



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
VIDRIO DE SEGURIDAD TEMPLADO PARA REPOSICIÓN
AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA METODOLOGÍA LEAN
MANUFACTURING EN LA EMPRESA FVTEMPERLITE.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA INDUSTRIAL

AUTORA:

JHOANA LIZETH ASQUI LLANGARI

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
VIDRIO DE SEGURIDAD TEMPLADO PARA REPOSICIÓN
AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA METODOLOGÍA LEAN
MANUFACTURING EN LA EMPRESA FVTEMPERLITE.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA INDUSTRIAL

AUTORA: JHOANA LIZETH ASQUI LLANGARI

DIRECTOR: ING. JAIME IVÁN ACOSTA VELARDE

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Jhoana Lizeth Asqui Llangari**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jhoana Lizeth Asqui Llangari, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de mayo del 2024



Jhoana Lizeth Asqui Llangari

060458971-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE VIDRIO DE SEGURIDAD TEMPLADO PARA REPOSICIÓN AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA FVTEMPERLITE.”**, realizado por la señorita: **JHOANA LIZETH ASQUI LLANGARI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

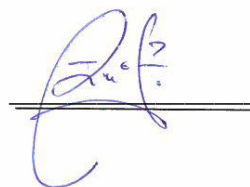
FECHA

Ing. Carlos José Santillán Mariño, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



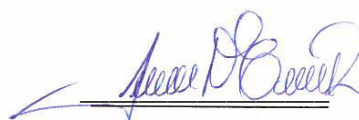
2024-06-05

Ing. Jaime Iván Acosta Velarde, Mgs.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-06-05

Ing. Juan Diego Erazo Rodríguez, Mgs.
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-06-05

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación dedico a Dios por haberme dado la fortaleza y sabiduría para guiar mi camino, a mis padres Alonso y Sandra quienes se convirtieron en mi fuente de inspiración a través de su amor, paciencia, sacrificio y apoyo incondicional. Su presencia fue vital en esta etapa tan importante de mi vida y de cada paso que he dado. También dedico este trabajo a mi hermana Shirley quien ha estado a mi lado motivándome a conseguir este importante logro.

Jhoana

AGRADECIMIENTO

Expreso mis más sinceros agradecimientos a mis padres por ser mi mayor soporte e impulso en esta etapa profesional, por inculcarme valores de perseverancia y dedicación. Su apoyo ha sido la fuerza impulsora detrás de mi éxito, a mi familia quienes me han brindado su apoyo y alentado a superar obstáculos para seguir adelante. A mis amigos, y compañeros de estudio que han compartido conmigo esta etapa académica con sus discusiones, intercambio de ideas y colaboración, han enriquecido mi experiencia y contribuido a mi crecimiento personal y profesional. También quiero agradecer a mis profesores, quienes me han guiado y compartido sus conocimientos con generosidad, sus enseñanzas han sido fundamentales en mi formación académica.

Jhoana

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Marco referencial.....	5
2.2 Estandarización de procesos	6
2.3 Productividad.....	7
2.3.1 <i>Tipos de productividad</i>	8
2.3.2 <i>Indicadores de productividad</i>	8
2.3.2.1 <i>Eficiencia</i>	8
2.3.2.2 <i>Eficacia</i>	9
2.4 Takt time	9

2.5	Tamaño de muestra	9
2.6	Tiempo ciclo	10
2.7	Tiempo normal.....	10
2.8	Tiempo estándar	11
2.9	Método de calificación de Westinghouse	11
2.10	Las 6M.....	13
2.11	Hoja de trabajo estandarizada.....	14
2.11.1	<i>Diagrama de Análisis</i>	14
2.11.2	<i>Diagrama de recorrido</i>	15
2.12	Prueba T de Student	16
2.13	Simulación de eventos discretos	16
2.14	Lean Manufacturing.....	17
2.14.1	<i>Definición de lean Manufacturing</i>	17
2.14.2	<i>Ventajas de Lean Manufacturing</i>	18
2.14.3	<i>Herramientas de Lean Manufacturing</i>	18
2.14.3.1	<i>Mapeo de flujo de valor (VSM)</i>	18

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	20
3.1	Tipo de proyecto.....	20
3.2	Tipo de la investigación	20
3.2.1	<i>Investigación Bibliográfico – Documental</i>	20
3.2.2	<i>Investigación descriptiva</i>	20
3.2.3	<i>Investigación de campo</i>	20
3.3	Metodología	20
3.4	Técnicas de recolección de datos.....	21
3.4.1	<i>Observación</i>	21
3.4.2	<i>Cronometraje</i>	21

3.5	Descripción del proceso de fabricación de vidrio templado.....	21
3.6	Análisis de datos.....	24
3.7	Diagrama de análisis del proceso actual.....	25
3.8	Cálculo del Índice de valor agregado (IVA).....	26
3.9	Diagrama de recorrido del proceso actual	26
3.10	Determinación de la productividad actual	28
3.10.1	<i>Cálculo de productividad de mano de obra</i>	28
3.10.2	<i>Cálculo de productividad de maquinaria.....</i>	29
3.11	Determinación de indicadores de productividad	29
3.11.1	<i>Eficacia actual</i>	29
3.11.2	<i>Eficiencia actual</i>	29
3.12	Cálculo de Takt time.....	30
3.13	Determinación del tiempo normal	31
3.14	VSM actual.....	33
3.15	Propuesta de mejora	34

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
4.1	Determinación de distribución de los datos	35
4.2	Estandarización del proceso de producción.....	35
4.2.1	<i>Cálculo del tamaño de la muestra</i>	35
4.2.2	<i>Selección de las muestras.....</i>	36
4.2.3	<i>Carta de control</i>	37
4.2.4	<i>Diagrama de análisis mejorado</i>	38
4.2.5	<i>Diagrama de recorrido mejorado.....</i>	40
4.3	Análisis del tiempo estándar	42
4.3.1	<i>Tiempo normal.....</i>	42
4.3.2	<i>Valoración de suplementos</i>	42

4.3.3	<i>Cálculo del tiempo estándar</i>	43
4.4	Cálculo de productividad mejorada	44
4.5	Cálculo de indicadores de productividad mejorada	44
4.5.1	<i>Eficiencia mejorada</i>	44
4.5.2	<i>Eficacia mejorada</i>	44
4.6	Comparación estadística de resultados	45
4.7	VSM mejorado	48
4.8	Simulación en Flexsim	50

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1	Conclusiones	53
5.2	Recomendaciones	54

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Valoración de habilidad	12
Tabla 2-2: Valoración de esfuerzo	12
Tabla 2-3: Valoración de condiciones	13
Tabla 2-4: Valoración de consistencia.....	13
Tabla 3-1: Unidades producidas por día.....	24
Tabla 3-2: Diagrama de análisis del proceso de vidrio templado actual	25
Tabla 3-3: Resumen diagrama de análisis	26
Tabla 3-4: Datos para el cálculo de la productividad actual	28
Tabla 3-5: Hoja de observación del tiempo de producción.....	32
Tabla 3-6: Propuesta de mejora.....	34
Tabla 4-1: Diagrama de análisis del proceso mejorado	39
Tabla 4-2: Resumen de análisis de operaciones	39
Tabla 4-3: Cálculo de suplementos	42
Tabla 4-4: Cálculo del tiempo estándar.....	43
Tabla 4-5: Producción de unidades de vidrio	51
Tabla 4-6: Utilización de máquinas.....	51
Tabla 4-7: Ingreso diario	52
Tabla 4-8: Ingreso a largo plazo	52
Tabla 4-9: Tabla de productividad	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Productividad	7
Ilustración 2-2: Diagrama de análisis del proceso	15
Ilustración 2-3: Diagrama de recorrido	16
Ilustración 2-4: Simulación con Flexsim.....	17
Ilustración 3-1: Proceso de corte de vidrio	22
Ilustración 3-2: Proceso de pulido	22
Ilustración 3-3: Proceso de lavado	23
Ilustración 3-4: Proceso de sellado.....	23
Ilustración 3-5: Proceso de templado	24
Ilustración 3-6: Diagrama de recorrido del proceso de vidrio templado actual	27
Ilustración 3-7: Takt time.....	30
Ilustración 3-8: VSM actual	33
Ilustración 4-1: Prueba de normalidad de unidades producidas por día.....	35
Ilustración 4-2: Tipo de distribución de 81 unidades.....	37
Ilustración 4-3: Carta de control de tiempo de ciclo de las 81 unidades	38
Ilustración 4-4: Diagrama de recorrido organizado	41
Ilustración 4-5: Prueba de varianzas.....	45
Ilustración 4-6: Prueba T de Student	46
Ilustración 4-7: Carta de control del proceso mejorado	47
Ilustración 4-8: Diagrama de cajas	47
Ilustración 4-9: VSM mejorado.....	49
Ilustración 4-10: Simulación de la planta de fabricación de vidrio templado	50
Ilustración 4-11: Configuración de distribución de operaciones	50

ÍNDICE DE ANEXOS

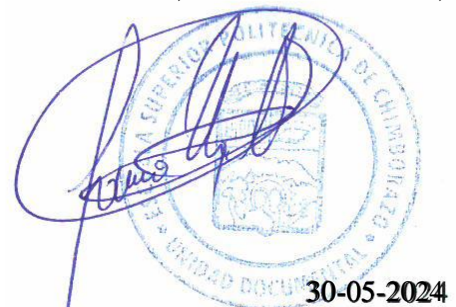
ANEXO A: MODELO DE HOJA DE OBSERVACIÓN

ANEXO B: NÚMERO DE OBSERVACIONES

RESUMEN

La empresa FVTemperlite no cuenta con tiempos definidos en cada proceso de producción y la falta de capacitación de los operarios, lo que genera pérdidas de tiempo y, por ende, la baja eficiencia en el sistema de producción, por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue realizar una estandarización del proceso de producción de vidrio de seguridad templado para reposición automotriz mediante la metodología Lean Manufacturing en la empresa FVTemperlite. La metodología implementada tuvo un enfoque analítico y deductivo para analizar las causas de tendencias entre las variables que generan la variabilidad en la producción; la población de estudio fue el número de unidades de vidrio producidos, siendo fundamental la aplicación de una investigación bibliográfica en base a revistas científicas, libros; de tipo documental a través de los datos proporcionados en la empresa, una investigación descriptiva, que detalla cada proceso de producción de vidrio y una investigación de campo para obtener los datos e información necesaria mediante los métodos, y técnicas, entre los cuales fueron la observación y el cronometraje de los tiempos de cada puesto. A través de la metodología se determinó que la empresa no posee un sistema de estandarización, los operarios no tienen la capacitación suficiente de cada proceso, además en relación a la ubicación de cada puesto de trabajo se detectó que los trabajadores recorren largas distancias con el material generando tiempos muertos y el incremento de inventarios de procesos. En este contexto se concluye la importancia de la metodología juntamente con la estadística inferencial para un mayor seguimiento y control del funcionamiento del proceso, es así como se plantea una propuesta de mejora considerando el flujo de materiales y movimientos innecesarios para minimizar el tiempo y la distancia entre las etapas del proceso que provoque el aumento de la productividad de la empresa.

Palabras clave: <ESTANDARIZACIÓN>, <PRODUCTIVIDAD>, <PRODUCCIÓN>, <EFICIENCIA>, <EFICACIA>.



30-05-2024

0586-DBRA-UPT-2024

SUMMARY / ABSTRACT

The company FVTemperlite had no defined schedules for each production process and the lack of training of operators, which generates time lost and, therefore, low efficiency in the production system, hence, the objective of this research was to standardize the production process of tempered safety glass for automotive replacement through the Lean Manufacturing methodology in the company FVTemperlite. The methodology applied had an analytical and deductive approach to analyze the tendency causes among the variables that determine the variability in production; the study population was the number of glass units manufactured, being fundamental the application of a bibliographic research based on scientific journals, books, of documentary research through the data collected in the company, a descriptive research, detailing each glass manufacturing process and a field research to obtain the necessary data and information through the methods and techniques, including observation and the time timing of each work station. By means of the methodology it was determined that the company currently does not have a standardization system, the operators do not have enough training for the different processes, in addition, in relation to the location of each workstation, it was identified that employees travel long distances with the material, generating downtime and an increase in inventories of processes.

In this context, it is concluded the relevance of the methodology in combination with the inferential statistics for a better monitoring and control of the process operation, that is how an improvement proposal is suggested considering the flow of materials and unnecessary movements to reduce the time and distance between the stages of the process that produces an increase in the production of the company.

Key words: <STANDARDIZATION>, <PRODUCTIVITY>, <PRODUCTION>, <EFFICIENCY >, < EFFICIENCY>.



Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.

C.I. 060311780-5

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la inseguridad vial se ha convertido en un problema de atención necesaria, como los accidentes automovilísticos que se han vuelto un riesgo en la seguridad de los conductores y pasajeros, por lo cual los vidrios templados al poseer mayor resistencia a impactos desempeñan un papel fundamental al proteger a los ocupantes del vehículo reduciendo la gravedad de posibles lesiones.

El aumento de la demanda de vidrios templados en el mercado automotriz, al ofrecer mayor capacidad de resistencia a fracturas e impactos, ha provocado un incremento significativo en la fabricación de vidrios de seguridad templado para reposición automotriz. FVTemperlite, una empresa especializada en la manufactura de vidrios de seguridad, específicamente en vidrio templado, destinados a la reposición automotriz, ha experimentado un notorio crecimiento en su producción para satisfacer este mercado en constante expansión. Aunque la empresa posee un proceso de producción establecido, enfrenta desafíos significativos en términos de eficiencia y tiempos de producción. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar y proponer mejoras en el proceso de producción de vidrio de seguridad templado para reposición automotriz, a través de la estandarización con la metodología Lean Manufacturing en la empresa FVTemperlite

La aplicación de la metodología Lean Manufacturing, utilizada en diversas industrias, ofrece la posibilidad de estandarizar el proceso de producción de vidrio de seguridad templado, lo que puede resultar en una mayor eficiencia de la producción y una reducción de costos operativos. Además, esta optimización tiene un impacto positivo en la satisfacción del cliente al mejorar la puntualidad en la entrega de productos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Ante el aumento en la demanda de vidrios templados en el sector automotriz, debido a su capacidad de resistir impactos y fracturas, lo cual proporciona una mayor seguridad para los ocupantes en caso de accidentes, la producción de vidrios de seguridad templados para reposición en vehículos también ha experimentado un crecimiento.

FVTemperlite es una empresa especializada en la fabricación de vidrio de seguridad, específicamente vidrio templado y laminado, destinado a la reposición automotriz. Su catálogo de productos abarca una diversa gama que incluye ventanas, ventoleras, parabrisas posteriores, vidrios confeccionados según plantilla, vidrio color negro original, así como vidrio plano y curvo, su planta se encuentra ubicada en la Panamericana Sur vía a Guayaquil s/n – Parroquia Calpi.

El vidrio templado ofrece un valor agregado al presentar una mayor resistencia en comparación con el vidrio convencional, ya que se fabrican de espesores de 3.5, 4, 5 y 6 milímetros de acuerdo con el requerimiento del cliente, siendo este producto el que genera ingresos significativos para la empresa.

1.2 Planteamiento del problema

La empresa FVTemperlite a pesar de contar con un proceso de producción establecido ha experimentado dificultades en términos de productividad y tiempos de producción, ya que, no cuenta con un sistema de estandarización, es decir, no posee una secuencia de procesos de igual manera para producir el vidrio templado y el tiempo improductivo por parte del personal no está controlado durante todo el proceso de producción.

Entre los principales problemas que se destaca en la empresa es que en cada área de trabajo no cuenta con tiempos definidos para cada proceso lo que genera pérdidas de tiempo o demoras en la producción. Posteriormente la capacitación de los operarios, ya que, cuando se cuenta con nuevos trabajadores que no están relacionados con el puesto de operación designado le toma aproximadamente dos semanas aprender completamente el oficio, lo que puede llevar a una falta de eficiencia en el proceso de producción. Además, en la empresa, la mayoría de los operarios no

tienen conocimiento de las otras operaciones, lo que crea un ambiente de trabajo limitado en términos de flexibilidad y adaptabilidad.

1.3 Justificación

La metodología de Lean Manufacturing ha demostrado ser una herramienta efectiva para generar la productividad aproximadamente en un 30% de incremento en empresas del sector automotriz de acuerdo con investigaciones previas, lo cual, conduce a una producción más consistente y de mayor calidad, sino que también agiliza las operaciones y reduce los tiempos de ciclo. La estandarización mediante la metodología de Lean Manufacturing crea una base sólida para la mejora continua, el control de calidad y la satisfacción del cliente, elementos cruciales para la competitividad y el éxito sostenible en un entorno empresarial en constante evolución.

Mediante un sistema de estandarización utilizando las herramientas de Lean Manufacturing se logra un incremento en la productividad al reducir los tiempos improductivos de la empresa, capacitación de operarios y paros de maquinarias, lo que resulta en una mayor eficiencia y una disminución de costos, contribuyendo a un aumento de la rentabilidad. Además, esta optimización tiene un impacto positivo en la satisfacción del cliente al mejorar la puntualidad en la entrega de productos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Estandarizar el proceso de producción de vidrio de seguridad templado para reposición automotriz mediante la metodología Lean Manufacturing en la empresa FVTemperlite.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso de producción actual de vidrio templado para reposición automotriz a partir de la recopilación de datos y toma de tiempos con el fin de buscar oportunidades de mejora.
- Identificar los factores críticos del proceso productivo que generan variabilidad a través de las herramientas de Lean Manufacturing.
- Desarrollar una propuesta de mejora para el proceso de producción mediante las herramientas seleccionadas de Lean Manufacturing.

- Evaluar el proceso productivo de vidrio a través de la simulación de eventos discretos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco referencia

De acuerdo con (Gómez, 2021) en su investigación aplicó herramientas para la medición, análisis y mejora del índice de productividad en la producción de zapatos a través la detección de tiempos muertos e improductivos realizados por el operario. Para la toma de los tiempos se lo realizó utilizando un cronómetro para determinar el tiempo promedio observado de cada proceso para evaluar su productividad y tiempo estándar, en el que se identificó tiempos improductivos por retraso en la entrega del lote de la maquila, demoras por uso de celular, demoras por recibir instrucciones, demoras por falta de materia y demoras por inspeccionar el producto. Al aplicar la propuesta de estandarización considerando el nivel de desempeño, dificultad y condiciones ambientales se reflejó una disminución de 84,255 minutos en el tiempo de ciclo del método actual y por ende un aumento en la productividad respecto a la mano de obra en un 30,59%.

De acuerdo con (Morocho et al., 2023) para estandarizar un proceso de producción se lo debe realizar mediante la evaluación de las 5M (máquinas, mano de obra, métodos, materiales y medioambiente), luego de la determinación del tiempo estándar, se desarrolló un procedimiento de control de calidad, que establece acciones de verificación, responsabilidades en la asignación de tareas, en la conducción de programas de capacitación, y charlas instructivas para el personal de la empresa. Considerando la estandarización de los procesos de producción evaluados de ropa industrial en la ciudad de Pelileo, se pudo encontrar una baja calidad del producto que oferta la empresa objeto de estudio, esto debido a falta de organización y control de tiempos en los puestos de trabajo, además se concluyó que el estudio de tiempos y el control de calidad buscan oportunidades de mejora en el diseño y funcionamiento de los procesos de producción.

Según (Escalante, 2021) en su proyecto de investigación aplicó un modelo de balance de línea mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado mediante el uso de herramientas de mejora continua y de Lean Manufacturing para toda la línea de producción, abarcando áreas de corte, pulido, entalle y horno, a través de la revisión de los reportes y los horarios de los turnos para obtener el tiempo que el operario necesita en condiciones normales, a una velocidad y ritmo de trabajo que debería estar acorde con la demanda. El modelo se desarrolló con los 5 pasos de la teoría de restricciones (TOC) abordando las respectivas restricciones y posterior a ello con la aplicación de la metodología 5S. Mediante esta implementación se evidenció un aumento del 5% del índice de productividad.

Según (Paredes, 2017) en su estudio de aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio utilizó la herramienta de Value Stream Mapping (VSM) para identificar las oportunidades de mejora dentro del proceso de recepción, unificación, almacenamiento y alistamiento de corrugado y posterior a ello se realizó un estudio de tiempos para identificar cuál es el tiempo de ciclo del corrugado dentro de la compañía. Además, se realizó la aplicación de las 5S a la bodega de insumos y el sistema Kanban para el control del inventario de estibas. El indicador que se utilizó para medir el impacto del estudio sobre el desempeño de la compañía fue el dinero gastado en horas extras para el proceso de cartonería, ya que, antes de que se implementaran las mejoras, la empresa llegó a gastar hasta \$1.298.768 en un mes y mediante la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se llegó a gastar hasta \$572.196 en un mes.

De acuerdo con (Figueredo, 2015) la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing tiene una aceptación significativa en la productividad al realizar el VSM (mapeo de la cadena de valor) a través del indicador OEE que se calcula diariamente para un equipo o grupos de máquinas y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido, los índices de disponibilidad, eficiencia y calidad y posterior a ello se realizó una prueba piloto con las respectivas mejoras. Los resultados obtenidos señalan que el rendimiento fue de 73,35%, lo cual representa un incremento de 0,32% en comparación con la medición inicial y se logró una mejora en el indicador OEE de 1,20%.

2.2 Estandarización de procesos

La estandarización es el proceso de sistematización de todos los elementos de acercamiento a una acción de recogida e interpretación de información, de manera que se utilicen los mismos: instrumentos o técnicas, criterios de corrección y/o síntesis o análisis de la información y criterios de interpretación de la misma. (Jornet, 2017, pág. 5)

Con la estandarización de un proceso se logra disminuir una de sus características que es la variabilidad y los errores o fallos que puedan ocurrir, ya que se busca obtener un mismo resultado bajo condiciones similares, siendo importante estudiar el comportamiento de otra característica como la repetitividad. (Bello; et al., 2023. pág. 237)

Al estandarizar se garantiza que el operario mantenga la uniformidad la mayor parte de todo el proceso de operación mediante una mejora en la asignación de los recursos a utilizar, así mismo que se ofrezca un producto terminado de calidad, además, facilita que la capacitación del operario

sea en el menor tiempo posible, contribuyendo así a la optimización de la eficiencia y eficacia del proceso de la empresa.

2.3 Productividad

El concepto de productividad se refiere a la eficiencia con la que ocurre la producción y su medición está relacionada con las proporciones en las que los recursos empleados se transforman en nuevos bienes, en los distintos procesos productivos, determinadas en la función de producción. (Aroche, 2018, pág. 3)

En la productividad de las empresas intervienen varios factores, algunos con controlables, estos hacen parte de la empresa y son llamados factores internos, otros son muy difíciles de controlar y constituyen los factores externos. (Fontalvo et al., 2018, pág. 52)

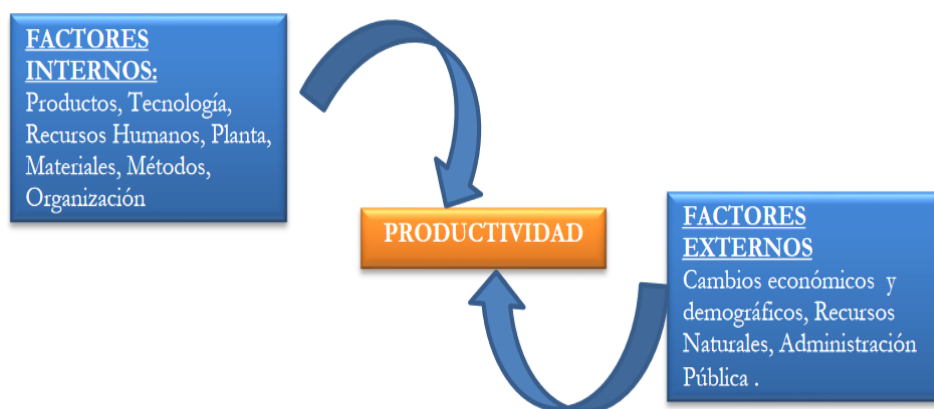


Ilustración 2-1: Productividad

Fuente: (Fontalvo et al., 2018, pág. 52)

Los factores internos y externos forman parte del proceso de producción de una empresa, lo cual implica que la empresa debe saber manejar dichos factores para obtener una productividad positiva ya sea mejorando o innovando sus productos de acuerdo a las necesidades actuales, implementando nuevas tecnologías, desarrollando una mejor cultura de trabajo de los trabajadores para la utilización eficiente de los recursos para así satisfacer la demanda y mantener la posición y competitividad en el mercado aplicando la mejora continua.

Para obtener la productividad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Tiempo utilizado} \times \text{unidades producidas}}{\text{Tiempo planificado} \times \text{unidades planificadas}} \quad (1)$$

2.3.1 Tipos de productividad

Productividad total: es la utilización todos los recursos de la empresa, es decir, el producto de todas las productividades.

Productividad Marginal: es la productividad de cada uno de los recursos utilizados en la producción.

- Productividad de mano de obra

Se obtienen mediante la implementación óptima del recurso humano necesario para ejecutar las labores constructivas, esta productividad depende directamente de la experiencia y de los rendimientos del personal. (Hernández, 2019, pág. 41)

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre}} \quad (2)$$

- Productividad de maquinaria y equipos

La maquinaria y equipos, suele ser uno de los insumos de mayor costo debido a esto, es de suma importancia elaborar y dar seguimiento a una adecuada programación del uso de estos elementos, con el fin de evitar pérdidas de utilización de este recurso. (Hernández, 2019, pág. 41)

$$\text{Productividad de maquinaria} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas máquina disponible}} \quad (3)$$

2.3.2 Indicadores de productividad

2.3.2.1 Eficiencia

El término de eficiencia apunta a la manera en que se lleva a cabo el cumplimiento de los objetivos, indicando un análisis del uso de los recursos para su posible optimización. (Quintero et al., 2018, pág. 355)

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo utilizado}}{\text{Horas de trabajo x \# operarios}} \quad (4)$$

2.3.2.2 Eficacia

Es un término ampliamente difundido, que hace referencia al grado de cumplimiento del objetivo. (Quintero et al., 2018, pág. 355)

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas}} \times 100\% \quad (5)$$

2.4 Takt time

El Takt time es el máximo tiempo de ciclo permitido para producir un elemento y poder cumplir la demanda. La situación ideal es que el Takt time sea igual al tiempo de ciclo, de lo contrario se puede incurrir en costos de faltantes o sobreproducción. (Paredes, 2017, pág. 268)

El Takt Time debe marcar el ritmo de la línea de producción, por lo que podemos decir que también afecta el flujo de la cantidad de operarios, frecuencia de alimentación de la línea, número de componentes de los proveedores consumidos. (HERNÁNDEZ et al., 2019, pág. 26)

El Takt time nos muestra una referencia para identificar cuellos de botellas en cada área o proceso, con el objetivo de evitar y reducir los desperdicios que pueden aparecer en la línea de producción, aplicando un tiempo aproximado en cada ciclo del producto, para así evitar tiempos muertos o actividades innecesarias que ralentizan las actividades.

Para calcular el Takt time se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible efectivo}}{\text{Demanda}} \quad (6)$$

2.5 Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra es la cantidad necesaria tomada como representación de una población que posee las características para el respectivo estudio, en el cual se debe conocer su desviación, error muestral y el valor de la distribución.

Con el tamaño de muestra se asegura la precisión de los datos, mientras más grande es el tamaño de muestra menor es el porcentaje de error de las estimaciones estadísticas de la población, mejorando así los resultados.

El tamaño de muestra se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2 (N-1) + Z^2 \sigma^2} \quad (7)$$

Donde:

Z = Valor de distribución normal

σ = Desviación estándar muestral

N = Tamaño de la población

2.6 Tiempo ciclo

El tiempo ciclo es la cantidad de tiempo necesario para que se complete la fabricación de una pieza hasta el momento en que la pieza siguiente se termina. Este tiempo debe coincidir con el transcurrido desde que el operario de la última operación del proceso se ocupa de esta actividad, hasta que la repita. (Chud et al., 2020, pág. 397)

Con el tiempo de ciclo se puede analizar el tiempo de cada operación y transporte realizado por el operador y el tiempo que se tarda cada máquina en cada producto, en el que se puede identificar de manera más sencilla los posibles cuellos de botella y las oportunidades de mejora.

El tiempo de ciclo se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Unidades requeridas por día}} \quad (8)$$

2.7 Tiempo normal

El tiempo normal proporciona información acercada a la realidad sobre el rendimiento del operario o proceso durante una jornada laboral, es decir 8 horas de trabajo bajo condiciones normales.

El tiempo normal es el producto del tiempo promedio observado por el factor de valoración del operario, esta valoración se da en porcentaje, si el operario realiza la actividad de manera normal se le multiplica por 1 o 100%, si se realiza la actividad de manera lenta es le resta el porcentaje al 100 % y si es la actividad se realiza de manera rápida se le adiciona el porcentaje de acuerdo a la valoración.

A continuación, se muestra la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo observado} * \text{Factor de valoración} \quad (9)$$

2.8 Tiempo estándar

El tiempo estándar establece el tiempo promedio requerido para la realización de un proceso, tomando en cuenta los factores internos y externos que existen en las empresas, las cuales pueden afectar la secuencia de la actividad, para ello se debe realizar una planificación de acuerdo a los estándares recursos adecuados y necesarios, los cuales se verán reflejados en los indicadores de la productividad.

Para calcular el tiempo estándar se debe realizar de acuerdo a cinco medidas: Tiempo estándar por operario, combinaciones de actividades, asignación de trabajo compartiendo tareas, suplementos, y determinación de la capacidad de producción. (Andrade et al., 2018)

EL tiempo estándar se calcula a través de la ecuación mostrada a continuación:

$$TE = \frac{\text{Tiempo normal}}{(1 - \text{holgura})} \quad (10)$$

2.9 Método de calificación de Westinghouse

Para el cálculo del tiempo estándar se debe tener cuenta los cuatro aspectos a considerar: condiciones, destreza o habilidad, esfuerzo o empeño y consistencia las cuales se escogen de acuerdo a la valoración del operario.

Habilidad

Es la destreza, experiencia o habilidad manual que posee el operario la cual se ve reflejada en la velocidad para realizar la operación. La habilidad se categoriza en 6 diferentes clases como se detalla en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Valoración de habilidad

DESTREZA O HABILIDAD			
+	0,06	A	Ideales
+	0,04	B	Excelentes
+	0,02	C	Buenas
+	0,00	D	Regulares
-	0,03	E	Aceptables
-	0,07	F	Deficientes

Fuente:(Montero et al., 2019, pág. 85)

Esfuerzo

Es la cantidad de esfuerzo físico, repetición de movimientos y postura aplicada por el operario en la realización de una operación. El esfuerzo se categoriza en 11 diferentes clases que se detalla a continuación en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Valoración de esfuerzo

ESFUERZO O EMPEÑO			
+	0,13	A1	Excesivo
+	0,12	A2	Excesivo
+	0,10	B1	Excelente
+	0,08	B2	Excelente
+	0,05	C1	Bueno
+	0,02	C2	Bueno
+	0,00	D	Regular
-	0,04	E1	Aceptable
-	0,08	E2	Aceptable
-	0,12	F1	Deficiente
-	0,17	F2	Deficiente

Fuente: (Montero et al., 2019, pág. 85)

Condiciones

Son aquellos factores y elementos que se encuentran presentes en el área de trabajo y producen una obstrucción al operario mas no la operación. Las condiciones se categorizan en 6 diferentes clases que se detalla en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Valoración de condiciones

CONDICIONES			
+	0,06	A	Ideales
+	0,04	B	Excelentes
+	0,02	C	Buenas
+	0,00	D	Regulares
-	0,03	E	Aceptables
-	0,07	F	Deficientes

Fuente: (Montero et al., 2019, pág. 85)

Consistencia

Es la constancia del operario en la realización de la tarea para mantener un rendimiento estable durante todo el proceso, también está relacionado con la actitud del trabajador ya se por la motivación, fatiga y carga de trabajo. La consistencia se categoriza en 6 diferentes clases que se detalla en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4: Valoración de consistencia

CONSISTENCIA			
+	0,04	A	Perfecta
+	0,03	B	Excelente
+	0,01	C	Buena
+	0,00	D	Regular
-	0,02	E	Aceptable
-	0,04	F	Deficiente

Fuente: (Montero et al., 2019, pág. 85)

2.10 Las 6M

Para (Escobar, 2022) este método es el más utilizado en las industrias en la actualidad, permite analizar algunos elementos y ciertos aspectos cuyos roles en la producción y organización empresarial son relevantes.

Materia prima: Se analiza todo aquel material, en términos de calidad, que es utilizado para la manufacturación de los productos.

Maquinaria: corresponde a la parte funcional de los procesos. En este apartado se observa la calidad de las máquinas, su correcto funcionamiento, así como la capacidad de estas para llevar a cabo las tareas en que se desempeñan.

Métodos: aquí se analiza el cómo, y si los medios de los que estamos haciendo uso, como las estrategias y las actividades, producen los resultados deseados.

Mano de obra: se refiere al capital humano del proyecto, y se consideran todos los aspectos relacionados con él, como la capacitación, las relaciones interpersonales, responsabilidad y habilidades.

Medio ambiente: esta categoría se enfoca en el análisis del entorno de trabajo, sobre todo en aspectos como las condiciones y el estado de este.

Medición: por último, en las industrias se debe de llevar un estándar técnico de las mediciones llevadas a cabo en la manufacturación de productos. Aquí, se analizan si los esos estándares se cumplen.

2.11 Hoja de trabajo estandarizada

Una hoja de trabajo estandarizada es un documento que contiene la secuencia de todas las operaciones del proceso de producción que sirven de guía para los trabajadores para que sigan el procedimiento de manera uniforme.

2.11.1 Diagrama de Análisis

El diagrama de análisis es la representación gráfica del orden de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes que tienen lugar durante un proceso o procedimiento, y comprende la información considerada adecuada para el análisis, como, por ejemplo: tiempo requerido y distancia recorrida. (Salazar, 2019)

El diagrama de análisis muestra de manera visual la continuidad de cada operación del sistema de producción, en especial las actividades que no agregan valor, las cuales son de gran importancia para su respectivo análisis e identificación de oportunidades de mejora, en especial en las actividades de transportes esperas largas. Además, este diagrama permite a los nuevos operarios adaptarse de manera más fácil y rápida a los procedimientos que emplea la empresa.

PROCESO DE VIDRIO LAMINADO						
UBICACIÓN	ACTIVIDAD			MÉTODO ACTUAL		
ACTIVIDAD	PRODUCCIÓN DE VIDRIO TEMPLADO Y LAMINADO	OPERACIÓN	●	8		
		TRANSPORTE	→	8		
FECHA		DEMORA	■	1		
OPERADOR	ANALISTA	INSPECCIÓN	■	3		
COMENTARIOS:		ALMACÉN	▼	2		
		TIEMPO (MIN)		100		
		DISTANCIA (MTS)		25.5		
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		SÍMBOLOS			TIEMPO (MIN)	DISTANCIA (MTS)
		●	→	■		
PEDIDO AL ALMACÉN (ABRIR CAJA DE VIDRIO)					5	
ESPERA DEL PEDIDO				●	1	
INSPECCIÓN				●	10	
TRASLADO DEL MATERIAL (HABILITAR)			●		20	
CORTE		●			5	
INSPECCIÓN				●		2
TRASLADO DEL MATERIAL			●		1	
LAVADO		●			1	
PULIDO		●				5
TRASLADO DEL MATERIAL			●		3	
SERIGRAFIADO		●				10
TRASLADO DEL MATERIAL			●		2	
LAMINADO		●				2
TRASLADO DEL MATERIAL			●		20	
PRE LAMINADO		●				0.5
TRASLADO DEL MATERIAL			●		30	
HORNO DE LAMINADO		●				3
TRASLADO DEL MATERIAL			●		1	
INSPECCIÓN				●		
ETIQUETAR		●			1	
TRASLADO DEL MATERIAL			●			3
ALMACÉN DE PRODUCTOS TERMINADOS				●		

Ilustración 2-2: Diagrama de análisis del proceso

Fuente:(Velásquez, 2016, pág. 113)

2.11.2 Diagrama de recorrido

Es una representación gráfica sobre plano del área en la cual se desarrolla la actividad, con las ubicaciones indicadas de los puestos de trabajo y el trazado de los movimientos de los hombres y/o de los materiales. (Yepes, 2022)

A través del diagrama de recorrido se puede planificar el diseño de nuevas áreas o instalaciones necesarias que mejoren el flujo de las operaciones y la empresa incremente su eficiencia. También permite realizar una redistribución de planta en caso de ser necesario en el que no exista cruces de materiales y de personal optimizando los tiempos de producción mejorando la relación entre los trabajadores.

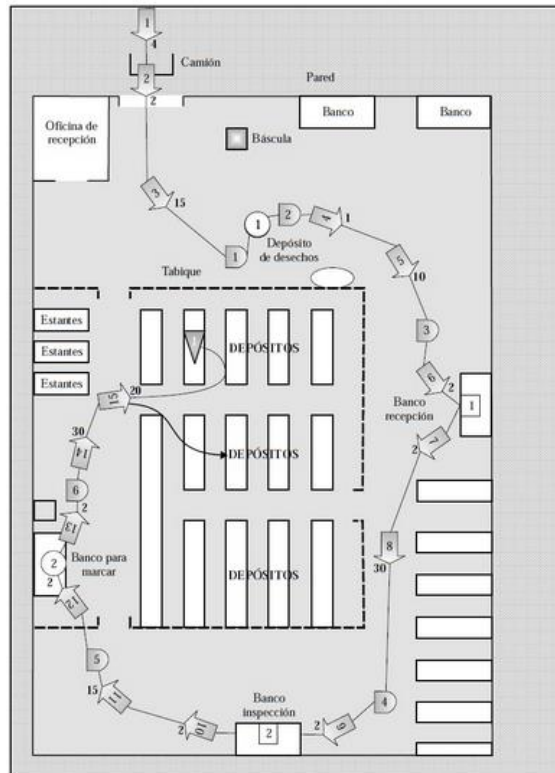


Ilustración 2-3: Diagrama de recorrido

Fuente: (Yepes, 2022)

2.12 Prueba T de Student

La T de Student es una prueba estadística que toma dos grupos con variables cuantitativas y compara las medias de cada grupo, determinando si son significativamente iguales (hipótesis nula) o significativamente distintas (hipótesis alternativa). Esta tiene una confianza del 95 % de que la decisión que se tome realmente sea correcta, y un nivel de significancia del 5 % de que sea errónea. El uso de la prueba T permite determinar si se rechaza o no la hipótesis nula. (Barrera y Lugo, 2019, pág. 185)

La T de Student para dos muestras es aplicado en varios casos de estudio, teniendo en consideración la variabilidad de los datos y el tamaño de la muestra. Una vez conocido el tamaño de cada subgrupo con sus respectivas varianzas se procede a contrastar el resultado utilizando la tabla de distribución de la prueba T teniendo en cuenta el valor de significancia a utilizar en dicho estudio.

2.13 Simulación de eventos discretos

La simulación de eventos discretos es una herramienta de modelado computarizado que tiene como objetivo realizar una representación de un modelo de producción real para evaluar diferentes escenarios de mejora que, con ayuda de análisis estadísticos permite elegir las condiciones ideales de proceso para cumplir con los objetivos planteados. (Zarza, 2023)

La simulación a través de la herramienta Flexsim permite modelar el sistema de producción deseado, facilitando la identificación de posibles cuellos de botella y oportunidades de mejora en los procesos, así como evaluar el rendimiento y la capacidad de producción de la empresa, contribuyendo en la mejora de toma de decisiones a la hora de implementar nuevas estrategias.

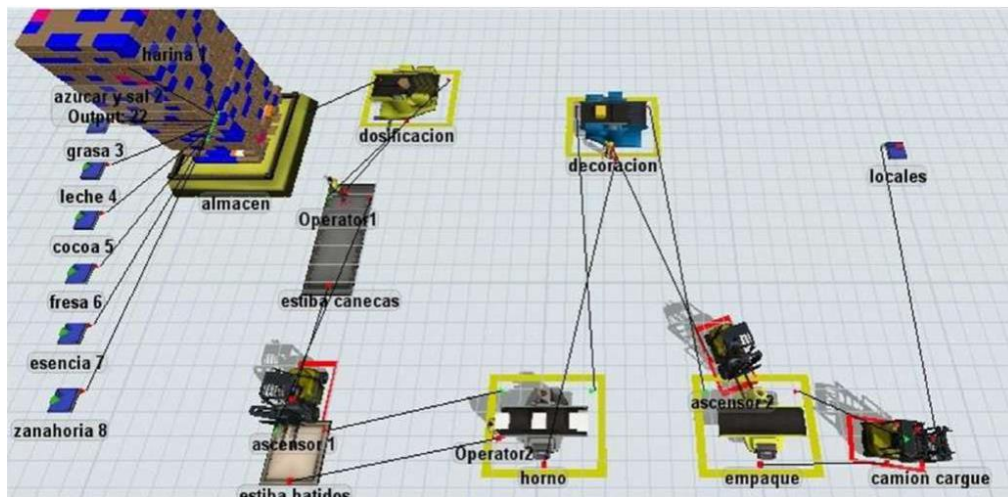


Ilustración 2-4: Simulación con Flexsim

Fuente: (Alfonso, 2020, pág. 60)

Al simular un sistema de producción permite crear el escenario adecuado cumpliendo con las necesidades requeridas, en el que se evalúa la eficacia de la distribución de la planta y la tarea asignada a cada trabajador, esto se realiza antes de implementar las acciones, ya que se puede ahorrar en costos, facilitando la mejora de las estrategias para el incremento de la productividad.

2.14 Lean Manufacturing

2.14.1 Definición de lean Manufacturing

La metodología de Lean Manufacturing, se define como un modelo de gestión de excelencia y mejora continua que consiste en la eliminación de los desperdicios que no agregan valor al producto y está conformada por diferentes herramientas. (Vargas y Camero, 2021, pág. 249)

2.14.2 Ventajas de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing aplica diversas herramientas que aportan ventajas a la organización y a sus trabajadores, las cuales son (Juan de Dios et al., 2021):

- Minimizar los costos de fabricación
- Reducir los niveles de existencias (inventarios)
- Reducir el tiempo de entrega
- Mejor calidad de producto (bienes y servicios)
- Mano de obra
- Mayor eficiencia en los equipos
- Disminución de los desperdicios o muda (japonés)

La manufactura esbelta se ha convertido en una opción que se adapta a las diferentes situaciones de la industria proporcionando una alternativa para poner fin a los desperdicios, optimizando procesos y aumentando los beneficios. (Muñoz et al., 2022, pág. 484)

Las empresas manufactureras adoptan un sistema de manufactura esbelta o Lean Manufacturing, el cual les permite producir en mayor volumen utilizando menos recursos, a través de la organización sistemática de los procesos, la cual permite un trabajo eficiente y requiere de menor personal, menor consumo de recursos y la reducción de los desperdicios o defectos de producción, comparando con los métodos tradicionales. (Malpartida y Tarmeño, 2020, pág. 52)

2.14.3 Herramientas de Lean Manufacturing

2.14.3.1 Mapeo de flujo de valor (VSM)

El Mapeo de Flujo de Valor o *Value Stream Mapping* (VSM por sus siglas en inglés) es una herramienta diseñada precisamente para mapear los procesos, flujo de materiales e información desde la concepción del producto hasta el cliente final. (Rodríguez et al., 2019, pág. 317)

Para (García y Amador, 2019, pág. 71) los pasos para realizar el VSM es el siguiente:

1. Selección de un área crítica productiva
2. Preparación del mapa del estado actual

- 2.1 Revisión documentación existente
- 2.2 Identificación procesos principales
- 2.3 Definir qué datos hacen falta y deben recopilarse
- 2.4 Recoger la información
- 3. Análisis del mapa del estado actual
- 4. Mapa del estado futuro
 - 4.1 Cálculo del Takt Time
 - 4.2 Establecer tiempo deseado
 - 4.3 Implementación de herramientas de mejora

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de proyecto

El presente trabajo es de carácter técnico desarrollado en la empresa FVTemperlite, en la cual, mediante la metodología de Lean Manufacturing se realiza una propuesta de estandarización del proceso de producción de vidrios de seguridad templado para reposición automotriz.

3.2 Tipo de la investigación

3.2.1 *Investigación Bibliográfico – Documental*

Para el desarrollo de este proyecto se aplica una investigación de tipo bibliográfico en base a revistas científicas, libros y de tipo documental a través de los datos proporcionados en la empresa mediante hojas de registro y bitácoras de desarrollo de producción para indagar la metodología y resultados de proyectos realizados mediante las herramientas de Lean Manufacturing para la estandarización de procesos.

3.2.2 *Investigación descriptiva*

A través de la investigación descriptiva, se detalla cada proceso de producción de vidrio de seguridad templado mediante diagramas de análisis de procesos y diagrama de recorrido con el fin de identificar los problemas en el proceso.

3.2.3 *Investigación de campo*

Se va a realizar mediante la asistencia a la empresa, específicamente al área de producción para obtener los datos y toda la información necesaria para su análisis, a través de fotografías, mediciones y toma de tiempos para su respectiva cuantificación.

3.3 Metodología

Se emplea el método analítico para el proceso de fabricación del vidrio templado, para analizar las posibles causas de la variación en la producción mediante las hojas de recolección de datos para el levantamiento de la información.

Con del método inductivo se identifica patrones o tendencias entre las variables que generan variabilidad en la producción mediante la recopilación de datos realizados a través de la observación.

3.4 Técnicas de recolección de datos

3.4.1 Observación

A través de la técnica de observación directa se analizaron puestos de trabajo en las cuales se identificó factores que influyen en el proceso normal de operación como el movimiento de material, el propio proceso de fabricación, el puesto de trabajo en función a la organización de elementos y herramientas.

Para el registro de información mediante la observación se registró en un formato de levantamiento de información el cual se evidencia en el ANEXO A.

3.4.2 Cronometraje

Para la obtención de los distintos tiempos se inicia desde la manipulación de materia prima en el almacenamiento hasta la colocación del vidrio templado en el área de producto terminado, se lo realizó por medio del cronometraje de vuelta a cero, a través del instrumento del cronómetro digital que posee una precisión de 0,001 segundos.

3.5 Descripción del proceso de fabricación de vidrio templado

Corte

Con una máquina cortadora de vidrio el operario procede a realizar el corte de la plancha de vidrio empleando el respectivo molde con las medidas de 87 x 53 cm.



Ilustración 3-1: Proceso de corte de vidrio

Realizado por: Asqui J, 2023

Pulido

En el proceso de pulido el operario elimina las imperfecciones que puede tener el vidrio por defecto de fabricación de materia prima.



Ilustración 3-2: Proceso de pulido

Realizado por: Asqui J, 2023

Lavado

El operario coloca el vidrio en la máquina de lavado, se configura y se realiza la operación de manera automática.



Ilustración 3-3: Proceso de lavado

Realizado por: Asqui J, 2023

Sellado

El trabajador procede a realizar el sellado del vidrio generando presión con su respectivo molde.



Ilustración 3-4: Proceso de sellado

Realizado por: Asqui J, 2023

Templado

Una vez realizado el sellado se coloca el vidrio en el horno a una temperatura de 650 °C durante 3 minutos aproximadamente y posterior a ello se realiza un enfriamiento forzado, para terminar con la inspección y almacenamiento.



Ilustración 3-5: Proceso de templado

Realizado por: Asqui J, 2023

3.6 Análisis de datos

Para analizar los datos obtenidos se aplica el principio de distribución normal con el fin de observar la estabilidad de los datos, la variabilidad y forma del proceso.

Tabla 3-1: Unidades producidas por día

N°	Unidades	N°	Unidades	N°	Unidades	N°	Unidades	N°	Unidades
1	66	11	79	21	83	31	77	41	78
2	71	12	79	22	83	32	85	42	81
3	78	13	83	23	78	33	82	43	82
4	90	14	82	24	81	34	77	44	85
5	86	15	81	25	78	35	79	45	84
6	80	16	80	26	80	36	79	46	84
7	81	17	79	27	81	37	86	47	81
8	80	18	78	28	84	38	85	48	78
9	85	19	83	29	83	39	81	49	86
10	78	20	79	30	76	40	84	50	80

Realizado por: Asqui J, 2023

3.7 Diagrama de análisis del proceso actual

Se presenta el análisis del proceso a través de la codificación de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) para los procesos productivos para la producción de vidrio templado desde el área de almacenamiento de materia prima hasta la colocación del vidrio en el área de producto terminado.

Tabla 3-2: Diagrama de análisis del proceso de vidrio templado actual

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO											
MÉTODO ACTUAL	X		DIAGRAMA DEL PROCESO: "Producción de vidrio templado"								
MÉTODO PROPUUESTO			SÍMBOLOS							FECHA: 2023-12-04	
SUJETO DEL DIAGRAMA: Hombre			<ul style="list-style-type: none"> Operación Transporte Inspección Demora Almacenaje Operación combinada 							REALIZADO POR: Asqui Jhoana	
										DIAGRAMA: Fabricación de vidrios templados	
										HOJA N: 01	
N° de actividades	N°	Tiempo (s)	Distancia (m)	Símbolos de diagrama						Descripción del proceso	
				Operación	Demora	Transporte	Inspección	Almacenamiento	Operación combinada		
1	1	40								Ingreso de materia prima.	
2	1	8	10							Transporte al área de corte.	
3	1	180								Corte de vidrio.	
4	2	15	15							Transporte al área de preparación de producto.	
5	2	175								Pulido.	
6	3	5	3							Transporte a máquina de lavado.	
7	3	90								Lavado.	
8	4	80								Sellado.	
9	4	15	14							Transporte a horno.	
10	5	180								Templado de vidrio.	
11	1	66								Espera de enfriado.	
12	5	5	4							Transporte a mesa de inspección.	
13	1	10								Inspección y etiquetado de vidrio.	
14	6	16	15							Transporte a área de producto terminado.	
15	2	8								Almacenamiento del producto.	

Realizado por: Asqui J, 2023

Tabla 3-3: Resumen diagrama de análisis

Resumen de proceso de vidrio templado actual		
Operación	○	5
Transporte	⇒	6
Inspección	□	1
Demoras	⊔	1
Almacenaje	▽	2
Operación combinada	⊗	0
Distancia recorrida (m)		61
Tiempo (seg)		894
Tiempo (min)		14.90

Realizado por: Asqui J, 2023

A través de la tabla resumen se observa que las actividades que no agregan valor son de 184 segundos (3.07 min).

3.8 Cálculo del Índice de valor agregado (IVA)

El indicador del IVA muestra cómo se encuentra el desempeño del proceso de producción mediante los tiempos que agregan valor.

$$IVA = \frac{\text{Tiempo de valor agregado}}{\text{Tiempo total}} \quad (11)$$

$$IVA = \frac{705}{894} * 100\%$$

$$IVA = 78\%$$

El desempeño del proceso de acuerdo al indicador del IVA establece el valor de 78%, considerando al proceso ineficiente.

3.9 Diagrama de recorrido del proceso actual

En el diagrama de recorrido se aprecia a través de un plano de manera gráfica la secuencia de cada operación que sigue la materia prima en las distintas áreas del proceso de producción.

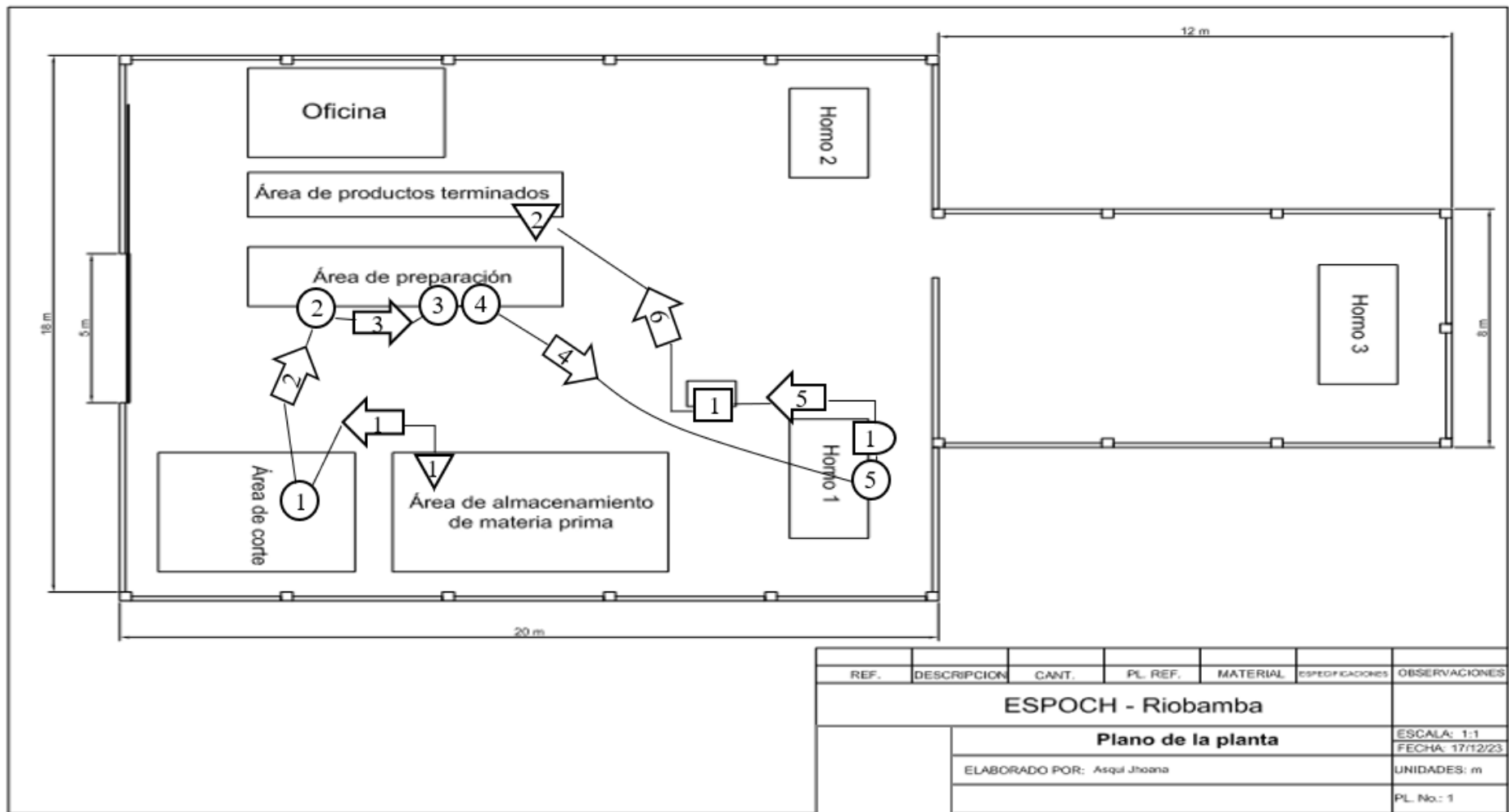


Ilustración 3-6: Diagrama de recorrido del proceso de vidrio templado actual

Realizado por: Asqui J, 2023

3.10 Determinación de la productividad actual

Para determinar la productividad actual de la producción de vidrio templado se calcula mediante la ecuación (1) con los datos proporcionados por la empresa que se muestra en la Tabla 3-4:

Tabla 3-4: Datos para el cálculo de la productividad actual

Datos	Cantidad	Unidad
Unidades producidas por hora	81	unidades
Número de trabajadores	8	personas
Horas de trabajo	8	horas

Realizado por: Asqui J, 2023

El cálculo se lo realiza utilizando las 81 unidades de vidrio templado producidas por día y los recursos utilizados que son 7 horas del trabajadas por el hombre y las 7 horas trabajadas por la máquina.

Posteriormente, se lleva a cabo el siguiente cálculo:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Tiempo utilizado} \times \text{unidades producidas}}{\text{Tiempo planificado} \times \text{unidades planificadas}} \quad (1)$$
$$\text{Productividad} = \frac{6.50 \times 81}{8 \times 104} = 63\%$$

La productividad que posee la empresa de acuerdo al cálculo realizado es del 63%, lo que representa un valor considerablemente bajo, mostrando una oportunidad de mejora en el proceso de fabricación de vidrio en cuanto a las unidades producidas y el tiempo empleado.

3.10.1 Cálculo de productividad de mano de obra

A continuación, también se realiza el cálculo de la productividad marginal que en este caso se consideró la mano de obra mediante la ecuación (2).

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre}} \quad (2)$$
$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{81}{8} = 10$$

En cuanto a la productividad de mano de obra se obtiene un valor de 10 unidades producidas por horas hombre.

3.10.2 Cálculo de productividad de maquinaria

Se realiza el cálculo de la productividad de maquinaria a través de la ecuación (3)

$$\text{Productividad de maquinaria} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas máquina disponible}} \quad (3)$$

$$\text{Productividad de maquinaria} = \frac{81}{7,15} = 11,32$$

Se determinó que la productividad en cuanto a la maquinaria es de 11,32 unidades por hora de máquina disponible.

3.11 Determinación de indicadores de productividad

3.11.1 Eficacia actual

Los datos obtenidos para el cálculo de la eficacia se lo realizaron en un proceso normal durante un día de trabajo de producción con el que se pretende estudiar la situación actual de la empresa por medio de la ecuación (5).

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Eficacia} = \frac{81}{104} \times 100\% = 78\%$$

Mediante el cálculo se obtiene una eficacia de 78%, lo cual muestra que no es un proceso muy eficaz.

3.11.2 Eficiencia actual

Para el cálculo de la eficiencia se consideró el mismo proceso que el de la eficacia en un día de trabajo a través de la ecuación (4).

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo utilizado}}{\text{Horas de trabajo} \times \# \text{ operarios}} \quad (4)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{6,50}{8 \times 1} = 81\%$$

Se puede evidenciar que el proceso de producción en cuanto a la maximización de recursos tiene una eficiencia del 81%, ya que el tiempo utilizado real por el operario es de 6,50 horas durante la jornada laboral debido a al tiempo de almuerzo y los descansos que realiza después de realizar cada unidad de vidrio.

3.12 Cálculo de Takt time

Para la obtención del Takt time se tuvo en consideración el tiempo disponible efectivo en un día de trabajo considerando el tiempo de descanso y el promedio de las demandas que se posee la empresa, para lo cual se aplica la ecuación (6).

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible efectivo}}{\text{Demanda}} \quad (6)$$

$$\text{Takt time} = \frac{420}{70} = 6 \text{ min /unidad}$$

De acuerdo al Takt time calculado muestra que la velocidad del proceso de producción debe ser de 6 min por unidad para satisfacer la demanda de los clientes.

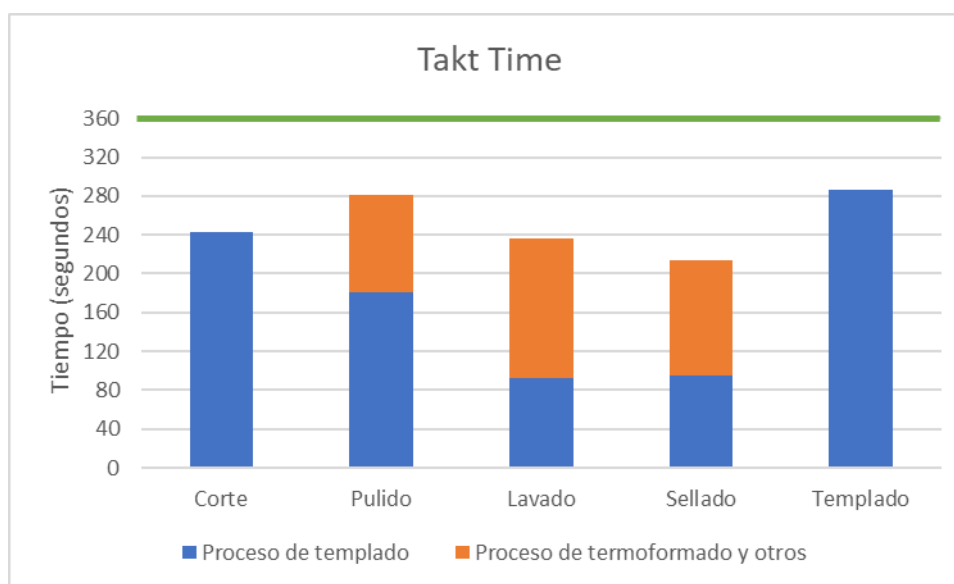


Ilustración 3-7: Takt time

Realizado por: Asqui J, 2024

De acuerdo a la Ilustración 7-3 el proceso de producción cumple con la demanda de clientes fijos que es de 70 vidrios diarios, sin embargo, se debe tener en consideración que la empresa busca tener la mayor cantidad posible de vidrio templado en stock.

