B.	0,4'	0,37'	0,4'	0,33'	0,49'	0,42'	0,33'	0,35'	0,33'	0,39'
Selección	V.	75	50	100	75	100	100	75	100	100	100
	C.	32,51"	32,95"	21,41"	28,21"	24,16"	19,65"	27,59"	28,14"	26,13"	25,10"
	T.B.	0,41	0,27	0,36	0,35	0,4	0,33	0,34	0,47	0,44	0,42
T.F.	V.	75'	75'	75'	75'	75'	75'	75'	75'	75'	75'
	C.	3'39,88"	3'32,56"	3'34,85"	3'39,18"	3'35,77"	3'40,66"	3'46,73"	3'29,18"	3'35,28"	3'32,15"
	T.B.	2,7485	2,66	2,685625	2,73975	2,697125	2,76	2,834125	2,61475	2,691	2,651875
Transporte	V.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	C.	49,89"	45,34"	42,71"	43,29"	41,36"	42,29"	45,32"	43,28"	42,11"	41,18"
	T.B.	0,42'	0,38'	0,36'	0,36'	0,34'	0,35'	0,38'	0,36'	0,35'	0,34'
Secado	V.	100	100	50	100	75	100	50	50	50	50
	C.	27,34"	28,67"	58,32"	22,18"	37,46"	27,34"	56,27"	41,62"	45,48"	40,60"
	T.B.	0,46'	0,48'	0,49'	0,37'	0,47'	0,46'	0,47'	0,35'	0,38'	0,34'
Encerado	V.	75	100	50	75	75	50	75	75	75	75
	C.	33,92"	28,08"	52,07"	33,39"	32,19"	43,75"	33,50"	34,99"	35"	32,65"
	T.B.	0,42'	0,47'	0,43'	0,42'	0,4'	0,36'	0,42'	0,44'	0,44'	0,41'
Secado	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	22,23"	21,70"	21,00"	23,29"	23,02"	23,22"	23,87"	22,55"	23,50"	23"
	T.B.	0,37'	0,36'	0,35'	0,39'	0,38'	0,39'	0,4'	0,38'	0,39'	0,38'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico											

Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 14/09/2017

Departamento	Estudio número:										
Operación: Estudio de métodos núm.:	Hoja número: 2 de 7										
Instalación/máquina: Número:	Término:										
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Comienzo:
Producto/pieza: Número:											Tiempo transcurrido:
Plano número:											Operario:
Material:											Ficha número:
Calidad:											Observado por:
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											Fecha: 14/09/2017
Comprobado :											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	17,56"	7,13"	5,98"	7,39"	7,24"	9,03"	10,66"	7,21"	9"	8"31
	T.B.	0,22'	0,12'	0,10'	0,12'	0,12'	0,15'	0,18'	0,12'	0,15'	0,14'
Transporte	V.	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	33,28"	10,10"	11,20"	10,46"	10,85"	8,34"	10,21"	10,53"	11,45"	12,43"
	T.B.	0,42'	0,17'	0,19'	0,17'	0,18'	0,14'	0,17'	0,18'	0,19'	0,21'
Secado	V.	75	75	75	100	50	100	50	100	100	100
	C.	23,90"	30,88"	35,75"	17,86"	39,42"	28,90"	39,84"	19,14"	21,15"	21,12"
	T.B.	0,30'	0,39'	0,45'	0,30'	0,33'	0,48'	0,33'	0,32'	0,35'	0,35'
Selección	V.	50	50	75	100	75	100	100	75	75	75
	C.	30,64"	3'46,53"	29,43"	27,87"	28,59"	26,73"	22,93"	32,57"	30,35"	30,28"
	T.B.	0,26'	1,89'	0,37'	0,46'	0,36'	0,45'	0,38'	0,41'	0,38'	0,38'
T.F.	V.	50	100	75	75	75	50	75	75	75	75
	C.	4'14,63"	4'12,12"	3'48,38"	3'52,28"	3'56,59"	4'39"	3'57,84"	3'37,85"	3'35,55"	3'40,70"
	T.B.	2,12'	4,20'	2,85'	2,90'	2,96'	2,33'	2,97'	2,72'	2,69'	2,76'
Transporte	V.	100	40	50	50	50	100	50	50	50	50
	C.	19,71"	42,29"	40,44"	44,70"	45,54"	7,21"	41,78"	49,48"	45,38"	47,38"
	T.B.	0,33'	0,28'	0,34'	0,37'	0,38'	0,12'	0,35'	0,41'	0,38'	0,39'
Secado	V.	50	100	100	75	50	50	100	100	100	100
	C.	36,22"	21,38"	28,02"	28,66"	53,92"	1'08,10"	24,95"	19,77"	22,30"	21,65"
	T.B.	0,30'	0,36'	0,47'	0,36'	0,45'	0,57'	0,42'	0,33'	0,37'	0,36'
Encerado	V.	100	100	50	75	50	50	50	75	75	75
	C.	22,02"	22,38"	42,71"	28,35"	1'02,19"	2'41,18"	54,65"	39,72"	41,32"	38,53"
	T.B.	0,37'	0,37'	0,36'	0,35'	0,52'	1,34'	0,46'	0,50'	0,52'	0,48'
Secado	V.	100	100	75	75	100	100	100	100	100	100
	C.	18,53"	1,8"	32,87"	23,25"	18,38"	24,47"	21,19"	22,86"	22"	22,83"
	T.B.	0,31'	0,03'	0,41'	0,29'	0,31'	0,41'	0,35'	0,38'	0,37'	0,38'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico											

Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 16/09/2017

Departamento											Estudio número:
Operación: Estudio de métodos núm.:											Hoja número: 3 de 7
Instalación/máquina: Número:											Término:
											Comienzo:
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Tiempo transcurrido:
Producto/pieza: Número:											Operario:
											Ficha número:
Plano número:											Observado por:
Material:											Fecha: 16/09/2017
Calidad:											Comprobado :
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	100	75	75	100	75	75	75	75	100	100
	C.	12,83"	7,33"	7,43"	11,17"	10,83"	6,88"	13,24"	9,10"	10,41"	7,37"
	T.B.	0,21'	0,09'	0,09'	0,19'	0,14'	0,09'	0,17'	0,11'	0,17'	0,12'
Transporte	V.	100	75	75	100	75	75	75	75	100	100
	C.	10,43"	11,53"	10,85"	11,59"	11,89"	9,92"	12,10"	10,76"	10,50"	11,20"
	T.B.	0,17'	0,14'	0,14'	0,19'	0,15'	0,12'	0,15'	0,13'	0,18'	0,19'
Secado	V.	100	75	75	100	75	75	75	75	75	75
	C.	32,20"	43"	28,62"	1'03,58"	27,96"	18,20"	19,42"	24,69"	30,64"	32,90"
	T.B.	0,54'	0,54'	0,36'	1,06'	0,35'	0,23'	0,24'	0,31'	0,38'	0,41'
Selección	V.	75	75	75	75	50	75	75	75	75	100
	C.	27,21"	21,22"	26,45"	28,41"	32,59"	27,47"	28,44"	24,83"	25,35"	28,60"
	T.B.	0,34'	0,27'	0,33'	0,36'	0,27'	0,34'	0,36'	0,31'	0,32'	0,48'
T.F.	V.	50	75	75	100	75	75	75	75	75	50
	C.	4'15,62"	3'35,76"	3'42,08"	3'51,24"	3'40,68"	3'56,40"	3'51,11"	3'50"	3'37"	4'39,30"
	T.B.	2,13'	2,70'	2,78'	3,85'	2,76'	2,96'	2,89'	2,88'	2,71'	2,33'
Transporte	V.	50	50	50	100	50	50	50	50	50	50
	C.	41,60"	1'01,44"	50,83"	43,23"	49,16"	47,79"	48,03"	47"	51,31"	1'03,79"
	T.B.	0,35'	0,51'	0,42'	0,72'	0,41'	0,40'	0,40'	0,39'	0,43'	0,53'
Secado	V.	75	100	50	100	100	75	100	100	100	50
	C.	25,82"	24,30"	31,62"	50,33"	22,33"	27,82"	26,78"	20"	28,20"	39,64"
	T.B.	0,32'	0,41'	0,26'	0,84'	0,37'	0,35'	0,45'	0,33'	0,47'	0,33'
Encerado	V.	100	50	50	100	100	50	50	75	100	100
	C.	37,11"	49,96"	1'08,64"	46,23"	26,03"	46,25"	45,79"	33,86"	22,63"	22,78"
	T.B.	0,62'	0,42'	0,57'	0,77'	0,43'	0,39'	0,38'	0,42'	0,38'	0,38'
Secado	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	20,60"	22,69"	22,18"	21,75"	20,62"	21,89"	23,03"	22,60"	20,83"	2,52"
	T.B.	0,34'	0,38'	0,37'	0,36'	0,34'	0,36'	0,38'	0,38'	0,35'	0,04'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico											

Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 19/09/2017

Departamento	Estudio número:										
Operación: Estudio de métodos núm.:	Hoja número: 4 de 7										
Instalación/máquina: Número:	Término:										
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Comienzo:
Producto/pieza: Número:											Tiempo transcurrido:
Plano número:											Operario:
Material:											Ficha número:
Calidad:											Observado por:
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											Fecha: 19/09/2017
Comprobado :											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	100	75	100	75	100	75	50	100	50	50
	C.	15,74"	9,63"	24,67"	8,73"	9,38"	13,90"	13,98"	9,03"	12,55"	11,45"
	T.B.	0,26'	0,12'	0,41'	0,11'	0,16'	0,17'	0,12'	0,15'	0,10'	0,10'
Transporte	V.	100	75	100	75	100	75	50	100	50	50
	C.	10,70"	10,51"	11,20"	11,98"	10,41"	11,63"	10,98"	10,71"	12,29"	10,30"
	T.B.	0,18'	0,13'	0,19'	0,15'	0,17'	0,15'	0,09'	0,18'	0,10'	0,09'
Secado	V.	100	75	100	75	100	75	50	100	50	50
	C.	51,58"	31,33"	36,04"	22,92"	37,05"	26,73"	25,40"	58,31"	1'00,08"	1'08"
	T.B.	0,86'	0,39'	0,60'	0,29'	0,62'	0,33'	0,21'	0,97'	0,50'	0,57'
Selección	V.	75	75	75	75	75	50	50	75	75	75
	C.	29,96"	27,65"	29,43"	29,07"	24,97"	26,99"	31,43"	29,99"	26,79"	25,89"
	T.B.	0,37'	0,35'	0,37'	0,36'	0,31'	0,22'	0,26'	0,37'	0,33'	0,32'
T.F.	V.	100	100	100	100	100	100	75	100	100	100
	C.	3'16,20"	2'24,75"	2'48,52"	2'31,06"	2'47,46"	2'49,53"	3'27,53"	4'01,98"	4'24,86"	4'22,76"
	T.B.	3,27'	2,41'	2,81'	2,52'	2,79'	2,83'	2,59'	4,03'	4,41'	4,38'
Transporte	V.	100	100	100	100	100	75	100	100	100	100
	C.	44,08"	20,76"	31,16"	42,27"	36,28"	1'07,65"	46,62"	6,29"	5,39"	49,98"
	T.B.	0,73'	0,35'	0,52'	0,70'	0,60'	0,85'	0,78'	0,10'	0,09'	0,83'
Secado	V.	100	100	100	100	100	75	100	100	100	100
	C.	43,04"	41,27"	23,39"	23,37"	35,88"	27,81"	25,80"	57,72"	55,32"	17,50"
	T.B.	0,72'	0,69'	0,39'	0,39'	0,60'	0,35'	0,43'	0,96'	0,92'	0,29'
Encerado	V.	100	100	100	100	100	100	75	100	100	100
	C.	57,60"	21,79"	54,53"	36,31"	34,69"	35,91"	34,29"	44,90"	28,67"	27,77"
	T.B.	0,96'	0,36'	0,91'	0,61'	0,58'	0,60'	0,43'	0,75'	0,48'	0,46'
Secado	V.	100	100	100	100	100	100	75	100	100	100
	C.	21,02"	10,02"	22,11"	23,14"	21,45"	23,22"	21,79"	23,28"	22,98"	22,88"
	T.B.	0,35'	0,17'	0,37'	0,39'	0,36'	0,39'	0,27'	0,39'	0,38'	0,38'
Transporte	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75
	C.	7,92"	12,79"	12,21"	9,27"	13,43"	8,60"	9,43"	13,22"	20,94"	21,84"
	T.B.	0,13'	0,21'	0,20'	0,15'	0,22'	0,14'	0,16	0,22'	0,26'	0,27'
Calibrado	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	32,04"	34,02"	32,86"	35,06"	31,94"	44,64"	34,53"	35,36"	31,83"	32"
	T.B.	0,53'	0,57'	0,55'	0,58'	0,53'	0,74'	0,58'	0,59'	0,53'	0,53'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico											

Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 22/09/2017

Departamento	Estudio número:										
Operación: Estudio de métodos núm.:	Hoja número: 5 de 7										
Instalación/máquina: Número:	Término:										
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Comienzo:
Producto/pieza: Número:											Tiempo transcurrido:
Plano número:											Operario:
Material:											Ficha número:
Calidad:											Observado por:
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											Fecha: 22/09/2017
Comprobado :											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	50	50	50	75	50	50	75	75	75	75
	C.	20,63"	10,75"	10,44"	10,35"	10,20"	9,74"	23,17"	8,87"	9,10"	9,77"
	T.B.	0,17'	0,09'	0,09'	0,13'	0,09'	0,08'	0,29'	0,11'	0,11'	0,12'
Transporte	V.	50	50	50	75	50	50	75	75	75	75
	C.	10,60"	10,79"	11,62"	10,63"	10,43"	9,44"	38,96"	11,24"	11,20"	11,26"
	T.B.	0,09'	0,09'	0,10'	0,13'	0,09'	0,08'	0,49'	0,14'	0,14'	0,14'
Secado	V.	50	50	50	75	50	75	75	75	75	75
	C.	21,17"	29,95"	31,14"	49,36"	50,29"	28,83"	28,92"	59,06"	58,08"	40,15"
	T.B.	0,18'	0,25'	0,26'	0,62'	0,42'	0,36'	0,36'	0,74'	0,73'	0,50'
Selección	V.	75	75	50	50	50	0	50	100	100	100
	C.	29,05"	27,13"	29,72"	27,51"	31,70"	14'58,33"	2'60,56"	25,33"	25,36"	26,30"
	T.B.	0,36'	0,34'	0,25'	0,23'	0,26'	0,00'	1,50'	0,42'	0,42'	0,44'
T.F.	V.	100	100	75	100	50	75	100	100	100	100
	C.	3'48,63"	3'43,76"	3'52,23"	3'49,86"	3'49,93"	4'16,26"	3'37,44"	2'20,89"	3'55"	3'58"
	T.B.	3,81'	3,73'	2,92'	3,83'	1,92'	3,20'	3,62'	2,35'	3,92'	3,97'
Transporte	V.	100	100	75	50	75	100	100	100	100	50
	C.	55,33"	50,76"	49,08"	49,66"	9,62"	28,84"	26,22"	25,12"	24,23"	37,30"
	T.B.	0,92'	0,85'	0,61'	0,41'	0,12'	0,48'	0,44'	0,42'	0,40'	0,31'
Secado	V.	100	100	75	50	75	100	100	100	100	50
	C.	1'20,67"	45,04"	32,41"	1'23,90"	18,41"	37,44"	42,64"	40,50"	40"	46,30"
	T.B.	1,34'	0,75'	0,41'	0,70'	0,23'	0,62'	0,71'	0,68'	0,67'	0,39'
Encerado	V.	75	100	100	50	75	100	100	75	75	75
	C.	37,68"	28,08"	43,66"	1'05,95"	48,76"	35,56"	57,95"	56,17"	48,10"	52,18"
	T.B.	0,47'	0,47'	0,73'	0,55'	0,61'	0,44'	0,97'	0,70'	0,60'	0,65'
Secado	V.	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	23,53"	25,32"	22,42"	22,47	21,90"	20,75"	21,84"	21,85"	21,40"	22"
	T.B.	0,29'	0,42'	0,37'	0,37'	0,37'	0,35'	0,36'	0,36'	0,36'	0,37'
Transporte	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	11,11"	11,30"	11,76"	11,95"	11,53"	13,62"	12,84"	13,62"	12,56"	12,52"
	T.B.	0,19'	0,19'	0,20'	0,20'	0,19'	0,23'	0,21'	0,23'	0,21'	0,21'
Calibrado	V.	50	50	75	100	100	100	100	100	100	100
	C.	40,83"	48"	54,49"	36,65"	38,15"	28,34	27,33"	16,74"	18,65"	15,84"
	T.B.	0,34'	0,40'	0,68'	0,61'	0,64'	0,47'	0,46'	0,28'	0,31'	0,26'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico											

Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 23/09/2017

Departamento											Estudio número:
Operación: Estudio de métodos núm.:											Hoja número: 6 de 7
Instalación/máquina: Número:											Término:
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Comienzo:
Producto/pieza: Número:											Tiempo transcurrido:
											Operario:
											Ficha número:
Plano número:											Observado por:
Material:											Fecha: 23/09/2017
Calidad:											Comprobado:
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	50	100	75	75	50					
	C.	12,16"	7,05"	14,49"	13,72"	38,79"					
	T.B.	0,10'	0,12'	0,18'	0,17'	0,32'					
Transporte	V.	50	100	75	75	50					
	C.	10,89"	11,83"	6,15"	11,55"	11,86"					
	T.B.	0,09'	0,20'	0,08'	0,14'	0,10'					
Secado	V.	50	100	75	75	50					
	C.	44,27"	43,36"	39,51"	49,65"	1'33,17"					
	T.B.	0,37'	0,72'	0,49'	0,62'	0,78'					
Selección	V.	50	100	75	75	50					
	C.	25,88"	30,23"	26,96"	20,94"	24,69"					
	T.B.	0,22'	0,50'	0,34'	0,26'	0,21'					
T.F.	V.	50	100	75	100	50					
	C.	4'13,03"	4'00,03"	3'47,84"	3'39,30"	3'40,36"					
	T.B.	2,11'	4,00'	2,85'	3,66'	1,84'					
Transporte	V.	50	75	50	50	75					
	C.	46,49"	33,25"	55,60"	1'57,09"	57,05"					
	T.B.	0,46'	0,42'	0,46'	0,98'	0,71'					
Secado	V.	75	75	50	50	75					
	C.	45,74"	34,47"	1'51,30"	1'27,90"	37,01"					
	T.B.	0,57'	0,43'	0,93'	0,73'	0,46'					
Encerado	V.	75	100	75	50	75					
	C.	1'09,85"	28,92"	35,37"	26,51"	10,62"					
	T.B.	0,87'	0,48'	0,44'	0,22'	0,13'					
Secado	V.	75	100	75	75	75					
	C.	25,16"	23,16"	12,74"	14,55"	22,62"					
	T.B.	0,31'	0,39'	0,16'	0,18'	0,28'					
Transporte	V.	75	100	75	75	75					
	C.	9,58"	15,31"	33,22"	26,46"	10,62"					
	T.B.	0,12'	0,26'	0,42'	0,33'	0,13'					
Calibrado	V.	75	75	75	50	100					
	C.	24,45"	29,82"	12,74"	50,39"	35,84"					
	T.B.	0,31'	0,37'	0,16'	0,42'	0,60'					
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico											

Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 26/09/2017

Departamento											Estudio número:
Operación: Estudio de métodos núm.:											Hoja número: 7 de 7
Instalación/máquina: Número:											Término:
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Comienzo:
Producto/pieza: Número:											Tiempo transcurrido:
											Operario:
											Ficha número:
Plano número:											Observado por:
Material:											Fecha: 26/09/2017
Calidad:											Comprobado :
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	75	75	75	75	100	75	75	75	75	75
	C.	17,38"	14,69"	38,01"	10,37"	10,27"	10,53"	11"	9,78"	10,53"	10,33"
	T.B.	0,22'	0,18'	0,48'	0,13'	0,17'	0,13'	0,14'	0,12'	0,13'	0,13'
Transporte	V.	75	75	75	75	100	75	75	75	75	75
	C.	10"	11,99"	10,95"	10,67"	11,30"	11,65"	12,25"	12,10"	12"	11,45"
	T.B.	0,13'	0,15'	0,14'	0,13'	0,19'	0,15'	0,15'	0,15'	0,15'	0,14'
Secado	V.	75	75	75	75	100	75	75	75	75	75
	C.	42,21"	27,86"	25,11"	1'05,50"	43,45"	24,71"	22"	25,11"	25"	23,65"
	T.B.	0,53"	0,35"	0,31"	0,82"	0,72"	0,31"	0,28"	0,31"	0,31"	0,30"
Selección	V.	75	75	75	75	100	75	75	75	75	75
	C.	26,22"	26,48"	26,38"	35,64"	26"	28,22"	26,15"	26,23"	29"	27,33"
	T.B.	0,33'	0,33'	0,33'	0,45'	0,43'	0,35'	0,33'	0,33'	0,36'	0,34'
T.F.	V.	50	75	50	75	75	75	75	75	75	75
	C.	4'02,92"	3'552,89"	4'08,72"	3'35,36"	3'30"	3'29,40"	3'35"	3'45"	3'30,48"	4'09"
	T.B.	2,02'	2,95'	2,07'	2,69'	2,63'	2,62'	2,69'	2,81'	2,63'	3,11'
Transporte	V.	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	C.	57,05"	47,39"	45,06"	50,75"	1'26,65"	45,16"	46,10"	43,65"	45,16"	55,10"
	T.B.	0,71'	0,59'	0,56'	0,63'	1,08'	0,56'	0,58'	0,55'	0,56'	0,69'
Secado	V.	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	C.	37,01"	29,91"	32,11"	31,72"	30,33"	33,91"	34"	32,51"	34"	32,81"
	T.B.	0,46'	0,37'	0,40'	0,40'	0,38'	0,42'	0,43'	0,41'	0,43'	0,41'
Encerado	V.	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	C.	35,55"	33,57"	34,53"	25,31"	1'22,35"	32,11"	31,10"	30,55"	31,51"	33"
	T.B.	0,44'	0,42'	0,43'	0,32'	1,03'	0,40'	0,39'	0,38'	0,39'	0,41'
Secado	V.	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	C.	23,05"	21,54"	22,48"	25,72"	39,64"	22,40"	21,30"	21,45"	21,45"	21,45"
	T.B.	0,29'	0,27'	0,28'	0,32'	0,50'	0,28'	0,27'	0,27'	0,27'	0,27'
Transporte	V.	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100
	C.	11,62"	11,89"	11,60	13,45"	10,75"	11,09"	11,09"	12,20"	10,35"	11,59"
	T.B.	0,15'	0,15'	0,15'	0,17'	0,13'	0,18'	0,18'	0,20'	0,17'	0,19'
Calibrado	V.	75	75	75	75	75	50	50	50	50	50
	C.	32,89"	35,62"	33,86"	31,75"	32,63"	36,31"	34,25"	35,85"	36"	35,41"
	T.B.	0,41'	0,45'	0,42'	0,40'	0,41'	0,30'	0,29'	0,30'	0,30'	0,30'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico											