**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**
**Universidad del Perú. Decana de América**
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

# Implementación del balance de línea para incrementar la productividad en una fábrica de vidrio templado

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**AUTOR**

Jhonatan Henry MOTA PALOMINO

**ASESOR**

Mg. Ana Maria MEDINA ESCUDERO

Lima, Perú

2024




Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

**Referencia bibliográfica**

Mota, J. (2024). *Implementación del balance de línea para incrementar la productividad en una fábrica de vidrio templado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

## Metadatos complementarios

| | |
|---|---|
| **Datos de autor** | |
| Nombres y apellidos | Jhonatan Henry Mota Palomino |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 44897862 |
| URL de ORCID | |
| **Datos de asesor** | |
| Nombres y apellidos | Ana Maria Medina Escudero |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 10688345 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0003-1936-8756 |
| **Datos del jurado** | |
| **Presidente del jurado** | |
| Nombres y apellidos | Daniel Victor Surco Salinas |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 09722150 |
| **Miembro del jurado 1** | |
| Nombres y apellidos | Edgardo Aurelio Mendoza Altez |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 06605547 |
| **Miembro del jurado 2** | |
| Nombres y apellidos | Jorge Enrique Ortiz Porras |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 40523944 |
| **Datos de investigación** | |

| | |
|---|---|
| Línea de investigación | ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. 4. Gestión organizacional sostenible. |
| Grupo de investigación | No aplica |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento |
| Ubicación geográfica de la investigación | Empresa: Templados Limatambo S.A.C.<br>País: Perú<br>Departamento: Lima<br>Provincia: Lima<br>Distrito: San Juan de Lurigancho<br>Dirección: Mz N 1 Lote 2 Apv Los Pinos – Av. Próceres de la Independencia<br>Latitud: -11.977841<br>Longitud: -77.004086 |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Agosto 2020 - Octubre 2021 |
| URL de disciplinas OCDE | Ingeniería Industrial<br>https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04 |

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**VICEDECANATO ACADÉMICO**

# ACTA DE SUSTENTACIÓN N°046-VDAP-FII-2024

## SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día martes **15 de octubre de 2024**, a las 15:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

**"IMPLEMENTACIÓN DEL BALANCE DE LÍNEA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA FÁBRICA DE VIDRIO TEMPLADO"**

Que presenta el Bachiller:

**JHONATAN HENRY MOTA PALOMINO**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria.**

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 16:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido Aprobado por unanimidad con la calificación promedio de Dieciseis (16), lo cual se comunicó públicamente.

Lima, 15 de octubre del 2024

DR. DANIEL VICTOR SURCO SALINAS
**Presidente**

DR. JORGE ENRIQUE ORTIZ PORRAS
**Miembro**

MG. EDGARDO AURELIO MENDOZA ALTEZ
**Miembro**

MG. ANA MARIA MEDINA ESCUDERO
**Asesor**

MG. LUIS ROLANDO RAEZ GUEVARA
**Vicedecano Académico – FII**

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingeniería Industrial
VICEDECANO ACADÉMICO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

# CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **MEDINA ESCUDERO ANA MARIA** en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal **N° 000831-2024-D-FII** de la tesis, cuyo título es **IMPLEMENTACIÓN DEL BALANCE DE LÍNEA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA FÁBRICA DE VIDRIO TEMPLADO**, presentado por el bachiller **MOTA PALOMINO JHONATAN HENRY** para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **19%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Título Profesional especialidad correspondiente.

Lima, 09 de julio del 2024



Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: **MEDINA ESCUDERO ANA MARIA**
DNI: **10688345**

**Dedicatoria**

A mis padres Riccio y Valeria, por darme la vida, que esta tesis sea un tributo a la eterna admiración que les tengo.

A mi abuela cuya sabiduría me sigue guiando desde el cielo.

A Katy Ávila, compañera de siempre, por velar por mí y el apoyo durante tantos años.

**Agradecimiento**

A la faculta de Ingeniería Industrial de la UNMSM por las enseñanzas académicas y a mi asesora Ana Medina.

Al Gerente General de Templados Limatambo, sr. Alva por la confianza depositada en su empresa.

.

## Índice


**1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN ..... 16**

1.1. Descripción de la realidad del problema ..... 16

1.2. Formulación del problema ..... 29

1.2.1. Problema General ..... 29

1.2.2. Problemas específicos ..... 29

1.3. Justificación de la investigación ..... 30

1.3.1. Justificación teórica ..... 30

1.3.2. Justificación práctica ..... 30

1.3.3. Justificación metodológica ..... 30

1.3.4. Justificación económica ..... 31

1.4. Objetivos de la investigación ..... 31

1.4.1. Objetivo General ..... 31

1.4.2. Objetivos Específicos ..... 31

**2. MARCO TEÓRICO ..... 32**

2.1. Antecedentes ..... 32

2.1.1. Antecedentes internacionales ..... 32

2.1.2. Antecedentes nacionales ..... 35

2.2. Bases teóricas ..... 37

2.2.1. Balance de Línea ..... 37

2.2.2. Tiempo de ciclo ..... 38

2.2.3. Productividad ..... 38

2.2.4. Eficacia ..... 39

2.2.5. Eficiencia ..... 40

2.2.6. Estudio del trabajo ..... 40

2.2.7. Estudio de tiempos ..... 41

2.2.8. Tiempo observado ..... 41

2.2.9. Tiempo normal ..... 42

2.2.10. Tiempo estándar ..... 43

2.2.11. Suplementos en el estudio de tiempo ..... 43

2.2.11.1. Asignables al trabajador ..... 44

2.2.11.2. Asignables al trabajo estudiado ..... 44

2.2.11.3. No asignables al método ni al trabajador ..... 45

2.2.12. Estudio de movimientos ..... 45
2.2.13. Estudio de métodos ..... 46
2.2.14. Movimientos innecesarios ..... 48
2.2.15. Actividades innecesarias ..... 48
2.2.16. Suplementos que se pueden conceder ..... 49
2.2.17. Diagrama de recorrido ..... 49
2.2.18. Diagrama de flujo de procesos ..... 49
**3. HIPÓTESIS Y VARIABLES ..... 52**
3.1. Hipótesis General ..... 52
3.2. Hipótesis Específicas ..... 52
3.3. Identificación de variables ..... 52
3.3.1. Variables Secundarias ..... 52
3.3.1.1. General ..... 52
3.3.1.2. Específica ..... 52
3.3.2. Variables primarias ..... 53
3.4. Operacionalización ..... 54
3.5. Matriz de consistencia ..... 56
**4. METODOLOGÍA ..... 58**
4.1. Tipo y diseño de Investigación ..... 58
4.1.1. Tipo de investigación ..... 58
4.1.2. Diseño de la Investigación ..... 59
4.2. Población y Muestra ..... 60
4.2.1. Población ..... 60
4.2.2. Muestra ..... 61
4.2.3. Selección de la muestra ..... 62
4.3. Tamaño de la muestra ..... 65
4.4. Técnicas de recolección de datos ..... 68
4.5. Técnicas de procesamiento y Análisis de datos ..... 70
4.5.1. Análisis y Validación de datos en el estudio ..... 73
**5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS ..... 92**
5.1. Presentación de resultados ..... 92
5.1.1. Balance de línea ..... 92
5.1.1.1. Cálculo de tiempos estándar del proceso ..... 92
5.1.1.2. Cálculo de la proporción demandada por tipo de producto ..... 94

5.1.1.3. Selección de productos ..... 95
5.1.1.4. Condiciones iniciales y finales de los procesos operativos ..... 96
5.1.1.5. Balance de línea Inicial ..... 100
5.1.1.6. Balance de línea final ..... 106
5.1.2. La cantidad Producida antes del Balance de línea ..... 116
5.1.3. La cantidad producida luego del Balance de línea ..... 118
5.1.4. El Número de Horas extras antes del Balanceo ..... 121
5.1.5. El Número de Horas extras después del Balanceo ..... 123
5.1.6. La Eficiencia ..... 126
5.1.7. La Productividad ..... 127
5.1.8. Resumen de variaciones en las variables ..... 129
5.2. Contrastación de hipótesis ..... 129
5.2.1. Pruebas de hipótesis ..... 129
5.2.1.1. Prueba de Hipótesis para la cantidad producida de vidrio templado 130
5.2.1.2. Prueba de Hipótesis para el número de horas extras en la fabricación de vidrio templado ..... 135
5.2.1.3. Prueba de Hipótesis para la eficiencia de producción ..... 139
5.2.1.4. Prueba de Hipótesis General para la productividad ..... 143
5.3. Discusión de resultado ..... 146
**6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 148**
6.1. Conclusión ..... 148
6.2. Recomendaciones ..... 149
**7. BIBLIOGRAFÍA ..... 151**
**8. ANEXOS ..... 153**

## Índice de Tablas


**Tabla 1.** Ranking de importación de vidrio por empresas en Perú del año 2019 ..... 18

**Tabla 2.** Cuadro comparativo de características para 1 vidrio de 6mm de espesor ..... 20

**Tabla 3.** Definición operacional de variables ..... 54

**Tabla 4.** Matriz de consistencia: Implementación del Balance de línea para Incrementar la productividad en una Empresa que Fabrica Vidrio templado..... 56

**Tabla 5.** Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de corte de agosto - octubre 2020..... 63

**Tabla 6.** Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de corte de agosto - octubre 2021..... 64

**Tabla 7.** Cálculo de muestra en base a promedio de los registros por hora de la población..... 66

**Tabla 8.** Tabla de técnicas de recolección de datos ..... 68

**Tabla 9.** Tabla de técnicas de procesamiento de datos ..... 71

**Tabla 10.** Promedios estándar para los procesos en el año 2020..... 93

**Tabla 11.** Promedios estándar para los procesos en el año 2021 ..... 93

**Tabla 12.** Participación de productos para el balanceo de línea según Pareto..... 94

**Tabla 13.** Nueva asignación de participación de productos..... 96

**Tabla 14.** Tabla resumen de procesos con datos de máquina, operadores, turnos año 2020..... 96

**Tabla 15.** Tabla con tiempos estándar de procesos que no varía según el espesor ..... 100

**Tabla 16.** Tabla con tiempos estándar de proceso de horno que si varía por tipo de producto ..... 100

**Tabla 17.** Cálculo de tiempo compuesto por cada tipo de proceso operativo año 2020..... 102

**Tabla 18.** Tiempo de producción diario disponible balance inicial ..... 102

**Tabla 19.** Elaboración de tablas de Balanceo Inicial ..... 105

**Tabla 20.** Cálculo tiempo compuesto por cada tipo de proceso operativo año 2021. ..... 106

**Tabla 21.** Tiempo de producción diario disponible Balance Intermedio ..... 107
**Tabla 22.** Elaboración de tablas de Balanceo Inicial ..... 109
**Tabla 23.** Tabla de cálculo de sobrecarga de los puestos ..... 110
**Tabla 24.** Cálculo de tiempo compuesto por cada tipo de proceso operativo..... 111
**Tabla 25.** Tiempo de producción diario disponible balance Final ..... 111
**Tabla 26.** Elaboración de tablas de Balanceo Inicial ..... 114
**Tabla 27.** Tabla resumen de procesos con datos de máquina, operadores, turnos año 2021 ..... 115
**Tabla 28.** Procesos y su índice de utilización de capacidad: ..... 118
**Tabla 29.** Procesos y su índice de utilización de capacidad: ..... 120
**Tabla 30.** Tabla de comparación de eficiencias de años 2020- 2021 ..... 126
**Tabla 31.** Tabla de comparación de productividades año 2020 y año 2021 ..... 128
**Tabla 32.** Tabla de variables con su variación inicial final ..... 129
**Tabla 33.** Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de pulido de agosto - octubre 2020 ..... 153
**Tabla 34.** Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de taladro de agosto -octubre 2020 ..... 154
**Tabla 35.** Promedio de $m^2$ acumulados por hora en proceso de Skill glass de agosto-octubre 2020 ..... 155
**Tabla 36.** Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de lavado de agosto - octubre 2020 ..... 156
**Tabla 37.** Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de horno de agosto - octubre 2020 ..... 157
**Tabla 38.** Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de pulido de agosto-octubre 2021 ..... 158
**Tabla 39.** Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de taladro de agosto-octubre 2021 ..... 159
**Tabla 40.** Promedio de m2 acumulados por hora en proceso de Skill glass de agosto-octubre 2021 ..... 160
**Tabla 41.** Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de lavado de agosto -octubre 2021 ..... 161
**Tabla 42.** Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de horno de agosto - octubre 2021 ..... 162
**Tabla 43.** Condiciones iniciales del proceso corte en el 2020 ..... 163

**Tabla 44.** Condiciones iniciales del proceso pulido en el 2020 ..... 163
**Tabla 45.** Condiciones iniciales del proceso taladro en el 2020 ..... 164
**Tabla 46.** Condiciones iniciales del proceso skill glass en el 2020 ..... 164
**Tabla 47.** Condiciones iniciales del proceso lavado en el 2020 ..... 165
**Tabla 48.** Condiciones iniciales del proceso horno en el 2020 ..... 165
**Tabla 49.** Condiciones finales del proceso corte en el 2021 ..... 166
**Tabla 50.** Condiciones finales del proceso pulido en el 2021 ..... 166
**Tabla 51.** Condiciones finales del proceso taladro en el 2021 ..... 167
**Tabla 52.** Condiciones finales del proceso skill glass en el 2021 ..... 167
**Tabla 53.** Condiciones finales del proceso lavado en el 2021 ..... 168
**Tabla 54.** Condiciones finales del proceso horno en el 2021 ..... 168

## Índice de Figuras


**Figura 1.** Crecimiento del vidrio exportado por USA y China al mundo. ..... 17
**Figura 2.** Crecimiento del vidrio importado en Perú ..... 18
**Figura 3.** Mapa de Procesos de Templados Limatambo ..... 20
**Figura 4.** Foto representativa cargado de planchas a la máquina, habilitado de materia prima ..... 21
**Figura 5.** Foto representativa del proceso de cortado y tronzado de piezas ..... 22
**Figura 6.** Foto de la diferencia de vidrio pulido y sin pulir ..... 22
**Figura 7.** Diagrama de Flujo de Proceso de fabricación de vidrio templado ..... 24
**Figura 8.** Gráfico de cantidad de vidrio vendido en metro cuadrado por año 2015-2020 ..... 25
**Figura 9.** Gráfico de Porcentaje de participación 2020 ..... 25
**Figura 10.** Gráfico de metros cuadrados vendidos en mes de demanda alta de vidrio templado ..... 28
**Figura 11.** Árbol de Causas Y efectos ..... 29
**Figura 12.** División del estudio del trabajo ..... 47
**Figura 13.** Símbolos para el diagrama de flujo. ..... 50
**Figura 14.** Resumen estadístico del proceso corte 2020 ..... 74
**Figura 15.** Prueba de valores atípicos: Proceso de corte 2020 ..... 75
**Figura 16.** Resumen estadístico del proceso pulido 2020 ..... 76
**Figura 17.** Resumen estadístico del proceso taladro 2020 ..... 77
**Figura 18.** Resumen estadístico del proceso Skill Glass 2020 ..... 78
**Figura 19.** Resumen estadístico del proceso lavado 2020 ..... 79
**Figura 20.** Resumen estadístico del proceso horno 2020 ..... 80
**Figura 21.** Prueba de valores atípicos: Proceso de horno 2020 ..... 81
**Figura 22.** Resumen estadístico del proceso corte 2021 ..... 82
**Figura 23.** Resumen estadístico del proceso pulido 2021 ..... 83
**Figura 24.** Resumen estadístico del proceso taladro 2021 ..... 84
**Figura 25.** Prueba de valores atípicos: Proceso de taladro 2021 ..... 85
**Figura 26.** Prueba de valores atípicos: Proceso de taladro 2021-Despues del ajuste ..... 86
**Figura 27.** Resumen estadístico del proceso Skill Glass 2021 ..... 87

**Figura 28.** Resumen estadístico del proceso lavado 2021 ..... 88
**Figura 29.** Prueba de valores atípicos: Proceso de lavado 2021 ..... 89
**Figura 30.** Resumen estadístico del proceso horno 2021 ..... 90
**Figura 31.** Prueba de valores atípicos: Proceso de horno 2021 ..... 91
**Figura 32.** Distribución de planta en el periodo 2020 ..... 98
**Figura 33.** Distribución de planta en el periodo 2021 ..... 99
**Figura 34.** Secuencia lógica de la línea balanceada en estaciones ..... 104
**Figura 35.** Secuencia lógica de la línea balanceada en estaciones ..... 113
**Figura 36.** Gráfico de cantidad producida promedio diario 2020 ..... 116
**Figura 37.** Gráfico de tiempos estándar de fabricación de un vidrio de 1 m2 en el año 2020 por cada proceso ..... 117
**Figura 38.** Gráfico de cantidad producida promedio diario año 2020 ..... 119
**Figura 39.** Gráfico de tiempos estándar de fabricación de un vidrio de 1 m2 en el año 2020 por cada proceso ..... 120
**Figura 40.** Cantidad de horas extras semanales periodo agosto – octubre 2020 ..... 121
**Figura 41.** Regresión lineal del número de horas extras VS Cantidad producida .... 122
**Figura 42.** Cantidad de Horas extras por área y por mes en el año 2020 ..... 123
**Figura 43.** Cantidad de horas extras semanales periodo agosto – octubre 2021 ..... 124
**Figura 44.** Cantidad de Horas extras por área y por mes en el año 2021 ..... 125
**Figura 45.** Gráfico de eficiencias del año 2020 y 2021 ..... 127
**Figura 46.** Gráfico comparación de Productividad 2020 - 2021 ..... 128
**Figura 47.** Gráfica de probabilidad de Horneado 2020 ..... 131
**Figura 48.** Gráfica de probabilidad de Horneado 2021 ..... 132
**Figura 49.** Gráfica de valores atípicos de Cantidad producida 2021 ..... 133
**Figura 50.** Gráfica de caja de Horneado 2020; Horneado 2021 ..... 134
**Figura 51.** Gráfica de probabilidad de Horas Extras sem 2020 ..... 136
**Figura 52.** Gráfica de probabilidad de Horas Extras sem 2021 ..... 137
**Figura 53.** Gráfica de caja de Horas Extras sem 2020; Horas Extra sem 2021 ..... 138
**Figura 54.** Probability Plot of eficiencia 2020 ..... 140
**Figura 55.** Probability Plot of eficiencia 2021 ..... 141
**Figura 56.** Bloxplot of eficiencia 2021, eficiencia 2020 ..... 142
**Figura 57.** Gráfico Boxplot of Producción 2021, producción 2020 ..... 145

**Resumen**

El principal objetivo de esta investigación fue demostrar que implementar el balance de línea en la empresa Templados Limatambo, dedicada a la fabricación de vidrio templado, incrementará significativamente la productividad. La tesis se centró en optimizar la distribución del trabajo en las estaciones de la línea de producción. Específicamente se buscó mejorar la producción diaria, reducir las horas extras y aumentar la eficiencia en los procesos productivos.

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, caracterizado por la recolección y análisis de datos numéricos provenientes del sistema ERP de la empresa. Se diseñó una investigación cuasiexperimental, lo que significa que se estudiaron la relación de las variables primarias y se observó el efecto en las otras variables secundarias, sin embargo, los sujetos no se asignan al azar, tampoco se puede crear condiciones de laboratorio ya que los grupos de estudio ya estaban establecidos en la empresa. Este diseño fue complementado con un análisis descriptivo-correlacional, cuyo objetivo fue detallar y analizar la relación entre el balance de línea (variable primaria) y la productividad, eficiencia y reducción de horas extras (variables secundarias).

Para la recolección de datos, se emplearon diversos instrumentos, como partes diarios, lecturas de códigos de barras de etiquetas, reporte de producción en cada proceso. Estos instrumentos permitieron obtener información detallada sobre los tiempos estándar de los procesos productivos, la cantidad de producción diaria y las horas extras registradas. Los datos fueron extraídos del sistema ERP (Spring) de la empresa, el cual almacena los registros diarios de producción.

La implementación del balance de línea trajo consigo resultados significativos en la productividad de la empresa. Se incrementó la capacidad de producción diaria de 895 $m^2$ a 1500 $m^2$, lo que representa un aumento del 59.5%. Además, se logró una notable reducción en el número de horas extras, pasando de 60 horas semanales a 31, siendo un

ahorro para la empresa en estudio y mejora el rendimiento general de los trabajadores. En términos de eficiencia, se observó una mejora del 25.22%, mientras que la productividad aumentó en 28.64 m² por hora. Estos resultados reflejan una optimización en la distribución del trabajo, mejora en la estabilidad y eficiencia del proceso productivo.

La presente tesis concluye que la implementación del balance de línea en la empresa Templados Limatambo fue un éxito, se demostró que hubo incremento significativo de la productividad y eficiencia de la producción de vidrio templado. La empresa aumentó su capacidad de producción diaria y redujo las horas extras, lo que se tradujo en una reducción de costos. Estos resultados demuestran que el balance de línea es una herramienta efectiva para mejorar la productividad en empresas manufactureras.

**Abstract**

This research aims to demonstrate that the implementation of line balancing at Templados Limatambo, a company dedicated to manufacturing tempered glass, significantly increases productivity. The company faced challenges such as insufficient production capacity, operational inefficiencies, and high costs associated with overtime. The study employed a quantitative approach and a quasi-experimental design, using tools such as standard time analysis, production reports, and ERP system data to assess the impact of the implementation.

After the implementation of line balancing, the daily production capacity increased from 895 m² to 1500 m², representing a 59.5% growth. Additionally, weekly overtime was reduced from 60 to 31 hours, generating significant savings for the company. In terms of efficiency, there was a 25.22% improvement, while productivity increased by 28.64 m² per hour. These results reflect an optimization in workload distribution, the elimination of bottlenecks, and better utilization of available resources.

It is concluded that line balancing is an effective methodology to enhance productivity, efficiency, and profitability in manufacturing companies such as Templados Limatambo. The findings of this research provide a solid framework for future implementations in organizations with similar processes.

# 1. El Problema De La Investigación

## 1.1. Descripción de la realidad del problema

Hace más de 5000 años el vidrio fue inventado en Siria por lo hombres, fue usado por mercaderes como material de lujo decorativo, material de protección o envase y finalmente usado para la construcción. A partir del siglo XV se empleó el vidrio para cubrir ventanas, puertas y demás aberturas. En la Revolución Industrial (1760) el vidrio fue extendido a toda la población, gracias a la mecanización con la cual se impulsó su producción masiva y se redujo el costo de fabricación. (Ecovidrio, 2021)

En el 2020 en el mundo existen 1049 empresas fabricantes de vidrio y el 52% del vidrio es producido en China (405 fábricas) y USA (144 fábricas), empresas que en total fabrican 570710 TN de vidrio por día y que al año hacen una fabricación 208.309.099 TN. (GlassGlobal, 2020). Entre los años 2016 y 2019 China y USA han incrementado sus niveles de exportación de vidrio a todo el mundo en 10%, lo cual indica el nivel de crecimiento que ha tenido la fabricación de vidrio en el mundo, como se puede observar en el Figura 1.

***Figura 1.***

*Crecimiento del vidrio exportado por USA y China al mundo.*

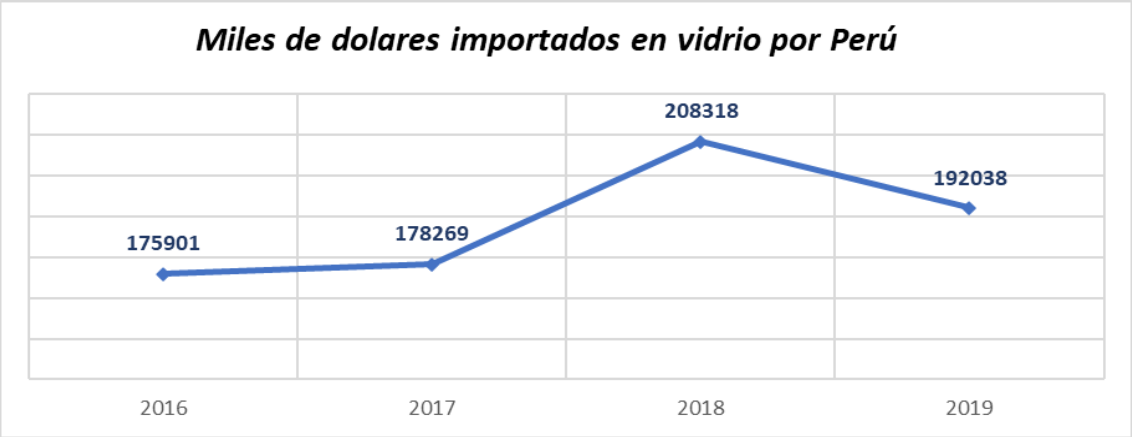



*Nota.* Como se puede ver en la gráfica la exportación de vidrio de USA y China viene creciendo desde el 2016. Tomado de (trademap, 2020), https://www.trademap.org/Index.aspx

Con respecto al mercado nacional el vidrio crudo no se fabrica en el país, el vidrio común o vidrio Float, conocido también como vidrio crudo es aquél que no ha sido sometido a ningún proceso térmico posterior a su fabricación y además es materia prima de todos los productos de vidrio. En vidrios procesados tenemos los productos vidrio templado, vidrio laminado, productos utensilios, vasos y platos. Toda la materia prima usada en el procesamiento de vidrios y su uso como vidrio crudo es importada. Las importaciones en Perú se han elevado en el periodo 2016 a 2019 en 9% anual, como se muestra en el figura 2, llegando a importar 192 Millones de dólares en vidrio, siendo el principal proveedor CHINA (trademap, 2020).

***Figura 2.***

*Crecimiento del vidrio importado en Perú*




*Nota.* Como se puede ver en la gráfica la importación de vidrio hacia el Perú viene creciendo desde el 2016. Tomado de (trademap, 2020), https://www.trademap.org/Index.aspx.

Las empresas importadoras de vidrio en el ranking del país son: Templados Limatambo, Corporación Corrales, Vidrios Lirquen, HPD glass, Vidriería 28 de Julio, en la tabla 1 se lista el ranking del año 2019 la cantidad de vidrio importado por cada empresa.

**Tabla 1.**

*Ranking de importación de vidrio por empresas en Perú del año 2019*

| Empresa | Tonelada de vidrio | % |
|---|---|---|
| Templados Limatambo | 72800 | 34 |
| Corporación Corrales | 66376 | 31 |
| Vidrios Lirquen | 34259 | 16 |
| HPD glass | 23553 | 11 |
| Vidriería 28 de Julio | 17129 | 8 |
| Total, Toneladas | 214118 | 100 |

> La empresa Templados Limatambo SAC, se dedica a la fabricación de vidrio templado y empezó a laborar el año 2013. La empresa pertenece al grupo Corporación Limatambo con más de 40 años dedicados a la comercialización de vidrio y que tiene al 2020 el 35% de la participación del mercado peruano en vidrio. (Mendoza Manuel, 2020)

La empresa obtiene el 92% de sus ingresos por la producción de vidrios templados y ha centrado su cadena de valor en el procesamiento del vidrio templado. El procesamiento de vidrio templado consiste en un proceso por tratamiento térmico en el cual el vidrio es llevado a su punto crítico antes de la fusión mediante calentamiento y luego es enfriado abruptamente. El proceso inicia en el cortado del vidrio crudo a la forma deseada, pasa por limpieza a fondo para eliminar cualquier suciedad que pueda afectar el proceso de templado, luego el vidrio es llevado a calentamiento hasta la temperatura de 700°C, punto en el cual se vuelve maleable, en ese punto se le enfría rápidamente con condiciones de aire y presión controladas , el primer enfriamiento es brusco, esto crea tensiones internas en el vidrio que aumenta la resistencia del vidrio , además de reordenar su estructura molecular a la forma cristalina. Finalmente se enfría el vidrio lentamente con tiempos controlados hasta llevarlo a temperatura de ambiente.

El vidrio resultante al procesamiento de templado tiene mayor resistencia al impacto, 5 veces más resistente al vidrio crudo y al romperse lo hace de manera granulada, sin filos, al contrario de los otros rompen en trozos grandes y filudos, esas características hacen que el vidrio templado sea más seguro.

> La presente tesis se referirá al vidrio templado, el cual es un vidrio con características superiores al resto: Mayor resistencia (5 veces más que el vidrio crudo), rompe en forma granulada, Resistencia al calor de hasta

250 grados sin rotura, Soporte al choque térmico de 200 grados sin rotura. (Corporación Furukawa, 2014)

**Tabla 2.**

*Cuadro comparativo de características para 1 vidrio de 6mm de espesor*

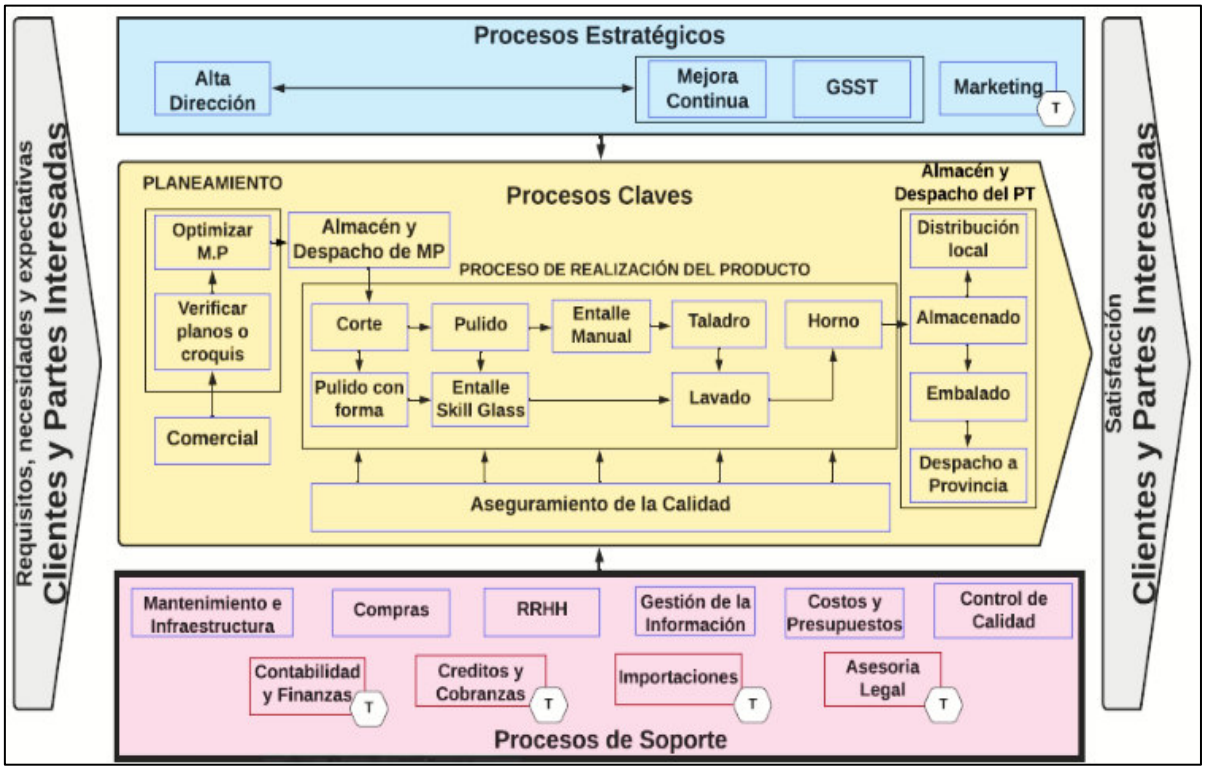
| Características Evaluadas | Vidrio templado | Vidrio crudo |
|---|---|---|
| Resistencia a la flexión | 190 Mpa | 40 Mpa |
| Resistencia al impacto (golpe desde altura 2m) | 50kg | 4 kg |
| Choque térmico | 250°C | 60°C |
| Gránulos | menores a 1 cm2 | mayores a 10cm2 |

*Nota.* Se toma referencia un vidrio de 350 mm x 1200 mm y de espesor 6mm. Tomado de (Corporación Furukawa, 2014).

El procesamiento del vidrio templado (proceso de realización del producto) es lineal y empieza en el corte, pasa por pulido, entalle lavado y horno terminando en el proceso de horno como se muestra en el macro proceso de fabricación la figura 3.

***Figura 3.***

*Mapa de Procesos de Templados Limatambo*



El proceso del vidrio templado inicia en la venta, captando el requerimiento del cliente. Todos los datos de los vidrios que son: la dimensiones, largo y ancho, el tipo de vidrio y recorte o perforación que necesite son plasmados en un plano. La información pasa a través de planeamiento quién verifica los pedidos, realiza la programación de la ruta de trabajo y hace requerimiento de la materia prima a utilizar en cada pedido.

Luego el requerimiento es entregado a almacén de materia prima para el habilitado de materiales, la materia prima que viene en planchas de 3.5m de largo por 2.5 m de ancho es cargada a la máquina de corte, como se ve en la figura 4.

***Figura 4.***

*Foto representativa cargado de planchas a la máquina, habilitado de materia prima*



Se echan las planchas en la máquina para iniciar el proceso productivo de fabricación del vidrio templado, pasando por los siguientes procesos:

**Corte:** el proceso es automático en la máquina CNC cortadora que raya las planchas de vidrio según las medidas que fueron programadas por planeamiento y que son requeridas por el cliente. Luego del rayado de las planchas las piezas son tronzadas, el tronzado es una actividad de separación del vidrio luego de ser rayado, como se ve en

la figura 5 las piezas son cortadas a medida solicitada por el cliente, con el largo y ancho deseado para finalmente ser descargado al siguiente proceso de pulido.

***Figura 5.***

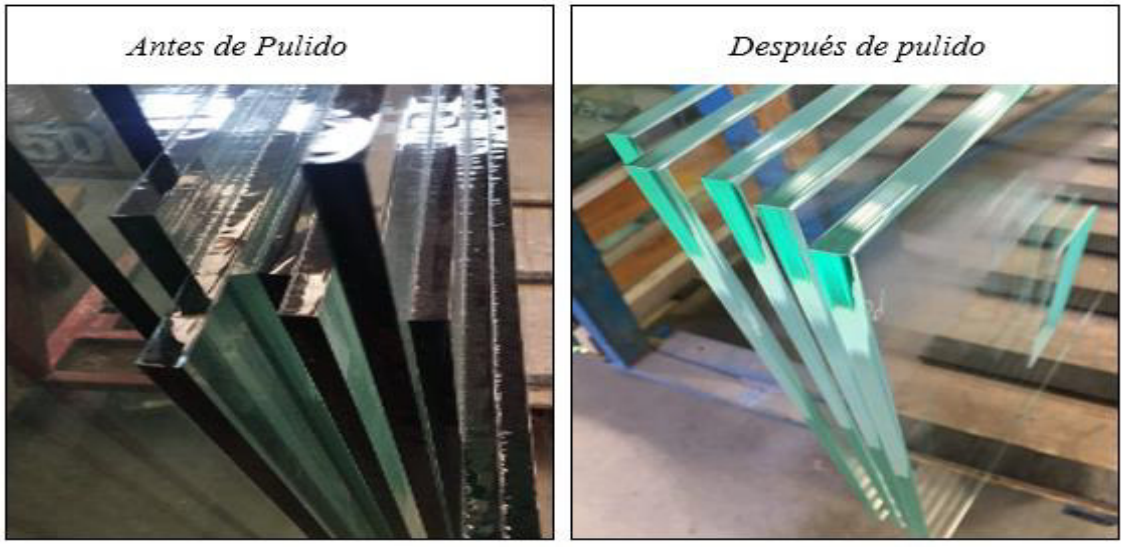
*Foto representativa del proceso de cortado y tronzado de piezas*



**Pulido:** los vidrios son pulidos en máquinas que lijan los bordes por los 4 lados que tiene el vidrio, al terminar el proceso el vidrio ya no tiene bordes filosos, ver figura 6. Luego el vidrio pulido es pasado a proceso de lavado o taladro.

***Figura 6.***

*Foto de la diferencia de vidrio pulido y sin pulir*



**Entalle y taladro Manual:** los vidrios pequeños de medidas menores a 0.5m2 de área son perforados en máquinas taladros manuales, eso cuando requiere el cliente en su pedido huecos o recortes.

**Taladro Skill glass:** Es el proceso de hacer huecos o perforaciones a los vidrios que tienen área mayor a 0.5m2, se realizan las perforaciones y los recortes en la máquina CNC de marca Skill glass, la cual es automatizada y que debe ser programada por computadora. La máquina por medio de sus controladores ejecuta recortes de fresado y taladrado con agua en los vidrios

**Lavado:** El lavado del vidrio consiste en quitar todas las manchas adquiridas en los procesos previos, se programa la lavadora de acuerdo al espesor del vidrio que se va a lavar, luego se coloca el vidrio en la mesa de la lavadora luego es trasladado a través de unos rodillos para ser lavados con agua, al final de la lavadora se tiene unas luces blancas que sirven para identificar las fallas de borde, fallas de superficie y de medida.

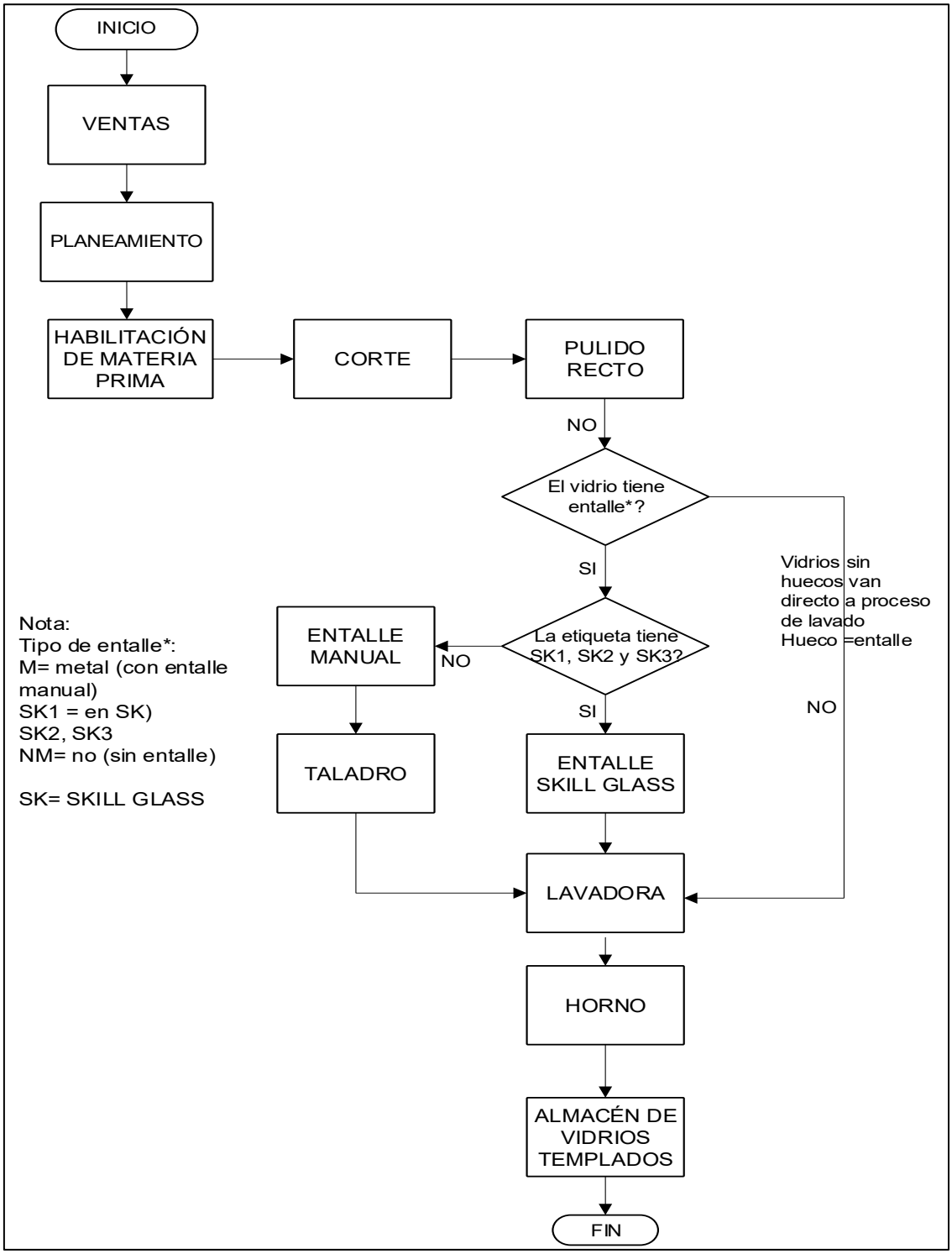
**Horno:** El templado de vidrio es para darle dureza al vidrio, previamente se programa en el panel de programación del horno de acuerdo al tipo de vidrio y espesor, El templado del vidrio se realiza por diferencia de temperatura, el vidrio lavado se coloca en la mesa del horno y es trasladado a través de unos rodillos a la cámara de calentamiento y luego pasa a la cámara de enfriamiento.

A la salida del horno se realiza un control de calidad a los vidrios, revisando las posibles fallas de borde, fallas de superficie y de dimensión.

Luego de terminado el proceso los vidrios son almacenados en los clasificadores del almacén de productos listos para el recojo del cliente. Se muestra el proceso en el macro proceso de la fabricación del vidrio templado en la figura 7.

***Figura 7.***

*Diagrama de Flujo de Proceso de fabricación de vidrio templado*

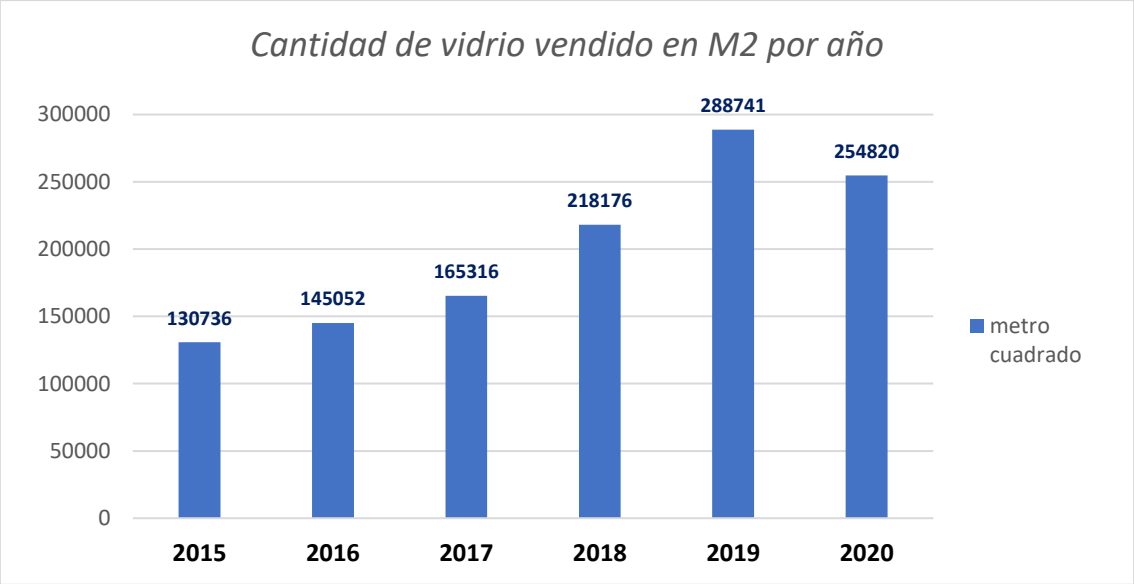



La demanda del vidrio templado se ha incrementado, al analizar las ventas de la empresa de los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 denota un crecimiento ininterrumpido promedio anual del 15 % si incluimos el año 2020 de pandemia y un

crecimiento de 22% anual sin el año 2020 que es atípico. El crecimiento ha sido constante pasando de vender 130736 vidrios en 2015 a vender 254820 en 2020, como se muestra en el figura 8.

***Figura 8.***

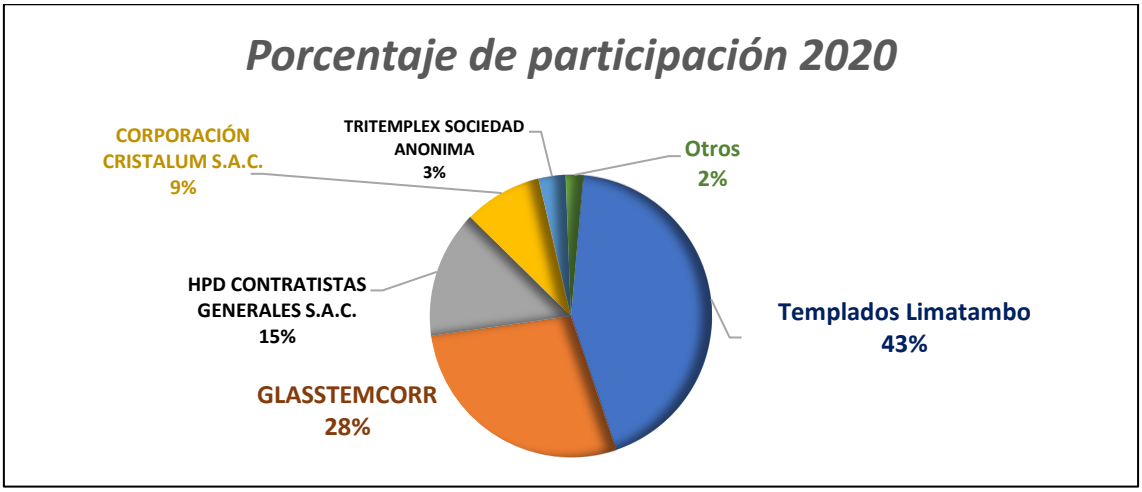
*Gráfico de cantidad de vidrio vendido en metro cuadrado por año 2015-2020*




La empresa ha ido creciendo y a su vez posicionándose en el mercado como uno de los principales fabricantes de vidrio templado en los 4 últimos años, en el año 2020 tiene 43% de participación de mercado, esto se muestra en el figura 9.

***Figura 9.***

*Gráfico de Porcentaje de participación 2020*



La empresa ha incorporado en sus gestiones desde el año 2016 a 2020: sistemas ERP para el manejo de la información, certificado de sistema de Gestión de calidad ISO 9001:2015, con lo cual asegura la calidad y estandarización en sus procesos tanto administrativos como operativos.

Para garantizar la calidad del producto el vidrio templado certifica el cumplimiento de los estándares nacionales como la norma E.040, que es el reglamento para el vidrio usado en edificaciones e internacionales como la norma ANSI Z97, que es el estándar oficial norteamericano que regula los vidrios templados de seguridad empleados en construcciones arquitectónicas y define procedimientos y pruebas de evaluación para las propiedades de seguridad de los vidrios templados.

Se implementó un sistema de Costeo para la producción que ayuda a medir costos en la fabricación, determinando que el costo de materia prima es 50% del costo de fabricación, ello también contribuye a tener precios flexibles y competitivos cuidando la rentabilidad y ayudando a la planificación financiera con los presupuestos.

Los vidrios templados, que son el producto final de la empresa, tienen como destino: 71% para la capital Lima y 29% para los departamentos del interior del país, teniendo 3 tipos de productos principales (los cuales ocupan el 82% de la producción): Vidrio incoloro templado de 6 mm, Vidrio incoloro templado de 8 mm, Vidrio incoloro templado de 10 mm.

La empresa cuenta con ubicación estratégica, con su planta principal en el distrito de San Juan de Lurigancho, muy cercano al centro de la capital Lima a la distancia de 9 km. Los demás competidores tienen sus plantas alejadas, la más cercana a 40km en el distrito de Ventanilla, eso deja a la empresa con ventaja sobre la competencia, dando facilidad y cercanía a los clientes para el recojo de los vidrios.

Además, la empresa cuenta con un proceso de reclutamiento de personal selectivo y bien definido para garantizar la correcta operación de sus procesos productivos de fabricación del vidrio templado. En este proceso se hacen evaluaciones técnicas sobre manejo de programas o máquinas, se califica la aptitud para el trabajo de la persona y la adaptación mediante capacitaciones. Se tiene los siguientes pasos para la selección de personal:

**Elaboración del perfil de puesto de trabajo**, esto resulta del análisis de requisitos para el trabajo y permite comprender a detalle las habilidades competencias necesarias para operar la máquina de cada proceso.

**Evaluación de habilidades técnicas**, se evalúan actividades o pruebas relevantes.

**Entrevistas estructuradas**, se realiza entrevistas estructuradas que incluyan preguntas específicas relacionadas con la experiencia previa del candidato en roles similares, su capacidad para trabajar en equipo, su disposición para aprender y su adaptabilidad a nuevos entornos de trabajo, a esto le acompañan las referencias laborales.

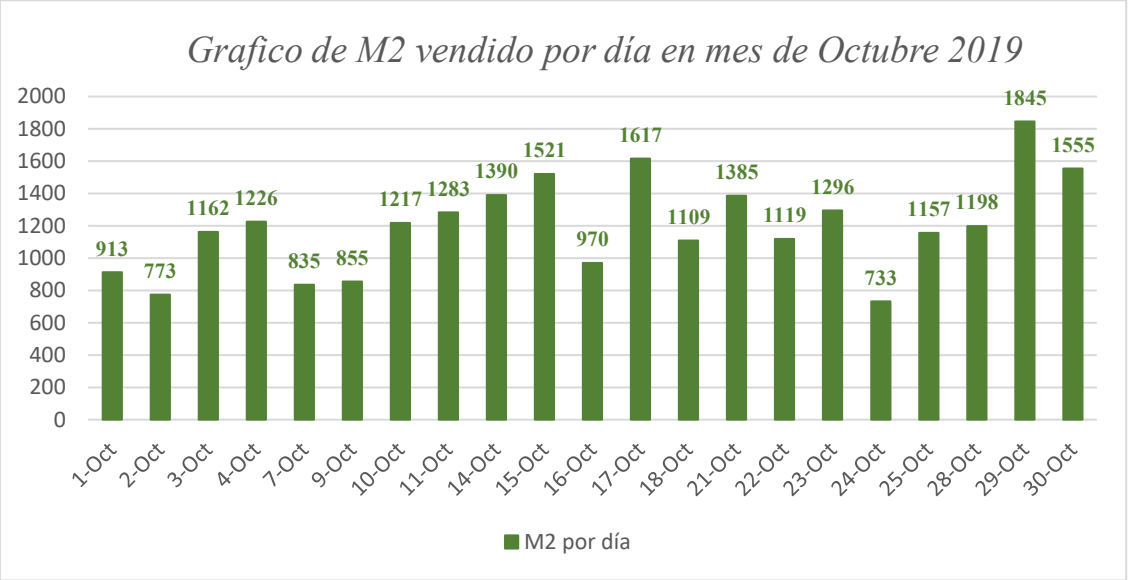
Luego de seleccionado los candidatos adecuados se les brindan la capacitación integral sobre el manejo seguro, eficiente y de calidad de las máquinas y productos.

La empresa pasó de tener una capacidad instalada en la planta de 400 m2/día en 2016 a 900 m2/día en el año 2019, implementado máquinas automatizadas, incremento de turnos y una constante mejora continua en sus procesos para hacerlos óptimos.

Sin embargo, la empresa presenta problemas como la cantidad de vidrio producido, que no satisface la demanda de las ventas. En la fábrica de vidrio la capacidad de vidrios templados es 895 metros cuadrados por día, lo cual es el 60% de lo que demanda el mercado en temporada alta, limitando las ventas. Los meses de mayor demanda son desde agosto a noviembre, y tienen picos de demanda de 1500 metros cuadrados vendidos, como se evidencia en el figura 10.

***Figura 10.***

*Gráfico de metros cuadrados vendidos en mes de demanda alta de vidrio templado*




El deficiente Balance de Línea en el área de Producción genera poca eficiencia, el tiempo de ciclo no es adecuado a la demanda, es muy largo para poder atender la demanda. El tiempo de ciclo está definido en el proceso de Horno con 45 m2 horneados por horas o 45 seg/m2, por otro lado, el takt time (ritmo de producción para atender demanda) es de 19 segundos.

Si algún proceso produce más rápido que otro, genera que algunos de los procesos puedan estar sobrecargados y otros subutilizados, lo que lleva a tiempo de espera entre procesos y congestión en la línea de producción.

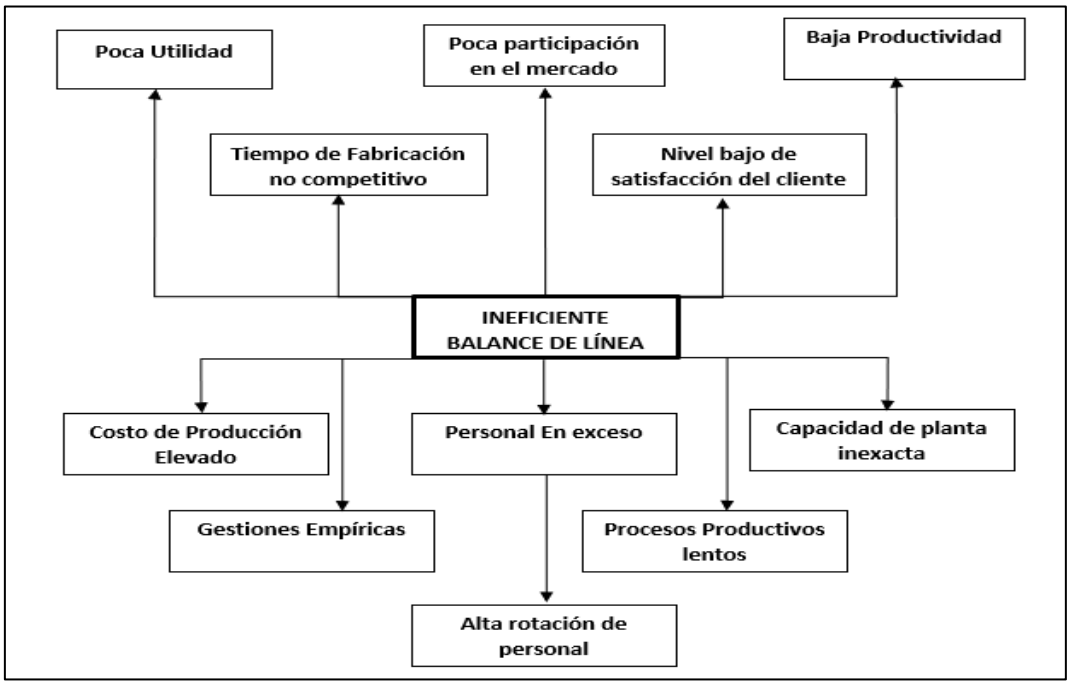
Además, con el desbalance de línea se incurren en costos adicionales como las horas extras en exceso, lo que es sobrecosto de producción, en el año 2019 existen 60 horas extras semanales en promedio. El exceso de personal también es otra consecuencia.

Los problemas causados por un mal balance en la línea de fabricación, en resumen: limita la capacidad de producción, que es insuficiente para atender la demanda, además tiene consecuencia una baja productividad en el procesado del vidrio templado,

mala gestión de los recursos humanos, plazos de entrega muy largos y poca flexibilidad al momento de concretar ventas, no permite la correcta toma de decisiones.

***Figura 11.***

*Árbol de Causas Y efectos*




*Nota.* Como se puede ver en la figura 11, los efectos negativos que trae consigo la ineficacia en el balance de línea.

## 1.2. Formulación del problema

### *1.2.1. Problema General*

PG: ¿De qué manera la implementación de un balance de línea incrementará la productividad de una empresa que fabrica vidrio templado?

### *1.2.2. Problemas específicos*

PE1: ¿De qué manera la implementación de un balance de línea incrementará la cantidad producida diaria en una empresa que fabrica vidrios templados?

PE2: ¿De qué manera la implementación de un balance de línea reducirá el número de horas extras en una empresa que fabrica vidrios templados?

PE3: ¿De qué manera la implementación de un balance de línea incrementará la eficiencia de producción en una empresa que fabrica vidrio templado?

## 1.3. Justificación de la investigación

### *1.3.1. Justificación teórica*

A través de esta tesis se quiere demostrar que la implementación de un balance de línea tiene relación directa con la mejora de la productividad e incremento de la eficiencia de una empresa que se dedica al proceso de Vidrio Templado. Y con los resultados obtenidos puedan ser usados como base para otras investigaciones respecto al tema tratado.

### *1.3.2. Justificación práctica*

Esta investigación se realizará debido a que la empresa tiene necesidad de mejorar la productividad, ello basado en la falta de toma de tiempos actualizados, nula determinación de la capacidad de la planta, escaso control en los procesos. Con el balance de línea implementado en esta tesis se podrá mejorar la relación entre los procesos nivelando las capacidades y ayudando al mejor control de las operaciones en una empresa procesadora de vidrio templado.

### *1.3.3. Justificación metodológica*

Esta investigación busca eliminar los cálculos empíricos para la planificación de la producción, teniendo ahora datos exactos basados en capacidades reales actuales de los procesos, con un diseño balanceado, medido y controlado de su línea de producción y con la finalidad de mejorar su productividad.

### *1.3.4. Justificación económica*

Una línea con un correcto balance en sus procesos evidenciará la reducción de los costos inevitablemente, es decir se fabricará más con menor inversión y mejor consumo de sus recursos; tales como mano de obra; insumos y consumibles; costos indirectos de fabricación: consumo de energía, internet, entre otros y el desgaste de la maquinaria empleada en las operaciones. Además, todo ello elevará las ventas pues implicará una mejora en la velocidad de procesamiento de toda la línea de fabricación, es decir se reducirá el tiempo de entrega de los pedidos para los vidrios templados, lo cual atraería más clientes

## 1.4. Objetivos de la investigación

### *1.4.1. Objetivo General*

Implementar el balance de línea para incrementar la productividad de una empresa que fabrica vidrio templado.

### *1.4.2. Objetivos Específicos*

OE1: Implementar un balance de línea para incrementar la cantidad de producción diaria de una empresa que fabrica vidrios templados.

OE2: Implementar un balance de línea para reducir el número de horas extras de una empresa que fabrica vidrios templados.

OE3: Implementar un balance de línea para incrementar la eficiencia de producción de una empresa que fabrica vidrios templados.

# 2. Marco teórico

## 2.1. Antecedentes

### *2.1.1. Antecedentes internacionales*

Según Muñoz Ramirez (2018), en la tesis "Balance de línea para mejorar el flujo de producción de la línea BusStar 360 de la empresa Busscar de Colombia SAS" tienen como principal objetivo desarrollar el balance de línea para mejorar el flujo de producción en la línea de fabricación de buses BusStar 360, siendo la empresa perteneciente al sector de carrocerías para autobuses y que fue sometida a estudio por el autor por el incumplimiento de la meta de Gerencia: número de vehículos a producir por mes. Como solución a este problema se consideró pertinente recurrir al balance de línea como una herramienta que contribuye a mejorar los niveles de productividad y eficacia de la producción a través de toma de tiempos y su estandarización, reasignación de actividades por puestos de trabajo y el seguimiento de las tareas realizadas en línea. La aplicación de esta técnica permite calcular el recurso humano requerido por estación de trabajo y equilibra las actividades a ejecutar en el proceso de carrozado, a partir del cual, se logró la reducción del 12% (24 colaboradores) de la mano de obra requerida, aumento en la cantidad de vehículos entregados por semestre 7% (2 vehículos) y disminución en 18% del tiempo de ciclo (26 días) del producto. La metodología que fue utilizada en esta investigación es de tipo descriptiva y de enfoque cuantitativo, con un alcance longitudinal, porque se efectuó el balance de línea y esta muestra el comparativo de un tiempo que se tiene antes y después de su implementación y como ha sido su impacto en las variables que se mencionan en la investigación. Los resultados alcanzados son:

La implementación del balance de línea proporcionó una estimación precisa del número de empleados requeridos para la línea de producción en análisis, lo cual resultó

en una reducción del 12% en el número de trabajadores entre 2016 y 2017. Este ajuste se tradujo en una disminución del 4% en el costo de fabricación de un vehículo Busstar 360.

La aplicación del balance de línea también optimizó el flujo de trabajo en la línea de producción, lo que llevó a un incremento del 7% en la cantidad de vehículos entregados durante el año 2017 en comparación con el año anterior.

La tesis usa estadística descriptiva en sus cálculos comparativos de mejora entre los años 2016 y 2017, la tesis contribuye de referencia para cálculos del balance de línea y en la explicación de resultados.

Según Corella Marcillo (2016) en su tesis "Mejoramiento productivo en la línea de picking en la empresa Yobel SCM mediante el balanceo de línea y carga de trabajo"; tiene como principal objetivo la optimización de la cadena de suministros basándose en el balance de línea, también obtiene como resultado el incremento de rentabilidad. En la tesis, el autor presenta un diagnóstico de la situación actual de la empresa, lo que le permite determinar el nivel de desequilibrio que existe en su infraestructura de líneas de producción de rodillos mecanizados, ubicadas estratégicamente para poder despachar el pedido directo al camión después de haber recorrido todas las estaciones.

La metodología de la investigación es de tipo aplicativa con un enfoque cuantitativo, con un alcance longitudinal ya que hay un tiempo comparativo que se tiene antes y después de su implementación. El balanceo de líneas y nueva distribución de racks estandarizados justificó la salida de 11 operarios que representaban el 62 % del recurso humano necesario para operar la línea, generando un ahorro mensual de $ 5603.27 dólares americanos a la empresa satisfaciendo las necesidades del cliente y del consumidor final. Luego de aplicado el balanceo y una nueva distribución de la línea de producción se incrementó la eficiencia máxima a 98 %. La disminución de paras innecesarias representa una disminución del 50 % y la eliminación del 100 % de horas extras.

Acte Diaz (2004) en su tesis “Incremento de eficiencia en la línea de producción en un cambio de estilo nuevo en KORAMSA”; se tiene como principal objetivo incrementar la eficiencia en la línea de producción mediante un balance de línea y el cambio de estilo en el trabajo, optimizando todos los recursos disponibles para satisfacer las demandas de la planta textil. La propuesta del autor se hace necesaria para balancear la línea de la manera más conveniente para acelerar el proceso de producción. Los medios que se utilizarán en la propuesta son registros de personal, capacitaciones, tomas de tiempo, análisis de los ciclos de trabajo, inducciones, pláticas motivacionales y un balanceo de línea; de esta manera se desarrollará cada tema con el propósito de satisfacer al máximo los planes propuestos. La metodología del estudio es de tipo descriptivo porque describe los procesos de la empresa KORAMSA y sus enfoques cuantitativos. Se utilizó un diseño no experimental porque se estableció una propuesta basada en el balance de línea. En el trabajo se presentan cuadros de estadística descriptiva para explicar los procesos. Después de la implementación del balance de línea, la tesis resultó en cambios en la planta, diagramas de flujo, capacitación y controles en la línea de producción. La eficiencia de la línea aumentó de 26 % a 60 % y se implementó un sistema de información a los encargados de producción para que sepan sus avances en la producción por hora de trabajo y puedan tomar medidas en caso de necesidad. La tesis contribuirá con las fórmulas de balance de línea y su método de aplicación a este trabajo.

### *2.1.2. Antecedentes nacionales*

Dominguez Tafur(2020) presentó la tesis “Propuesta de balance de línea para la mejora de la productividad y eficiencia del módulo de pijamas en una empresa de confecciones”; la cual tiene como objetivo principal elaborar el balance de línea que permita mejorar la productividad y eficiencia en una empresa de confecciones, en cuyas hojas se analiza el bajo rendimiento que tiene el módulo de pijamas con una eficiencia de 40%, comparado a los demás módulos de trabajo de la empresa que rebasan el 75% de eficiencia. En la tesis el autor presenta el diagnóstico de la situación actual de la empresa, describe los procesos y los analiza con la técnica de actitud interrogante, realiza estudios de tiempos, distribución de máquinas en el local y además se enfoca en los productos con mayor demanda aplicando un Pareto, 20% de los productos representan el 80% de la producción, al trabajar con esos productos obtiene mayor impacto en la eficiencia. El autor propone aplicar la propuesta de mejora a través del Balance de Línea a la empresa, con el cual obtiene un incremento de hasta el 52% de la eficiencia y eficiencia promedio de 33% en el módulo de pijamas en la empresa de confecciones. También presenta como resultados un incremento en la productividad pasando de 1.3 a 1.9 prendas/hora, incrementando con ello porcentualmente la productividad promedio en 47% y disminuyendo en 41% los sobretiempos del personal. En esta tesis, se utiliza una metodología del tipo correlacional porque relaciona la variable primaria balance de línea con la variable secundaria, que es la productividad. La población abarca todos los módulos de costura de la empresa. La tesis aplica estadística inferencial para probar la hipótesis: “el balance de línea incrementa la productividad y eficiencia”, la presente tesis aporta mucha información estadística para el presente trabajo, es referencia para realizar pruebas de hipótesis.

Según Apaza Avalos (2018) en la tesis “Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en el área de producción de vidrio templado en la Corporación Vidrio GLASS S.A.C. con la finalidad de mejorar la productividad”; se expone la situación de rendimiento de una empresa por el inexistente balance de línea en la empresa, falta de procedimientos y manuales de funciones, además de no haber tomado decisiones oportunas para mejorar la productividad en la empresa. Ante ello el autor propone aplicar la propuesta de mejora a través del Balance de Línea a la empresa con ello logrando mejorar los resultados de producción, elevando el indicador de productividad en 26% con los mismos recursos, pasando de producir 8182 m2 de vidrio a 10386 por mes. En su propuesta incluye el incremento en el recurso de mano de obra de un 12.5% con ello consiguen mejorar la productividad en 50%, incrementando la producción a 12182m, lo cual le permitiría ser más competitivos en el rubro de la fabricación de vidrio templado. Usando metodología descriptiva, la tesis menciona métodos deductivos y análisis, analiza los procesos y recopila datos. No usa estadística inferencial, solo descriptiva. Como resultado principal, la tesis propone mejorar las modificaciones de los procedimientos, aplicar el balance de línea a los procesos de transformación de vidrio y mejorar los MOF. Esta tesis contribuirá al trabajo en la forma de describir los procesos porque pertenecen al mismo rubro de vidrio.

Según Caruaulca Benavidez (2017) en la tesis “Balance de línea para mejorar la productividad en el área de confección de la empresa Industries Fashion EIRL-Lima”; tiene objetivo de mejorar su eficiencia, eficacia y productividad aplicando el Balance de Línea y con ello poder impulsar la venta, teniendo mayor capacidad de producción para atender las ventas y pudiendo sobrepasar su punto de equilibrio. En la tesis se realiza un análisis de la situación actual de la empresa, luego de detectados los problemas mediante un Ishikawa, procedieron a trabajar sobre los más significativos seleccionados con Pareto,

desarrollan nueva secuencia de operaciones, diagrama de recorrido, un estudio de tiempos del cual determinan tiempos estándar, calculan eficiencia, eficacia y productividad todos iniciales que luego comparan con los resultados finales luego de implementar el balance de línea. La metodología usada en esta investigación es de tipo correlacional y explicativa, ya que detalla la relación entre la variable primaria y secundaria, además es cuasiexperimental y no probabilística ya que manipula las variables para conseguir el resultado del estudio. La tesis usa estadística descriptiva para sus cálculos y resultados y estadística inferencial para sus pruebas de hipótesis, la población está conformado por la producción de polos camiseros en un periodo de 24 días.

Luego de la implementación la empresa en mención llegó a resultados superiores a los esperados:

Logró el incremento en eficiencia de 100%, logro reducción de tiempos ya que pasó de tener un tiempo estándar de 20.29 min/prenda 17.08 min/prenda.

Genera mayor ganancia, incremento la ganancia anterior en un 43%, demostrando con ella la validez de la hipótesis en la tesis, además de un considerable ahorro en económico en pago de personal y sumado todo se pudo completar la meta requerida por Gerencia de prendas producidas por mes.

Esta tesis tiene aporte muy importante a este trabajo en la estadística inferencial y descriptiva utilizado, además de la definición de sus variables.

## 2.2. Bases teóricas

### *2.2.1. Balance de Línea*

El balance de línea distribuye el trabajo precisamente a las estaciones integradas en una línea, lo que permite alcanzar la tasa de producción requerida con la menor

cantidad de estaciones necesarias. Por lo tanto, producir en el tiempo y con el menor número de estaciones definirá la eficiencia de la línea.

El balance de línea se aplica a procesos con distribución de flujo en Línea, se basa en los cuellos de botella y la metodología es igualar la carga de las estaciones de trabajo, creando las estaciones necesarias para balancearlas y cubrir la capacidad deseada en la línea. (Krajewsky, Ritzman, & Malhotra, 2008)

El autor mencionó que el balance de línea se utiliza para encontrar los tiempos de ciclo y reducir el tiempo muerto o los suplementos innecesarios.

El balance de línea consiste en asignar las tareas a unas estaciones de trabajo de modo que ellas no tengan más de lo que se puede hacer en el tiempo de ciclo de la estación de trabajo y que el tiempo de inactividad sea el mínimo en todas las estaciones. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

### *2.2.2. Tiempo de ciclo*

El tiempo de ciclo es el tiempo que dura al fabricar una unidad dentro del área de trabajo, como también el tiempo de ciclo más alto viene ser la limitación cual se debe mejorar los tiempos.

El tiempo de ciclo es el tiempo máximo que se debe emplear para producir una unidad en la estación de trabajo en una distribución de flujo en línea. La estación con mayor tiempo será el cuello de botella al cual debemos balancear la línea para igualar tiempos. (Krajewsky, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 100)

### *2.2.3. Productividad*

La productividad se determina por la cantidad de bienes o servicios que se procesaron en un determinado intervalo de tiempo y que corresponden a cada factor usado

como insumo para lograr los productos, también puede describirse como la velocidad con la que se están desarrollando los productos de una empresa.

> Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. El objetivo es la fabricación de artículos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres y máquinas. (García Criollo, 2005, p. 9)

> La productividad es una medición básica del desempeño de las economías, industrias, empresas y procesos. La productividad es el valor de los productos (bienes y servicios), dividido entre los valores de los recursos (salarios, costo de equipo y similares) que se han usado como insumos. (Krajewsky, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 13)

### *2.2.4. Eficacia*

El autor explicó que la eficacia no ayuda a manipular los medios necesarios con el objetivo deseado en otras palabras, es realizar lo planeado.

La eficacia es lograr el objetivo de producir bienes o servicios sin importar los recursos que se utilicen.

La eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser reflejo de cantidades calidad percibida o ambos". (García Criollo, 2005, p. 19)

"Significa hacer lo correcto a efecto de crear el valor máximo posible para la Compañía". (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, p. 6)

### *2.2.5. Eficiencia*

La eficiencia es la comparación de lo que es realizado o fabricado y lo que pudo ser producido teniendo en cuenta los mismos recursos: dinero, tiempo, mano de obra. La eficiencia va a determinar si hay derroches o consumos excesivos de algún insumo en los procesos analizados.

"Es la capacidad disponible en horas-hombre y Horas máquina para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente". (García Criollo, 2005, pág. 28)

El autor se refiere que la eficiencia es fundamental para los resultados, ya que nos da una medición de lo que queremos evaluar.

"La eficiencia es la razón del tiempo productivo entre el tiempo total empleado en el proceso y es expresado en porcentaje". (Krajewsky, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 330)

$$Eficiencia = \frac{\sum t}{n \times c}(100)$$

n= número de estaciones

c= tiempo de ciclo

∑t= total de tiempo estándar requerido para ensamblar cada unidad

### *2.2.6. Estudio del trabajo*

El estudio del trabajo enlaza el estudio de tiempos y movimientos con el estudio de métodos. El primero analiza la velocidad de las operaciones para estandarizar los tiempos de fabricación, mientras que el segundo analiza la forma en que se realiza el trabajo para mejorarlo. Sumados hacen del estudio de trabajo una metodología importante

para reducir actividades innecesarias o mejorar las metodologías de trabajo y con ello implicar ahorros económicos.

> El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos y tiempos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando. El estudio del trabajo tiene por objetivo examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir los trabajos innecesarios o excesivos, reducir recursos costosos y fijar el tiempo estándar para la realización de cierto trabajo. (Organización Internacional del trabajo [OIT], 1996)

### *2.2.7. Estudio de tiempos*

La medición del trabajo tiene la función de establecer el tiempo estándar dentro de la jornada laboral considerando los suplementos de los tiempos de fatigas, permisos o retrasos.

> También conocido como medición del trabajo. Esta actividad comprende la técnica de implementar un estándar de tiempo válido para ejecutar una determinada labor con base en la medición del contenido de trabajo del método establecido, con la debida consideración del agotamiento, las demoras personales y los retrasos forzosos. (Durán, 2016)

### *2.2.8. Tiempo observado*

Viene ser la información que nos permite evaluar en varias ocasiones los movimientos básicos con la relación al tiempo.

Recolección de tiempos válidos asignados a la operación, agrupados en movimientos básicos que resultan de un estudio cronométrico. (Meyers, 2000)

El tiempo observado es el tiempo promedio cronometrado en cada ciclo en un puesto de trabajo determinado. Consiste en tomar tiempos a la misma operación o proceso varias ocasiones y luego promediarlo, se le debe considerar a desviación estándar que puede tener.

### *2.2.9. Tiempo normal*

El tiempo normal es la medida que realiza el trabajador en condiciones normales para realizar una actividad o proceso.

"El tiempo normal se define como el tiempo que demora un operador normal trabajando a ritmo cómodo en producir un bien o servicio". (Meyers, 2000)

El autor señalo que el tiempo normal nos da la medida que ayuda a normalizar los tiempos observados dando un indicador para hallar lo solicitado.

El tiempo normal es el tiempo por unidad producida que incluye una medida de velocidad o índice de desempeño para normalizar los tiempos observados en un determinado trabajo, este se usa para aplicar el tiempo a todos los trabajadores ya que multiplica el tiempo observado por la velocidad de desempeño del trabajador. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, p. 192)

$$TN = \frac{Tiempo\ de\ trabajo}{Número\ de\ unidades\ producidas} \times Indice\ de\ desempeño$$

El tiempo normal resulta de multiplicar el tiempo Observado promedio por el índice de desempeño o valoración que asigne el analista encargado del estudio. Este

cálculo se realiza para normalizar el tiempo y poder aplicarlo a diferentes trabajadores que tengan diferentes velocidades o valoraciones según defina el análisis.

### *2.2.10. Tiempo estándar*

Es el tiempo obtenido luego se agregar las tolerancias y suplementos al tiempo normal de un proceso. Es el tiempo necesario empleado por un trabajador promedio, bien capacitado para desarrollar una unidad, con condiciones de trabajo adecuadas y que implique no presente síntomas de fatiga.

"Es el tiempo necesario para producir un bien o servicio en una estación de trabajo con 3 condiciones: un operador bien calificado y capacitado; trabajando a ritmo o velocidad normal y realiza un determinado proceso". (Meyers, 2000, p. 19)

El autor nos indicó que las holguras, suplementos de tiempos están incluidos en el tiempo estándar como los permisos, necesidades fisiológicas como también la fatiga del personal.

"El tiempo estándar se encuentra mediante la suma del tiempo normal más algunas holguras para las necesidades personales (como descansos para ir al baño o tomar café), las demoras inevitables en el trabajo (como descomposturas del equipo o falta de materiales) y la fatiga del trabajador (física o mental)." (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, p. 192)

Tiempo estándar = Tiempo normal + (Tolerancias × Tiempo normal)

### *2.2.11. Suplementos en el estudio de tiempo*

El autor nos indicó la causa de viene ser que los son asignable al trabajador, lo estudiado y los no asignables detallando cada uno de ellos de lo más básico como el mal desempeño del trabajador que tiene disponible de su jornada hasta actividad que cambian

de manera contingente que pueden afectar su productividad, definiendo el suplemento como compensación de los atrasos o cualquier demora que podrían presentarse regularmente en sus actividades.

Un análisis de las causas que lo impiden puede ser:

1. Asignables al trabajador.

2. Asignables al trabajo estudiado.

3. No asignables

#### 2.2.11.1. Asignables al trabajador

Son básicamente los siguientes:

a) Que el operador no complete el trabajo al ritmo normal debido a la falta de habilidad o esfuerzo del operador.

b) Que el trabajador no utilice todo el tiempo disponible de la jornada de trabajo para satisfacer sus necesidades personales

#### 2.2.11.2. Asignables al trabajo estudiado

Se consideran así aquellas relacionadas con las características del método y tipo de trabajo estudiado como pueden ser:

a) Que el operador no desempeñe el trabajo al ritmo normal durante la jornada de trabajo debido a la fatiga acumulada.

b) Por elementos extraños e el método de trabajo por ejemplo variaciones en las especificaciones del material y de la herramienta, operación del equipo fuera de condiciones normales y cambios temporales de las normas de calidad.

c) Por elementos contingentes, que son poco frecuentes en el método de trabajo y no están considerados en el estudio de tiempos realizado. (García, 2015, pág. 225)

Según el autor nos indicó que existen tres tipos de suplemento que se pueden aceptar en un análisis de tiempo los personales por fatiga y retrasos especiales que viene hacer demoras en una auditorias, contingencias y fallas.

#### 2.2.11.3. No asignables al método ni al trabajador

a) Demora en la actividad del trabajador a consecuencia de dar instrucciones o recibir información.

b) Tiempos improductivos debido a interrupciones del proceso productivo, como por ejemplo falta de materia, descompostura del equipo, falta de energía eléctrica, etcétera,

Sin embargo, antes de seguir adelante, debemos definir lo que significa suplemento: Un adicional es la cantidad de tiempo que se otorga al empleado para compensar los retrasos, demoras y elementos contingentes que forman parte de la tarea habitual.

### *2.2.12. Estudio de movimientos*

El autor señalo que el estudio nos aporta para la mejora de la estación del trabajo desde la parte ergonómica hasta la eficiencia de la operación, sin afectar la salida del proceso contribuyendo para a la mejora continua.

Los estudios de movimientos usan los principios de la economía de movimientos para crear estaciones de trabajo adecuadas al cuerpo humano, además de mejorar la eficiencia en la operación, también se vale de la ergonomía para ver los efectos de los movimientos en el cuerpo de los trabajadores. Es diseñar una operación con los mejores movimientos para con ellos poder construir un puesto de trabajo. Debe

contemplar la calidad del producto y no afectarla, solo para mejorarla. (Meyers, 2020)

También este autor nos indica en la sobre los estudios de los movimientos manuales y visuales es la búsqueda de mejorar y mitigar los movimientos que no dan un valor a agregado al proceso.

El estudio de movimiento es: "Análisis de los movimientos manuales y visuales que se producen durante una operación o ciclo de trabajo con el fin de eliminar movimientos improductivos y establecer una mejor sucesión y coordinación de los movimientos productivos." (Durán, 2016), p 604

El autor (Nievel, 2006)menciona que la definición del estudio de movimiento no permite la reducción de actividades que no son necesarios, así obteniendo mejores resultados en nuestros procesos.

> El estudio de movimientos puede definirse como el estudio de los movimientos corporales que se utilizan para realizar una operación, para mejorar la operación mediante la eliminación de movimientos innecesarios, simplificación de movimientos necesarios y, posteriormente, la determinación de la secuencia de movimientos más favorable para obtener una máxima eficiencia. (p. 19)

### *2.2.13. Estudio de métodos*

El estudio de métodos nos permite reducir, modificar o hacer más sencillas las operaciones, eso basándose en el estudio de la manera en que se realiza un trabajo, llevándonos ello a tener operaciones sin exceso de trabajo y más eficientes.

> "El estudio de métodos es el registro y evaluación de los modos, maneras de realizar las actividades en un proceso, esto con el fin de efectuar mejoras, se relaciona con la reducción del contenido de

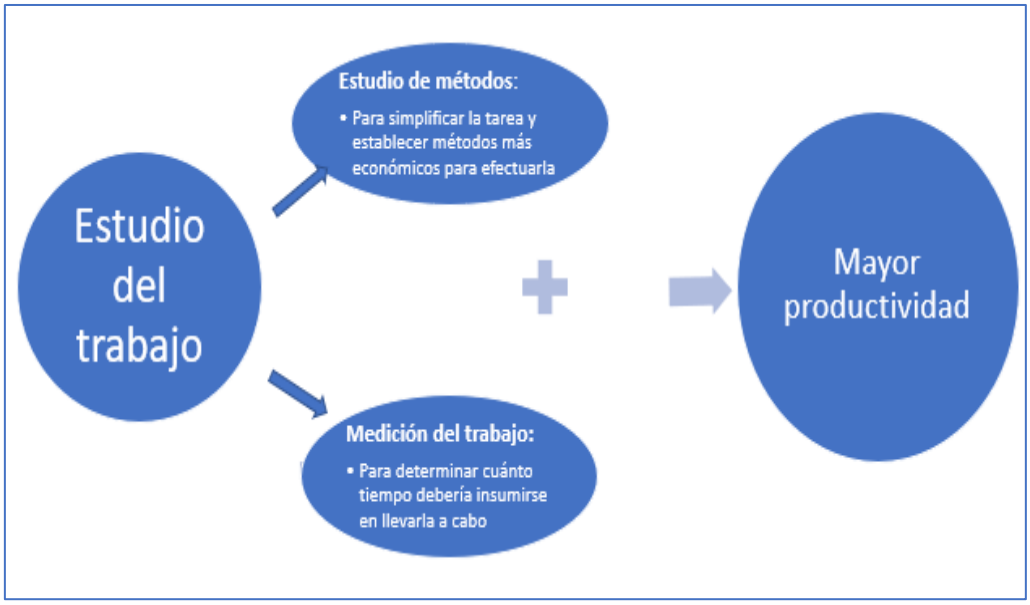
trabajo en una operación". (Organización Internacional del trabajo [OIT], 1996) p 77

El estudio de Métodos como nos indica el autor nos ayuda a separar las operaciones desde el puno de análisis que permite describir detalladamente cada actividad, resaltando los puntos a mejorar como también uniendo los procesos para todos los implicados.