3.13 Determinación del tiempo normal

La determinación del tiempo normal requerido para realizar cada tarea o proceso implica identificar el tiempo promedio que se necesita para realizar la actividad cuando se sigue los procedimientos estándar y la identificación de oportunidades de mejora.

En el área de producción del proceso de fabricación de vidrio templado se realizó un total de diez mediciones de tiempos en segundos con la ayuda de un cronómetro, la cual se evidencia en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5: Hoja de observación del tiempo de producción

HOJA DE OBSERVACIÓN												
Realizado por: Jhoana Asqui							N° de hoja: 1					
Departamento: Producción de vidrio templado							Fecha: diciembre 2023					
ACTIVIDADES	TIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIEMPO OBSERVADO (s)
1. Ingreso de materia prima	T	39	41	40	38	40	39	38	42	40	41	39.8
2. Transporte al área de corte	T	8	7	9	8	8	7	8	8	7	8	7.8
3. Corte de vidrio	T	180	182	181	179	180	182	181	180	183	179	180.7
4. Transporte al área de preparación de producto	T	15	14	16	15	16	14	15	15	16	14	15
5. Pulido	T	175	173	179	176	180	176	178	179	175	179	177
6. Transporte a máquina de lavado	T	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3.3
7. Lavado	T	90	87	95	92	94	91	93	95	89	95	92.1
8. Sellado	T	80	81	80	78	82	80	83	79	80	81	80.4
9. Transporte a horno	T	15	14	15	15	14	16	14	15	15	15	14.8
10. Templado de vidrio	T	180	185	186	183	184	182	180	180	184	182	182.6
11. Espera de enfriado	T	66	68	65	65	66	67	64	63	65	66	65.5
12. Transporte a mesa de inspección	T	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	4.6
13. Inspección y etiquetado de vidrio	T	10	10	10	11	9	10	11	12	10	12	10.5
14. Transporte al área de producto terminado	T	16	15	16	14	16	15	15	16	14	15	15.2
15. Almacenamiento del producto	T	8	9	9	8	8	7	8	9	8	7	8.1
Total											897.4	

Realizado por: Asqui J, 2023

3.14 VSM actual

En la Ilustración 3-8 se representa el flujo del material del proceso de producción actual, desde la entrega de materia prima por parte del proveedor hasta la entrega del producto terminado al cliente, en el que se identificó oportunidades de mejora que es la correcta gestión del inventario para garantizar el flujo de materiales y recursos con los proveedores y disponerlos en el tiempo y la cantidad adecuada, además, en cada uno de los procesos realizar la capacitación de estándares de producción. Considerando los valores de los inventarios y el valor de Takt time de 6 min/unidad se obtuvo un valor de tiempo de valor no agregado de 372 segundos y un tiempo de valor agregado de 705 segundos.

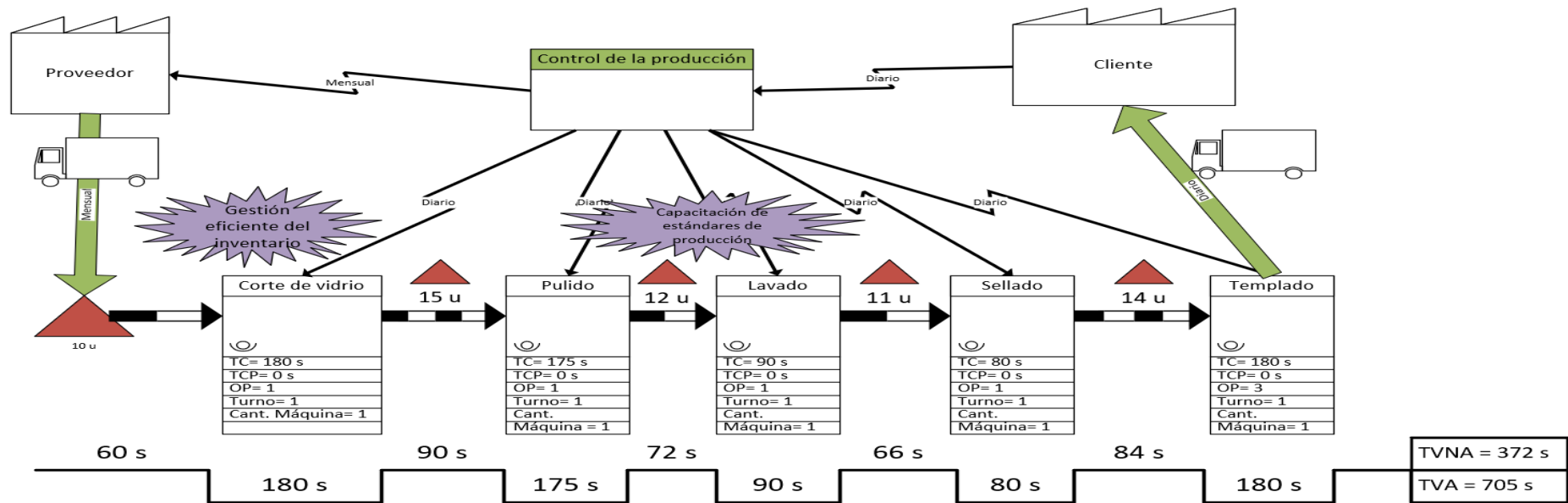


Ilustración 3-8: VSM actual

Realizado por: Asqui J, 2024

3.15 Propuesta de mejora

Una vez analizado la situación actual de la empresa FVTemperlite se plantea una propuesta de mejora el cual se muestra a continuación en la Tabla 3-6.

Tabla 3-6: Propuesta de mejora

Propuesta de mejora para el proceso de producción de vidrio templado	
Análisis del proceso actual	<ul style="list-style-type: none">• Realizar el mapeo del proceso actual.• Tomar el tiempo ciclo de varias unidades de vidrio templado empleando un cronómetro.• Registrar los datos en hojas estandarizadas.
Establecimiento de estándares de producción	<ul style="list-style-type: none">• Capacitar al personal de trabajo sobre el uso y manejo de cada una las máquinas y las respectivas especificaciones de calidad del vidrio de seguridad templado (uso adecuado de moldes, uniformidad del espesor, tiempo de permanencia en el horno, y tiempo de enfriamiento.)• Aplicación de la metodología Lean Manufacturing mediante la estandarización y VSM (Value Stream Mapping) para reducir el tiempo ciclo de cada unidad de producción.
Establecimiento del flujo de trabajo	<ul style="list-style-type: none">• Reorganizar el espacio de producción empleando una distribución lineal.• Evaluar el proceso a través de los indicadores de productividad de eficacia y eficiencia.
Simulación del proceso	<ul style="list-style-type: none">• Realizar la simulación en el programa Flexsim el proceso de producción real de vidrio templado aplicando los respectivos tiempos estándar.• Evaluar y comparar el proceso simulado con el real.
Inspección y control	<ul style="list-style-type: none">• Realizar la supervisión mensualmente del proceso de producción para verificar el cumplimiento de los estándares de producción y tomar las medidas correctivas según el caso.

Realizado por: Asqui J, 2024

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Determinación de distribución de los datos

Para determinar si el conjunto de datos de unidades producidas por día tiene una distribución normal se establece un procedimiento basado en la distribución normal y en función del indicador Anderson-Darling, el cual se comprueba con un valor crítico y se determina si se cumple o no la normalidad. Para este caso se establece dos hipótesis:

H_0 : Lo datos cumple la normalidad

H_1 : Los datos no cumplen la normalidad

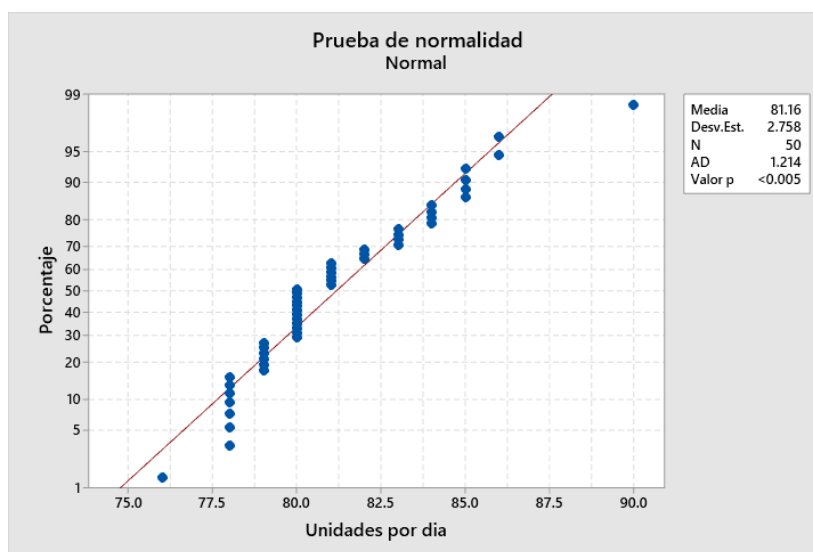


Ilustración 4-1: Prueba de normalidad de unidades producidas por día

Realizado por: Asqui J, 2023

En la Ilustración 1-4, según la prueba realizada de Anderson-Darling los resultados arrojaron un estadístico de prueba de 1,214 y el valor crítico con el nivel de confianza al 95% es de 2,492 es decir, el valor de los datos obtenidos es menor al valor crítico, por lo tanto, los datos cumplen una distribución normal.

4.2 Estandarización del proceso de producción

4.2.1 Cálculo del tamaño de la muestra

En el cálculo del tamaño de la muestra para población finita se procedió a tomar tiempos de producción para la determinación de la desviación estándar, con el número de vidrios templados fabricados por día.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2(N-1) + Z^2 \sigma^2} \quad (7)$$

$$n = \frac{(1,96)^2 (6.38)^2 (81)}{(0.05)^2 (81-1) + (1,96)^2 (6.38)^2}$$

$$n = 81$$

Estadísticamente se estableció un estudio con el 95% del nivel de confianza a partir de los datos preliminares obteniendo una desviación estándar de 6.38 segundos y el promedio del tiempo es 897.4 segundos y estimó un error del 5% para el estudio. Con estos resultados se obtuvo el tamaño de la muestra aplicando la ecuación (9), dando como resultado 81 observaciones debido a que la variabilidad de los tiempos es alta, es decir, a mayor variabilidad el tamaño de muestra también aumenta.

4.2.2 Selección de las muestras

Se presenta las 81 observaciones realizadas para su respectivo análisis en el que se evidencia el número de muestra con su respectivo tiempo en segundos recolectados mediante el estadístico de prueba del tamaño de muestra, datos que se encuentran registrados en el Anexo B

Se utilizó la prueba de Minitab para generar el gráfico basado en las 81 mediciones en el que se refleja los datos estadísticos clave, como la distribución de los datos, la tendencia la media, la desviación estándar y la varianza.

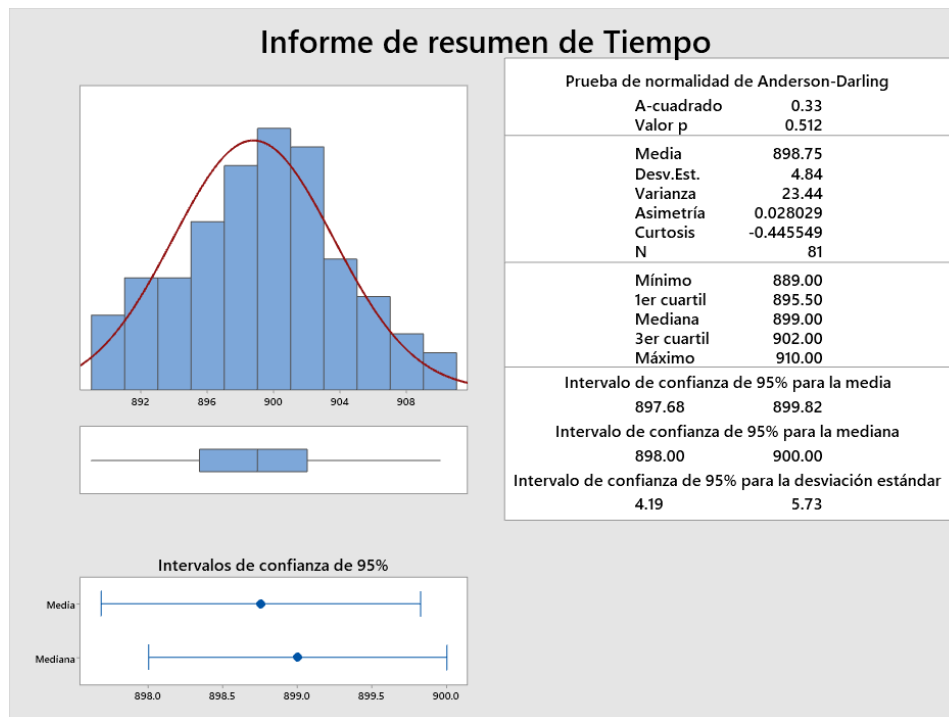


Ilustración 4-2: Tipo de distribución de 81 unidades

Realizado por: Asqui J, 2023

Los datos obtenidos cumplen con una distribución normal, ya que el p valor calculado es de 0,512 lo cual es mayor al valor de significancia que es de 0,05. Además, los tiempos nos muestran una distribución de forma curtosis platicúrtica con el valor de -0,4455 evidenciando que los datos de la gráfica tienen un desplazamiento hacia la derecha.

El primer cuartil indica que el 25% de las muestras el tiempo máximo es de 895,50 segundos, la mediana indica que el 50% de las muestras está en un tiempo promedio de 899 segundos y el tercer cuartil significa que el 75% de las muestras han sido obtenidas con un tiempo promedio de 902 segundos y máximo de 910 segundos. Además, el intervalo de confianza de 95% para la media varía entre 897,68 y 899.82 segundos.

4.2.3 Carta de control

La carta de individuales muestra los datos de tiempos para analizar las variaciones y patrones consecutivos en el rendimiento de los trabajadores.

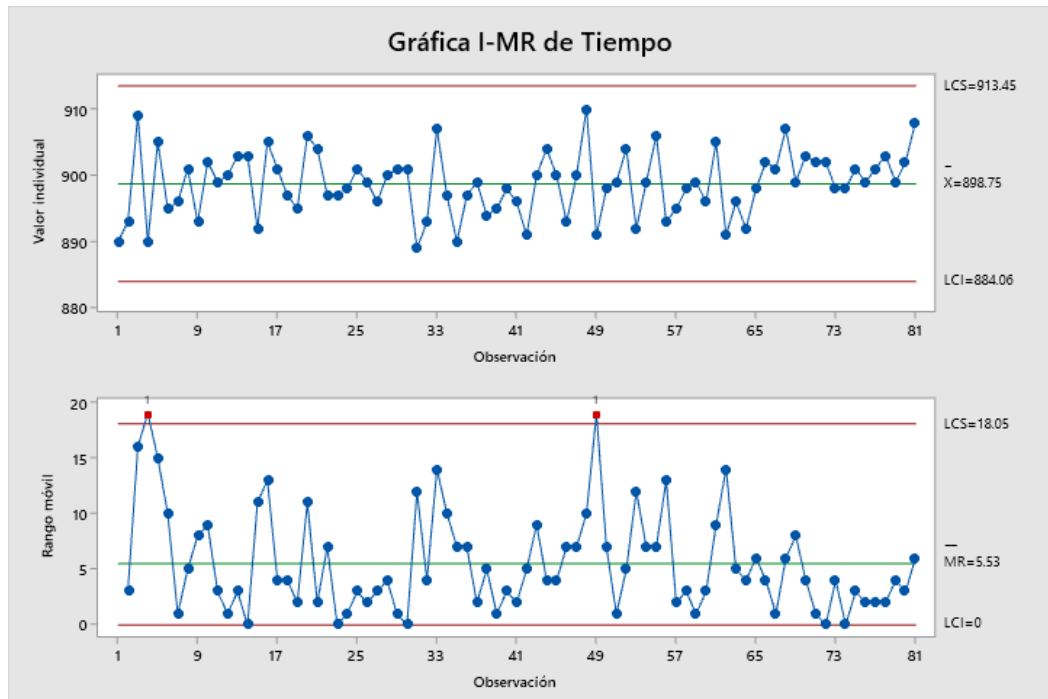


Ilustración 4-3: Carta de control de tiempo de ciclo de las 81 unidades

Realizado por: Asqui J, 2024

Con base en los datos obtenidos en la carta de control de medias, de acuerdo a las reglas de control de calidad no existe alguna secuencia o patrón de datos, por lo que, se concluye que los tiempos del proceso están bajo control. Sin embargo, en la carta de control de rangos, se aprecia la existencia de dos puntos fuera de la zona A, específicamente en el punto 4 y 49, que se evidencia en las observaciones tomadas al presentar demasiada variabilidad.

Se procedió a realizar la investigación respectiva, en el que las causas de dicha variación fueron el ingreso de nuevos operarios a la planta de producción y el desconocimiento del trabajador de los procesos provocando mayor tiempo en realizar la actividad.

4.2.4 Diagrama de análisis mejorado

Se presenta el análisis detallado del proceso a través de la propuesta presentada, la cual se observa la eliminación de la actividad de transporte y la reducción de los tiempos. Esta propuesta se fundamenta en la optimización de la eficiencia del proceso, abordando específicamente la eliminación de la acción que no agrega valor representado a continuación en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Diagrama de análisis del proceso mejorado

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO										
MÉTODO ACTUAL		DIAGRAMA DEL PROCESO: "Fabricación de vidrio templado"								
MÉTODO PROPUESTO	X									
SUJETO DEL DIAGRAMA: Hombre		SÍMBOLOS 							FECHA: 2024-01-22 REALIZADO POR: Asqui Jhoana DIAGRAMA: Fabricación de vidrios templados HOJA N: 01	
N° de actividades	N°	Tiempo (s)	Distancia (m)	Símbolos de diagrama						Descripción del proceso
				Operación	Demora	Transporte	Inspección	Almacenamiento	Operación combinada	
1	1	19								Ingreso de materia prima.
2	1	6	8							Transporte al área de corte.
3	1	138								Corte de vidrio.
4	2	4	4							Transporte al área de preparación de producto.
5	2	140								Pulido.
6	3	30								Lavado.
7	4	25								Sellado.
8	3	3	4							Transporte a horno.
9	5	180								Templado de vidrio.
10	1	65								Espera de enfriado.
11	4	3	3							Transporte a mesa de inspección.
12	1	10								Inspección y etiquetado de vidrio.
13	5	8	10							Transporte a área de producto terminado.
14	2	7								Almacenamiento del producto.

Realizado por: Asqui J, 2024

Tabla 4-2: Resumen de análisis de operaciones

Resumen de elaboración de vidrio templado		
Operación		5
Transporte		5
Inspección		1
Demoras		1
Almacenaje		2
Operación combinada		0
Distancia recorrida (m)		29
Tiempo (seg)		638
Tiempo (min)		10.63

Realizado por: Asqui J, 2024

Con las mejoras propuestas se observa a través de la tabla resumen que las actividades que no agregan valor son de 115 segundos (2 min).

A continuación, se muestra el cálculo del IVA.

$$\text{IVA} = \frac{513}{638} * 100\% \quad (11)$$

$$\text{IVA} = 80\%$$

El desempeño del proceso de acuerdo al indicador del IVA establece el valor de 80%, mostrando una mejora en el proceso.

4.2.5 Diagrama de recorrido mejorado

En el siguiente diagrama de recorrido se muestra la distribución de la planta propuesta mediante mejoras en el que se evita transportes demasiados largos donde el operador debe llevar el producto al siguiente proceso de producción generando tiempos improductivos, además, se propone una distribución de planta lineal, facilitando el recorrido del material y producto final, el cual se muestra en la Ilustración 4-4.

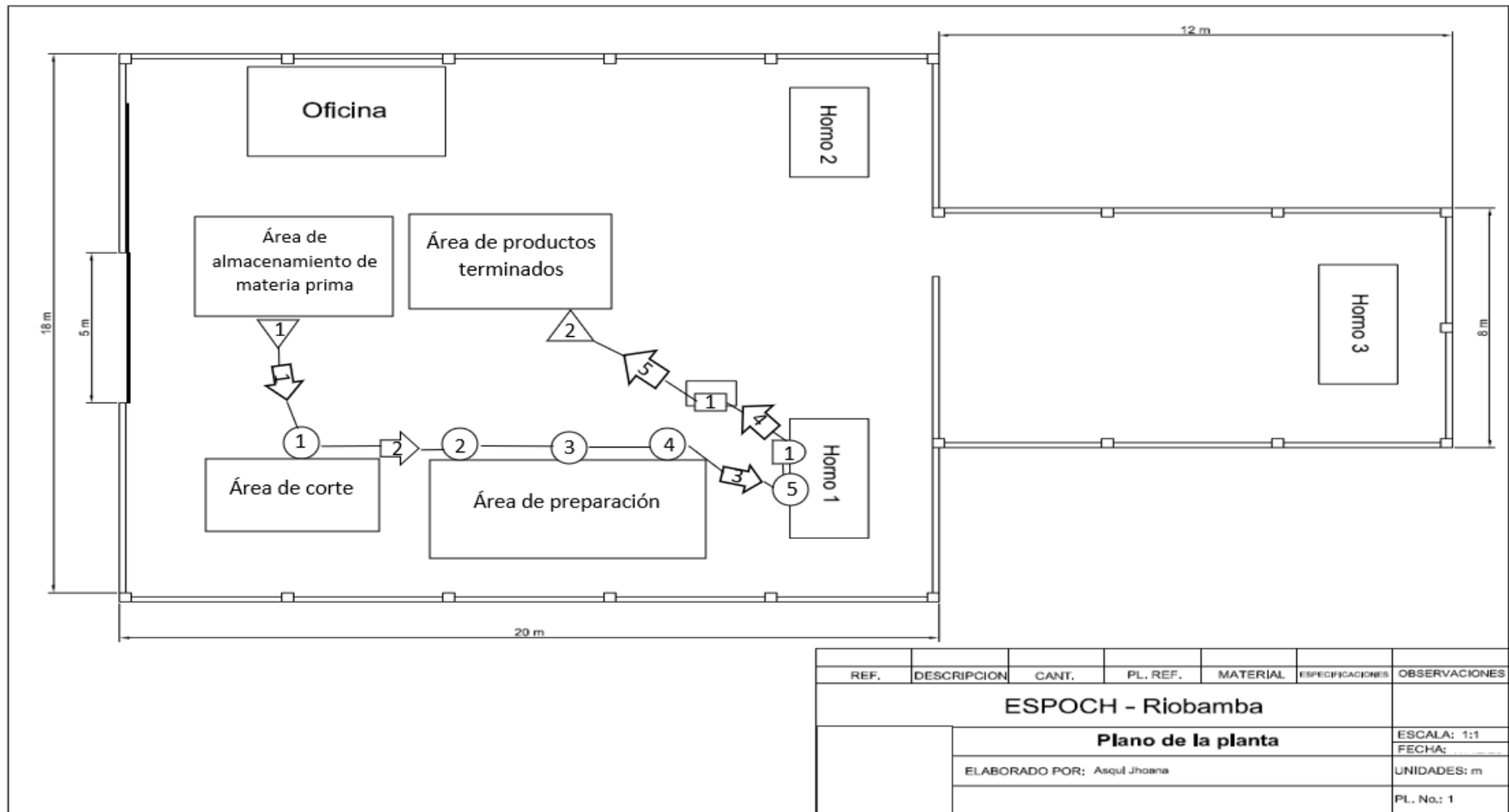


Ilustración 4-4: Diagrama de recorrido organizado

Realizado por: Asqui J, 2024

4.3 Análisis del tiempo estándar

4.3.1 Tiempo normal

Realizada las diez mediciones se obtuvo el valor del tiempo observado promedio de 897,4 segundos. Una vez obtenido este valor se procedió con el cálculo del tiempo normal considerando el factor de valoración en relación a la velocidad del operario que es normal, es decir, del 100% o 1.

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo observado} * \text{Factor de valoración (9)}$$

$$\text{Tiempo normal} = 897,4 (1) = 897,4 \text{ s}$$

El tiempo normal proporciona una referencia para evaluar el rendimiento actual y establecer estándares de tiempo realista, teniendo en cuenta la velocidad individual del trabajador en el proceso de fabricación.

4.3.2 Valoración de suplementos

A continuación, se presenta la valoración asignada para cada actividad de acuerdo a las condiciones observadas en la medición de cada uno de los tiempos mediante el método de valoración de Westinghouse. Esta asignación se realizó de acuerdo a los factores presentes en cada actividad, la cual se utiliza para el cálculo del tiempo estándar.

Tabla 4-3: Cálculo de suplementos

Valoración Westinghouse					
Actividades		Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia
1	Ingreso de materia prima	0.00	0.12	0.00	0.00
2	Transporte al área de corte	0.00	0.05	0.02	0.00
3	Corte de vidrio	0.03	0.02	0.02	0.01
4	Transporte al área de preparación de producto	0.00	0.02	0.02	0.01
5	Pulido	0.02	0.00	0.02	0.01
6	Lavado	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Sellado	0.03	0.02	0.02	0.01
8	Transporte a horno	0.02	0.05	0.02	0.01
9	Templado de vidrio	0.00	0.00	0.02	0.00
10	Espera de enfriado	0.00	0.00	0.02	0.01
11	Transporte a mesa de inspección	0.00	0.00	0.02	0.00
12	Inspección y etiquetado de vidrio	0.00	0.00	0.00	0.01
13	Transporte a área de producto terminado	0.03	0.02	0.02	0.00
14	Almacenamiento del producto	0.03	0.08	0.02	0.00

Realizado por: Asqui J, 2024

4.3.3 Cálculo del tiempo estándar

A continuación, se muestra el puntaje asignado del suplemento para cada operación del proceso de fabricación de vidrio templado, de acuerdo con la medición de los tiempos aplicando el método de Westinghouse, en el cual permite realizar la evaluación de actuación del operario para la respectiva adición del valor de los suplementos.

Tabla 4-4: Cálculo del tiempo estándar

Tiempo Estándar																
Actividades	TIPO	Observaciones										Tiempo elegido (s)	Tiempo normal (s)	Total de suplemento (s)	Tiempo estándar (s)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1 Ingreso de materia prima	T	19	19	20	19	18	20	20	19	20	19	19.3	19.3	0.12	21.93	
2 Transporte al área de corte	T	6	7	6	6	6	5	5	6	5	6	5.8	5.8	0.07	6.24	
3 Corte de vidrio	T	138	139	139	138	140	138	139	140	140	138	138.9	138.9	0.08	150.98	
4 Transporte al área de preparación de producto	T	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3.5	3.5	0.05	3.68	
5 Pulido	T	140	140	139	140	139	139	140	138	140	140	139.5	139.5	0.05	146.84	
6 Lavado	T	30	29	31	28	30	30	29	30	31	30	29.8	29.8	0.00	29.80	
7 Sellado	T	25	24	25	26	23	25	24	25	23	24	24.4	24.4	0.08	26.52	
8 Transporte a horno	T	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3.5	3.5	0.1	3.89	
9 Templado de vidrio	T	180	178	180	179	180	179	180	178	179	179	179.2	179.2	0.02	182.86	
10 Espera de enfriado	T	65	65	64	66	66	66	65	65	65	65	65.2	65.2	0.03	67.22	
11 Transporte a mesa de inspección	T	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3.4	3.4	0.02	3.47	
12 Inspección y etiquetado de vidrio	T	10	9	10	9	10	10	9	10	9	8	9.4	9.4	0.01	9.49	
13 Transporte al área de producto terminado	T	8	9	8	9	8	9	8	9	8	10	8.6	8.6	0.07	9.25	
14 Almacenamiento del producto	T	7	7	8	8	7	7	8	7	8	8	7.5	7.5	0.13	8.62	
														Total	670.79	

Realizado por: Asqui J, 2024

En la Tabla 4-4 se detalla los datos recopilados de las diez observaciones realizadas durante una prueba piloto aplicando una propuesta de distribución de planta mejorada. Esta nueva distribución del proceso de fabricación de vidrio templado tiene como objetivo evitar el cruce del material y del personal de trabajo, además, mejora las condiciones de producción creando espacios más organizados, reduce los tiempos de transporte y el tiempo total del proceso.

4.4 Cálculo de productividad mejorada

A continuación, se muestra la productividad mejorada al 82%, mostrando que la empresa incrementó la producción de vidrios templados en una jornada de trabajo.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Tiempo utilizado x unidades producidas}}{\text{Tiempo planificado x unidades planificadas}} \quad (1)$$

$$\text{Productividad} = \frac{7 \times 97}{8 \times 104} = 82\%$$

4.5 Cálculo de indicadores de productividad mejorada

4.5.1 Eficiencia mejorada

La propuesta de mejora del proceso de fabricación de vidrio templado muestra un aumento significativo en la eficiencia subiendo del 81% al 88%.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo utilizado}}{\text{Horas de trabajo x \# operarios}} \quad (4)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{7}{8 \times 1} = 88\%$$

4.5.2 Eficacia mejorada

En cuanto a la eficacia se obtiene un aumento del 78% en la producción actual al 93%, esto debido a la reducción del tiempo total requerido contribuyendo al mismo tiempo al aumento del rendimiento de la producción.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Eficacia} = \frac{97}{104} \times 100\% = 93\%$$

4.6 Comparación estadística de resultados

Para precisar la diferencia entre los resultados antes de la mejora se estableció un análisis comparativo mediante la prueba de varianza para determinar la diferencia de varianzas y seleccionar la prueba estadística que corresponde a la T de Student de muestras independientes debido al tamaño de la muestra y para la formulación del valor de prueba se utilizó un nivel de confianza del 95%.

Para la prueba de varianza se estableció las dos siguientes hipótesis:

$$H_0 : \sigma_a^2 = \sigma_m^2$$

$$H_1 : \sigma_a^2 > \sigma_m^2$$

Posterior a ello se realizó la prueba estadística de Fisher en el que se evaluó el valor de las diferencias entre las varianzas de antes y del después empleando dos muestras, siendo la primera muestra de 81 observaciones del proceso actual y la segunda muestra de 10 observaciones tomada de la aplicación de la prueba piloto.

$$F_o = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_m^2} > F_{\alpha, n_1-1, n_2-1}$$

Estadísticas descriptivas				Límite inferior de 95% para σ
Muestra	N	Desv.Est.	Varianza	
Muestra 1	81	4.840	23.426	4.289
Muestra 2	10	1.330	1.769	0.970

Relación de desviaciones estándar		Límite inferior de 95% para la relación usando F
Relación estimada		F
3.63910		2.188

Prueba				
Hipótesis nula	$H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$			
Hipótesis alterna	$H_1: \sigma_1 / \sigma_2 > 1$			
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$			
Método	Estadística de prueba	GL1	GL2	Valor p
F	13.24	80	9	0.000

Ilustración 4-5: Prueba de varianzas

Realizado por: Asqui J, 2024

Según los datos obtenidos de la prueba de Fisher con un intervalo de confianza del 95% se obtiene un valor estadístico de prueba de 13,24 lo que significa que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa debido a que el estadístico de prueba es mayor al valor crítico que es de 2,77, por lo tanto, se demuestra que existe diferencia significativa entre las dos varianzas, además el valor de la varianza de la muestra después con la propuesta de mejora es considerablemente menor a la varianza de la muestra actual.

Una vez que se demostró que las dos varianzas son diferentes se procede a realizar la prueba de T de Student de muestras independientes con varianza no homogénea.

$$t_o > t_{\alpha, v}$$

Estadísticas descriptivas				
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Muestra 1	81	898.75	4.84	0.54
Muestra 2	10	638.00	1.33	0.42

Estimación de la diferencia	
Límite inferior de 95% para la diferencia	
Diferencia	
260.750	259.605

Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	
Valor T	GL	Valor p
381.93	48	0.000

Ilustración 4-6: Prueba T de Student

Realizado por: Asqui J, 2024

De acuerdo al resultado obtenido, con un intervalo de confianza del 95% proporciona el valor del estadístico de prueba de 381,93 segundos lo que significa que se acepta la hipótesis alternativa, debido a que el valor del estadístico de prueba es mayor al valor crítico de 1,67. Esto significa que hay diferencias significativas entre las medias de dos grupos independientes que se está contrastando, demostrando así que si existen cambios de mejora al realizar la estandarización.

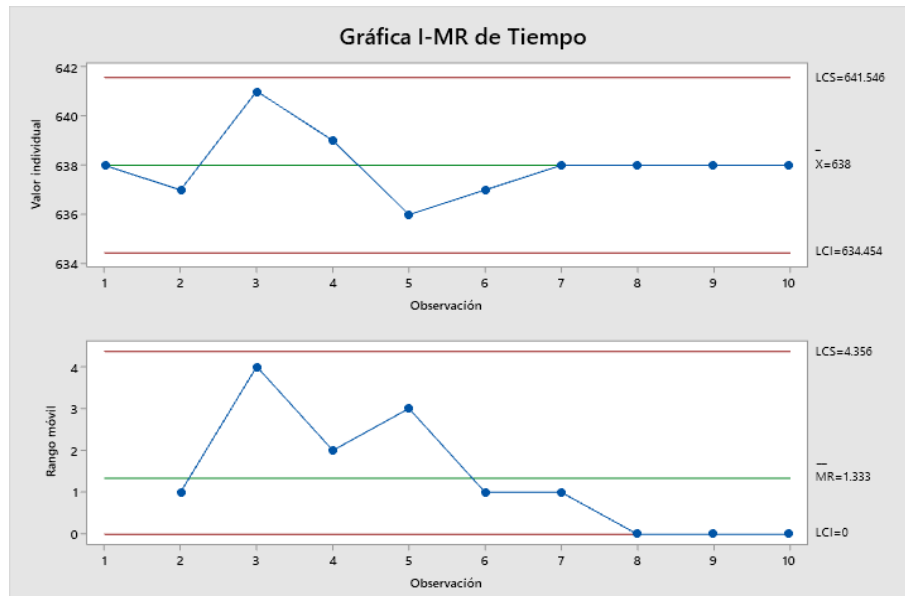


Ilustración 4-7: Carta de control del proceso mejorado

Realizado por: Asqui J, 2024

Con la propuesta de mejora se procedió a aplicar la prueba piloto en la planta de producción en el que se realizó un total de 10 observaciones con sus respectivos tiempos las cuales fueron registradas en la hoja de observación para el cálculo del tiempo estándar.

En la carta de control de medias, se muestra la reducción de la variabilidad en los datos de tiempo de las 10 muestras, concluyendo que los tiempos mejorados del proceso están bajo control y se alinean a la línea central. Sin embargo, en la carta de control de rangos, los puntos 8, 9 y 10 se acercan al límite central inferior, esto debido a retrasos de los trabajadores por el agotamiento de realizar unidades seguidas.

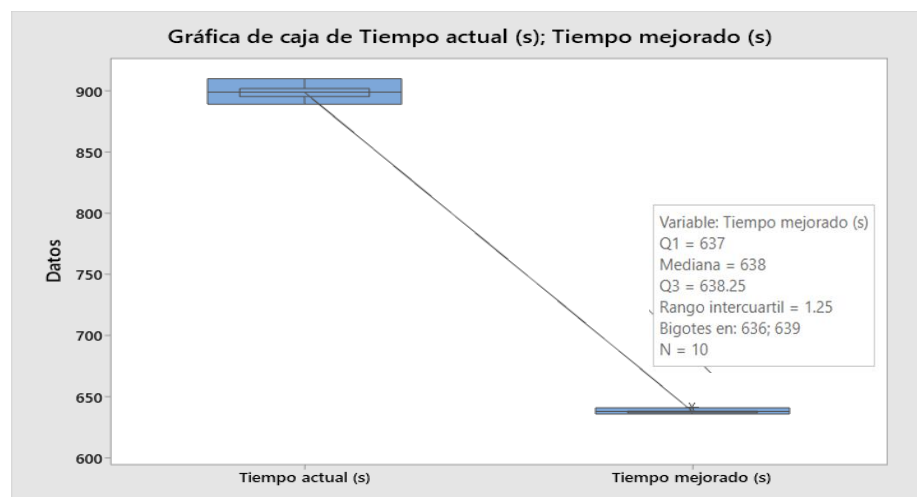


Ilustración 4-8: Diagrama de cajas

Realizado por: Asqui J, 2024

La Ilustración 4-8 muestra la diferencia en la reducción de los tiempos actual con una muestra de 81 datos y el tiempo mejorado con una muestra de 10 datos. Para la gráfica de caja del tiempo mejorado el primer cuartil indica que, el 25% de la muestra el tiempo máximo es de 637 segundos, la mediana refleja que el 50% de la muestra tiene un promedio de 638 segundos, mientras que el tercer cuartil señala que el 75% de la muestra tiene un promedio de 638,25 segundos, demostrando así la disminución de la variabilidad en los datos.

4.7 VSM mejorado

Al realizar las mejoras planteadas en el VSM actual se muestra en la Ilustración 4-9 una reducción en el valor de los inventarios de proceso y en cuanto al tiempo que no agrega valor se redujo a 144 segundos y el tiempo de valor agregado a 638 segundos.

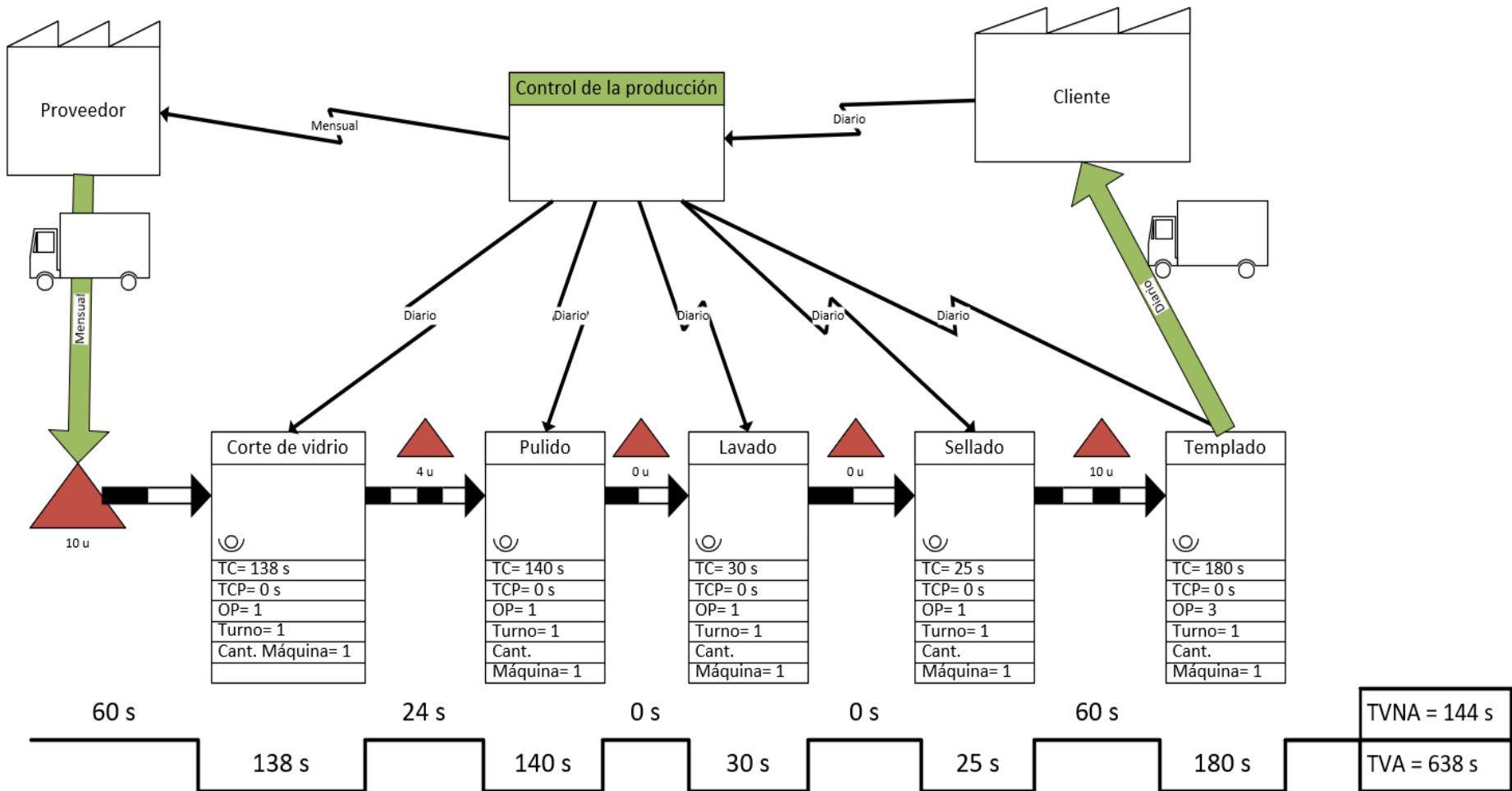


Ilustración 4-9: VSM mejorado

Realizado por: Asqui J, 2024

4.8 Simulación en Flexsim

Mediante el empleo de la herramienta Flexsim, se ilustra a través de la simulación las mejoras propuestas del proyecto del sistema de producción en el que se observa el flujo de los materiales, operarios y tiempo de producción que se presentan en el proceso de fabricación del vidrio templado.

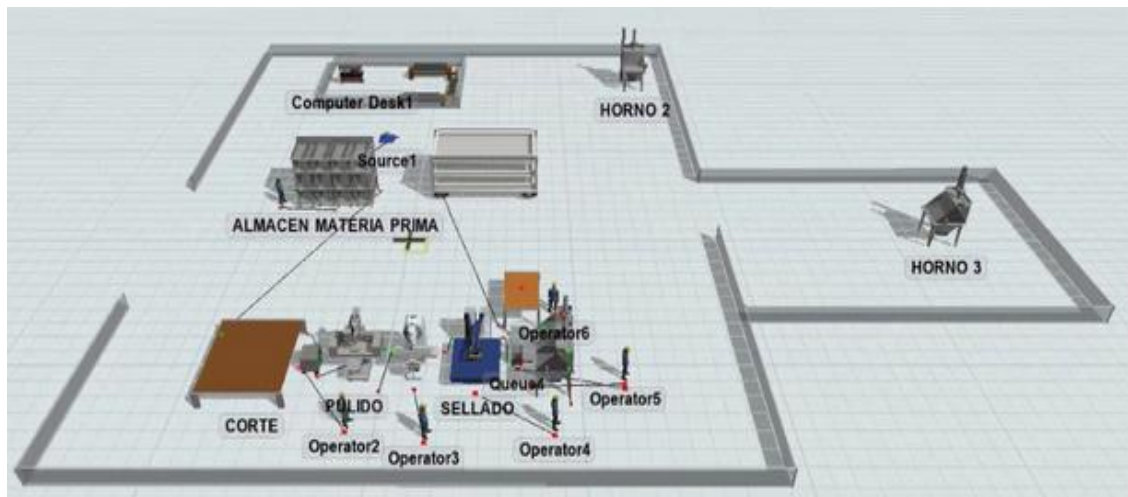


Ilustración 4-10: Simulación de la planta de fabricación de vidrio templado

Realizado por: Asqui J, 2024

Con la propuesta de mejora a través de la simulación se redistribuyó las máquinas en el que cada operario tiene menor distancia y tiempo de transporte, reduciendo así el tiempo de ciclo.

Para la realización de la simulación se procedió a configurar cada operación con los respectivos tiempos estandarizados, considerando una distribución normal de acuerdo a la normalidad de los datos en cada una de las máquinas.

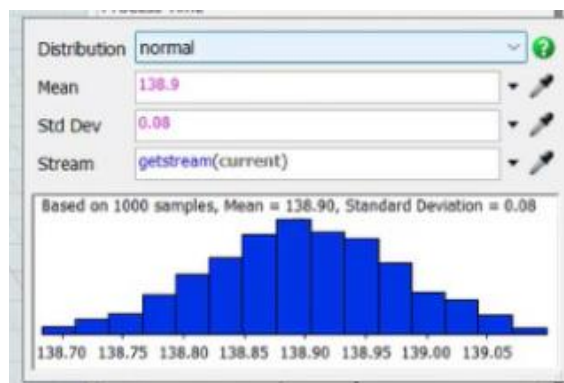
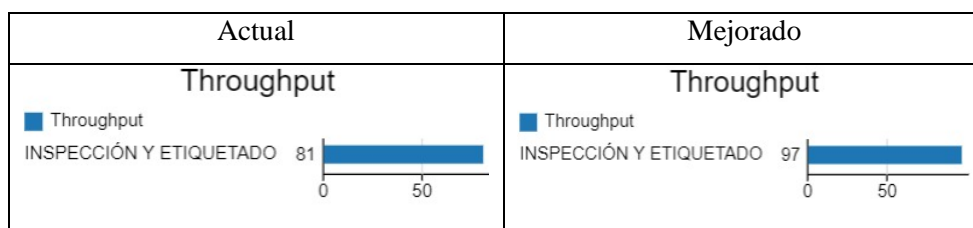


Ilustración 4-11: Configuración de distribución de operaciones

Realizado por: Asqui J, 2024

Las unidades producidas al final de una jornada de 8 horas obtienen una producción de 97 unidades de vidrio templado, ya que, con la estandarización se obtuvo un incremento de dos unidades por hora.

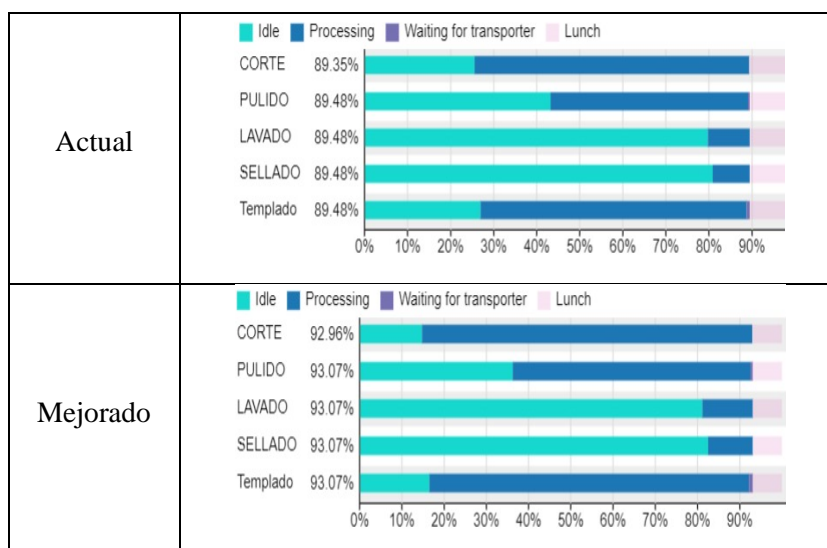
Tabla 4-5: Producción de unidades de vidrio



Realizado por: Asqui J, 2024

A continuación, en la Tabla 4-5 se contrasta las unidades fabricadas de vidrio templado para reposición automotriz en un día laboral, detallando el tiempo de ciclo que se realiza por cada unidad y los ingresos de los vidrios, al igual que la producción mejorada.

Tabla 4-6: Utilización de máquinas



Realizado por: Asqui J, 2024

La Tabla 4-6 muestra la utilización de cada máquina en una jornada de trabajo donde se evidencia el aumento de la utilización en el proceso mejorado debido al incremento de unidades en el sistema de producción.

Tabla 4-7: Ingreso diario

Actual			Mejorado		
Unidades producidas por día	Tiempo ciclo por unidad	Ingreso diario	Unidades producidas por día	Tiempo ciclo por unidad	Ingreso diario
81	897,4 (s)	\$1 458	97	670,79 (s)	\$1 746
	14,96 (min)			11,18 (min)	

Realizado por: Asqui J, 2024

Con la propuesta de mejora de producción de 16 unidades por día y tomando en cuenta el precio de venta de cada vidrio templado de \$18 se evidencia un ingreso adicional para la empresa de \$288 por día.

Tabla 4-8: Ingreso a largo plazo

Producción	Unidades producidas			Ingresos (\$)		
	Mensual	Trimestral	Anual	Mensual	Trimestral	Anual
Actual	1 782	5 346	2 1384	\$32,076.00	\$96,228.00	\$384,912.00
Mejorado	2 134	6 402	2 5608	\$38,412.00	\$115,236.00	\$460,944.00

Realizado por: Asqui J, 2024

En la Tabla 4-8 se muestra la comparación a largo plazo de unidades producidas considerando los 22 días laborables, obteniendo una producción de 2 134 vidrios templados y con un ingreso mensual de \$38,412.00, de tal manera que anualmente se produce 25 608 vidrios obteniendo un ingreso de \$460,944.00, generando mayor rentabilidad y permanencia de la empresa FVTemperlite en el mercado automotriz.

Tabla 4-9: Tabla de productividad

	Actual	Mejorado
Productividad	63%	82%
Eficiencia	81%	88%
Eficacia	78%	93%

Realizado por: Asqui J, 2024

Con la estandarización la empresa presenta notablemente un incremento en la productividad beneficiando a la empresa a obtener mayor rentabilidad.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El incremento en la productividad al 82%, una eficiencia de 88% y una eficacia del 78% con la metodología Lean Manufacturing utilizando la estandarización y VSM, demuestra la importancia de esta metodología en el proceso de producción. Además, al combinarse con otras herramientas como TPM permite un incremento aún más en la eficiencia de equipos y la productividad mediante futuras investigaciones.

La utilización de la estadística inferencial juntamente con herramientas Lean permite un mayor seguimiento y control de los indicadores de productividad del proceso de producción, debido a que hay mayor visión de cómo el proceso funciona de manera normal, mediante los valores de variaciones y desviaciones calculadas, lo cual promueve la mejora continua y la toma de decisiones basados en los datos.

Para la redistribución del área de producción es necesario considerar el flujo de materiales y personas para identificar cuellos de botella, puntos de congestión o movimientos innecesarios con el fin de minimizar el tiempo y la distancia entre las etapas del proceso. La reasignación provoca el aumento en el rendimiento general del proceso de producción de vidrio templado sin inversión adicional de recursos.

Comparando los resultados de la simulación en Flexsim con los resultados de la metodología Lean Manufacturing se determina que las diferencias de los resultados son mínimas, por cuanto la simulación es un factor importante en el estudio de los procesos, ya que, se evalúa distintos escenarios antes de la implementación de cambios en el proceso real.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda implementar maquinarias de corte automatizadas para la reducción de tiempos y maquinarias para el transporte de las planchas de vidrio para evitar accidentes o lesiones en los trabajadores.

Es necesario la creación de un manual de procesos de operación de sus maquinarias para que así los nuevos operarios puedan adaptarse fácilmente a realizar las actividades.

La empresa debe brindar capacitaciones a los operarios acerca de cada operación para que el trabajador pueda utilizar cada maquinaria y rotar en cada uno de los puestos sin dificultad.

Mantener una constante identificación de nuevas oportunidades de mejora en cada proceso del sistema de fabricación del vidrio templado, para que cada cierto periodo establecido ya sea mensual o anual pueda evaluar las mejoras y verificar si los resultados son favorables y generan ganancia para la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso, Mauricio. “Evaluación y mejoramiento del sistema de producción en la repostería deli con simulación discreta”. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información* [en línea], 2020, vol. 7, no. 13, ISSN 23393270. Disponible en: <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/624/487>.

Andrade, Adrián, Del Río, César & Alvear, Daissy. “Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado”. *Información Tecnológica* [en línea], 2018, vol. 30, no. 3, pág. 3. DOI 10.4067/S0718-07642019000300083. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083>.

Aroche, Fidel. “Estudio de la productividad y de la evolución económica en América del Norte. Una perspectiva estructural”. *Estudios Económicos (México, D.F.)*, 2018, vol. 33, no. 1, ISSN 0188-6916.

Barrera, Dayana & Lugo, Nidia. “Las aulas virtuales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Estadística”. *Revista Científica* [en línea], 2019, vol. 35, no. 2, pág. 185. [consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5043/504373009004.pdf>.

Bello, Roberto, Parra, Cecilia & Valarezo, Maria José. “Procedimiento para la estandarización de procesos y la competitividad en empresas agroproductivas de Manabí”. *Uniandes Episteme* [en línea], 2023, vol. 10, no. 2, pág. 237. [consulta: 26 noviembre 2023]. ISSN 1390-9150. DOI 10.61154/RUE.V10I2.2867. Disponible en: <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/2867/3560>.

Chud, Vivian, Bedoya, Ingrith & Paredes, Andrés. “Simulación de mejoras en el sistema productivo de una curtiembre basada en el mapeo de su cadena de valor. *Scientia et Technica*”, ISSN 0122-1701, Vol. 25, N°. 3, 2020, págs. 394-403 [en línea], 2020, vol. 25, no. 3, pág. 397. [consulta: 29 noviembre 2023]. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7581819&info=resumen&idioma=ENG>.

Escalante, Omar. “Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado”. *Industrial Data*, 2021, vol. 24, no. 1, ISSN 1810-9993. DOI 10.15381/IDATA.V24I1.19814.

Escobar, Jhony. “Diagrama de Ishikawa -Qué es, características y cómo hacerlo”. [en línea], , 2022 [consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://excelparatodos.com/diagrama-de-ishikawa/>.

Figueredo, Francisco. “Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto | Enhanced Reader”. *Ingeniería Industrial. Actualidad y NuevasTendencias*, 2015, vol. IV, no. 15,

Fontalvo, Tomás, De La Hoz, Efraín & Morelos, José. “La productividad y sus factores: Incidencia en el mejoramiento organizacional”. *Dimensión empresarial*, [en línea], 2018, vol. 16, no. 1, pág. 52. [consulta: 1 noviembre 2023]. ISSN 1692-8563. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6233008&info=resumen&idioma=ENG>.

García, Mónica & Amador, Antonio. “Cómo aplicar «Value Stream Mapping» (VSM). 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme”. *3C Tecnología*, 2019, vol. 8, no. 2, DOI 10.17993/3ctecno/2019.

Gómez, Ray David. “Mejora de la productividad en la producción de calzado en la empresa “Facalsa” de la ciudad de Ambato, mediante la estandarización de tiempos”. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2021, vol. 5, no. 5, ISSN 2707-2215. DOI 10.37811/cl_rcm.v5i5.876.

Hernández, Alcides. “Productividad en Obras de Construcción”. *Revista de la Facultad de Ingenierías y Tecnologías de la Información y Comunicación*. 2019, vol. 2, no. 6, pág. 41.

Hernández, Verónica, Kido, Juan, Pérez, Pascual & Rodríguez, Norma. “Definición del KPi Porcentaje de sacos con defecto y Takt Time Definition of KPi Percentage of bags with defect and Takt Time”. *Artículo Revista de Operaciones Tecnológicas Septiembre* [en línea], 2019, vol. 3, no. 10, pág. 26. [consulta: 27 enero 2024]. DOI 10.35429/JTO.2019.11.3.21.29. Disponible en: www.ecorfan.org/taiwa.

Jornet, Jesús Miguel. “Evaluación Estandarizada Standardized Assessment”. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa* [en línea], 2017, vol. 10, no. 1, pág.5. ISSN 1989-0397. Disponible en: www.rinace.net/riee/https://revistas.uam.es/riee.

Juan De Dios, Janeth, Pariona, Rocío, Pichardo, Fredy & Malpartida, Jorge. “Aplicación de Lean Manufacturing en empresas productoras de calzado”. *Llamkasun*, 2021, vol. 2, no. 4, DOI 10.47797/llamkasun.v2i4.65.

Malpartida, Jorge & Tarmeño, Luis. “Implementación de las herramientas del Lean Manufacturing y sus resultados en diferentes empresas”. *Alpha Centauri*, 2020, vol. 1, no. 2, pág.52. DOI 10.47422/ac.v1i2.12.

Montero, Luis, Canales, Erick, Luna, Roxana, Cadillo, Jhonatan, Muro, Raúl Santillana, Pedro, Arias, José & Gutiérrez, Jaime. “Estudio de tiempos con Crystal Ball y su relación con la productividad en condiciones de laboratorio. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, 2017”. *Revista Científica EPígmalión* [en línea], 2019, vol. 1, no. 1, [consulta: 25 noviembre 2023]. ISSN 2618-0006. DOI 10.51431/EPIGMALION.V1I1.533. Disponible en: <https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/EPIGMALION/article/view/533>.

Morocho, Cristian, Zambrano, Denis & Hernández, Arialys. “Estandarización de los procesos de producción de ropa industrial en la ciudad de Pelileo, Ecuador como factor para incidir en la productividad”. *Ingeniería Industrial* [en línea], 2023, vol. 44, no. 44, pág. 484. [consulta: 8 enero 2024]. ISSN 2523-6326. DOI 10.26439/ING.IND2023.N44.6142. Disponible en: https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/6142/6277.

Muñoz, Jonathan., Balón, Isabel, Reyes, Franklin & Muyulema, Juan. “Manufactura esbelta para eliminación de desperdicios en PyMEs: Una revisión sistemática de la literatura”. *593 Digital Publisher CEIT*, 2022, vol. 7, no. 4-2, DOI 10.33386/593dp.2022.4-2.1279.

Paredes, Andrés. “Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio”. *Entramado* [en línea], 2017, vol. 13, no. 1, pág. 268. [consulta: 1 noviembre 2023]. ISSN 2539-0279. DOI 10.18041/ENTRAMADO.2017V13N1.25103. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/1126>.

Quintero, Lisett, Carrera, Jorge & García, Ana. “Eficacia como constructo multidimensional en la determinación de estrategias de informatización empresarial”. *Revista chilena de ingeniería*, 2018, vol. 26, no. 2, pág. 355.

Rodríguez, Yadira, Abreu, René & Franz, Matthias. “Mapping usefulness for sustainability analysis in agri-food supply chains”. *Ingeniería Industrial* [en línea], 2019, vol. XL, no. 3, pág. 317. ISSN 1815-5936. Disponible en: <http://www.rii.cujae.edu.cu>.

Salazar, Bryan. *Diagrama del proceso del recorrido*. [blog], 2019. [consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-del-proceso-del-recorrido/>.

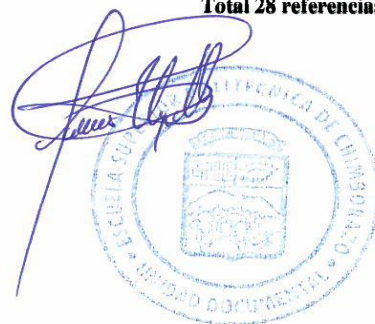
Vargas, Edith & Camero, José. “Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera”. *Industrial Data*, 2021, vol. 24, no. 2, pág. 249. ISSN 1560-9146.

Velásquez, José. “Prototipo de una mesa habilitadora y cortadora automática de vidrio”. *Industrial Data*, 2016, vol. 19, no. 2, ISSN 1560-9146. DOI 10.15381/IDATA.V19I2.12843.

Yepes, Víctor. *Diagrama de recorrido como herramienta de estudio de métodos*. [blog], 2022. [consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/03/29/diagrama-de-recorrido-como-herramienta-de-estudio-de-metodos/>.

Zarza, Rogelio. “Simulación de eventos discretos desde la ingeniería industrial”. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 2023, vol. 10, no. 20, DOI 10.29057/icbi.v10i20.10207.

Total 28 referencias bibliográficas



ANEXOS

ANEXO A: MODELO DE HOJA DE OBSERVACIÓN

HOJA DE OBSERVACIÓN												
Realizado por: Jhoana Asqui						N° de hoja: 1						
Departamento: Producción de vidrio templado						Fecha:						
ACTIVIDADES	TIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIEMPO OBSERVADO (s)
1	T											
2	T											
3	T											
4	T											
5	T											
6	T											
7	T											
8	T											
9	T											
10	T											
11	T											
12	T											
13	T											
14	T											
15	T											
Total												



ANEXO B: NÚMERO DE OBSERVACIONES

N° de muestra	Tiempo (s)	N° de muestra	Tiempo (s)	N° de muestra	Tiempo (s)
1	890	28	900	55	906
2	893	29	901	56	893
3	909	30	901	57	895
4	890	31	889	58	898
5	905	32	893	59	899
6	895	33	907	60	896
7	896	34	897	61	905
8	901	35	890	62	891
9	893	36	897	63	896
10	902	37	899	64	892
11	899	38	894	65	898
12	900	39	895	66	902
13	903	40	898	67	901
14	903	41	896	68	907
15	892	42	891	69	899
16	905	43	900	70	903
17	901	44	904	71	902
18	897	45	900	72	902
19	895	46	893	73	898
20	906	47	900	74	898
21	904	48	910	75	901
22	897	49	891	76	899
23	897	50	898	77	901
24	898	51	899	78	903
25	901	52	904	79	899
26	899	53	892	80	902
27	896	54	899	81	908



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 05/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Jhoana Lizeth Asqui Llangari
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Industrial
Título a optar: Ingeniera Industrial
 Ing. Jaime Iván Acosta Velarde, Mgs Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Juan Diego Erazo Rodríguez, Mgs. Asesor del Trabajo de Titulación