> El estudio de métodos de una tarea es la investigación sistemática de las operaciones que la componen, su tipología, materiales y herramientas utilizadas. El estudio de métodos divide y desglosa la tarea en una parte razonable de operaciones. De esta manera se entiende mejor cómo se ejecuta la tarea y de este modo sirve para unificar un método operatorio para todos los implicados en su ejecución. Además, es el punto de partida para su mejora. Si bien se hace notar que el hecho de describir un método operatorio ya es en sí una mejora, probablemente la más importante. (Cruelles, 2013) p 161

***Figura 12.***

*División del estudio del trabajo*



*Nota.* Como se puede ver en la figura 12, si juntamos el estudio de métodos y medición del trabajo tenemos como resultados una mayor productividad, tomado de (Organización Internacional del trabajo [OIT], 1996).

### *2.2.14. Movimientos innecesarios*

Los movimientos innecesarios son actividades o tareas que no aporten valor para la fabricación de los que se desea producir, siendo el constante movimiento para encontrar herramientas o documento hasta la aparición de limitadores en el proceso.

Personas que se mueven de un punto a otro en el lugar de trabajo o en toda la empresa más allá de lo necesario para aportar valor al producto (a menos que este movimiento contribuya la transformación o el beneficio para el cliente).

- Gente que va de un lado a otro en busca de materiales.
- Persona que va de un lado a otro en busca de otra persona.
- Gente que va de un lado a otro en busca de herramientas.

Persona que va de un lado a otro en busca de documentos o información necesaria. (Organización Internacional del trabajo [OIT], 1996).

### *2.2.15. Actividades innecesarias*

Trabajo superfluo, pues no proporciona valor ni las normas lo prescriben.

- ✓ Existencia aparente de varios cuellos de botella en el proceso.
- ✓ Falta de especificaciones claras por parte del cliente.
- ✓ Exceso de inspecciones o verificaciones. (Socconini & Reato, 2019, pág. 39)

### *2.2.16. Suplementos que se pueden conceder*

Tres son los suplementos que pueden concederse en un estudio de tiempos:

- Suplementos por retrasos personales.
- Suplementos por retrasos por fatiga (descanso)
- Suplementos por retrasos especiales, incluye:

a) Demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes.

b) Demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión

c) Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitiva. (García, 2015, pág. 225)

### *2.2.17. Diagrama de recorrido*

El diagrama de recorrido nos sirve para identificar cada proceso, asimismo es una representación utilizada para la trayectoria dentro de una planta de producción.

Es la representación objetiva de la trayectoria del proceso en el plano a escala de la planta, este diagrama es útil para mejorar el flujo de material y la distribución de la planta. Al elaborar el diagrama de recorrido, se debe identificar cada fase del proceso por medio de un símbolo y un número que correspondan a los utilizados en el DAP, así mismo se deben utilizar flechas cada cierto tramo para indicar la dirección del recorrido, se deben utilizar diferentes colores, para facilitar su análisis. (Meza, 2015, pág. 78)

### *2.2.18. Diagrama de flujo de procesos*

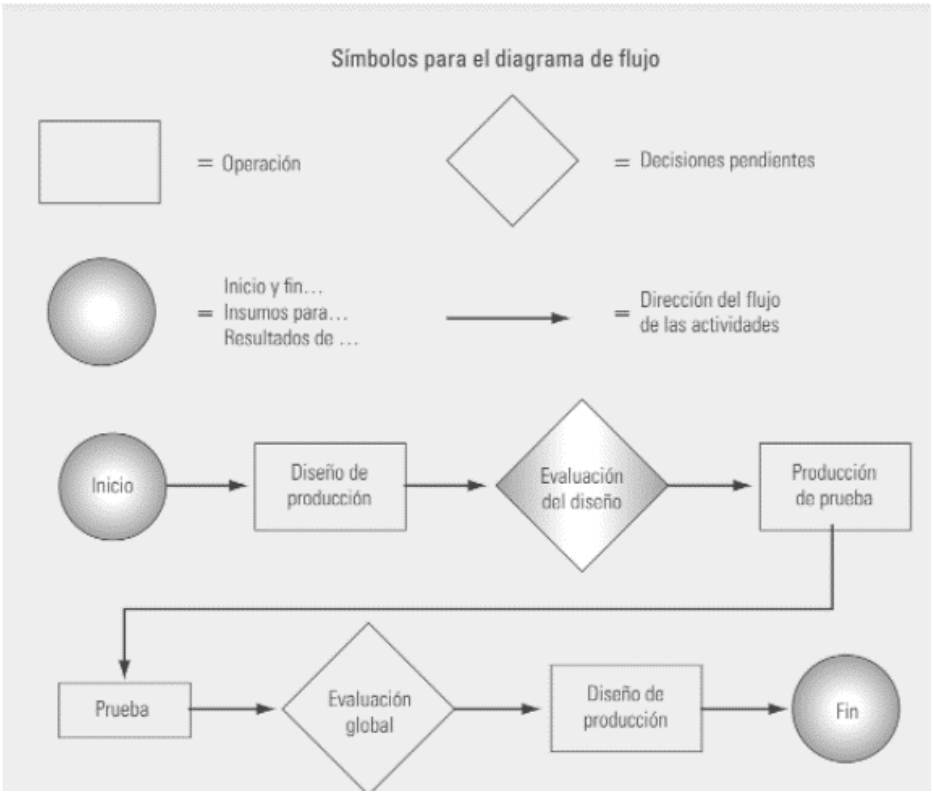
El autor refiere que el diagrama de flujo de proceso es la secuencia de las actividades utilizada para estudiar y mejorar el proceso, ya que hay símbolos que ayudan para identificar cada paso.

El diagrama de flujo de procesos es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso. A través de este diagrama se ve en qué consiste el

proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; es de especial utilidad para analizar y mejorar el proceso…Ahí también se indican los símbolos más usados para su construcción: con un rectángulo se identifica un paso o tarea del proceso, mientras que con un rombo se identifican los puntos de verificación o de decisión (la respuesta a la pregunta determina el camino que debe tomarse). (Gutiérrez, 2014, pág. 213)

***Figura 13.***

*Símbolos para el diagrama de flujo.*




**Diagramas de flujo**

El autor se refirió que este diagrama de flujo ayuda a todos los involucrados entender su proceso desde su entrada hasta su salida. Esta representación gráfica da a lugar a una mejor comunicación entre todas las áreas, teniendo la sensación de propiedad del proceso y, por consiguiente, están más dispuestos a dar mejoras.

Los diagramas de flujo ayudan a todos los empleados a entender su función en un proceso y quiénes son sus proveedores y clientes. Esta conciencia da lugar a una mejor comunicación entre todas las partes. Al participar en la elaboración de un diagrama de flujo, los trabajadores experimentan una sensación de propiedad del proceso y, por consiguiente, están más dispuestos a trabajar para mejorarlo. Si se utilizan diagramas de flujo para capacitar a los empleados se logra mayor consistencia. Los diagramas de flujo también ayudan a señalar los lugares en que es necesario tomar indicadores relacionados con la calidad. Una vez que se elabora un diagrama de flujo, se puede utilizar para identificar problemas de calidad, así como las áreas para mejorar la productividad. Preguntas como: "¿de qué forma esta operación afecta al cliente?", "¿se puede mejorar o incluso eliminar esta operación?" o "¿se debe controlar una característica de calidad crítica en este punto?" detonan la identificación de oportunidades. Pag 663 (Evans & Lindsay, 2008)

# 3. Hipótesis y variables

## 3.1. Hipótesis General

La implementación de un balance de línea incrementará la productividad de una empresa que fabrica vidrio templado.

## 3.2. Hipótesis Específicas

HE1: La implementación de un balance de línea a través de la reducción del tiempo de ciclo incrementará la cantidad producida diaria en una empresa que fabrica vidrios templados.

HE2: La implementación de un balance de línea a través de la reducción del tiempo de ciclo reducirá el número de horas extras en una empresa que fabrica vidrios templados.

HE3: La implementación de un balance de línea mediante la eficiencia de balanceo incrementará la eficiencia de la producción en una empresa que fabrica vidrio templado.

## 3.3. Identificación de variables

### *3.3.1. Variables Secundarias*

Los valores de estas variables sufrirán alteraciones razón de la variable primarias.

#### 3.3.1.1. General

Y1: Productividad

#### 3.3.1.2. Específica

Y2: Cantidad de Producción diaria

Y3: Número de Horas extras

Y4: Eficiencia de producción

### *3.3.2. Variables primarias*

Se denomina así precisamente porque su valor no se sufrirá alteración por el resto de las variables en el experimento en sí

X1: Tiempo de ciclo

X2: Eficiencia de Balance de Línea

### 3.4. Operacionalización

Matriz de operacionalización: Implementación del Balance de línea para Incrementar la productividad en una Fábrica de Vidrio templado.

**Tabla 3.**

*Definición operacional de variables*

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Índices |
|---|---|---|---|---|---|
| Variable Primaria<br>Balance de Línea | El balance de línea se aplica a procesos con distribución de flujo en Línea, se basa en los cuellos de botella y la metodología es igualar la carga de las estaciones de trabajo, creando las estaciones necesarias para balancearlas y cubrir la capacidad deseada en la línea. (Krajewsky, Ritzman, & Malhotra, 2008) | Es la distribución de trabajo de manera equilibrada entre las estaciones de trabajo, para maximizar beneficios y reducir cuellos de botella, se logra mediante la asignación adecuada de tareas y secuenciado óptimo | TIEMPO | Tiempo de ciclo | 30-100seg |
| | | | RECURSOS | Eficiencia de balance | 50%-100% |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Variable Secundaria<br><br>Productividad | La productividad es una medición básica del desempeño de las economías, industrias, empresas y procesos. La productividad es el valor de los productos (bienes y servicios), dividido entre los valores de los recursos (salarios, costo de equipo y similares) que se han usado como insumos. (Krajewsky, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 13) | La productividad es la eficiencia de utilización de recursos. Es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla y puede medirse producción entre hora, producción entre capital, producción por metro de espacio, y más formas | PRODUCCIÓN | Cantidad de producción diaria | 895-1500 m2 |
| | | | RECURSOS | Número de horas extras | 0-500 horas |
| | | | RECURSOS | Eficiencia de la producción | 50%-100% |
| | | | PRODUCCIÓN | Productividad | 0-100m2/hr |

### 3.5. Matriz de consistencia

**Tabla 4.**

*Matriz de consistencia: Implementación del Balance de línea para Incrementar la productividad en una Empresa que Fabrica Vidrio templado*

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES E INDICADORES | METODOLOGÍA |
|---|---|---|---|---|
| **Problema General** | **Objetivo General** | **Hipótesis General** | **Variable X: Variable Primaria** | **Enfoque: Cuantitativo**<br>**Nivel de la inv.: Descriptiva y correlacional**<br>**Diseño de la Investigación: Cuasi experimental** |
| ¿En qué medida la implementación de un balance de línea incrementará la productividad de una empresa que fabrica vidrio templado? | Implementar el balance de línea para incrementar la productividad de una empresa que fabrica vidrio templado | La implementación de un balance de línea incrementará la productividad de una empresa que fabrica vidrio templado | La implementación del balance de línea en una empresa que fabrica vidrio templado.<br>**Indicadores:**<br>X1: Tiempo de ciclo<br>X2: Eficiencia del Balanceo | **La Población** está integrada por los registros o partes de producción que se realizan de manera diaria en la empresa Templados Limatambo S.A.C.<br>**La muestra** tiene un tamaño de 26 registros por cada proceso de la línea de trabajo de la empresa Templados Limatambo S.A.C.<br>**Técnicas:** Análisis de datos entregados del ERP.<br>**Instrumentos:** Fichas de Investigación y de campo, guía de observación, cuestionario |

| Problemas específicos | Objetivos Específicos | Hipótesis Específicas | Variable Y: Variable Secundaria . | |
|---|---|---|---|---|
| ¿En qué manera la implementación de un balance de línea incrementará la cantidad de producción en una empresa que fabrica vidrios templados? | Implementar un balance de línea para incrementar la cantidad de producción diaria de una empresa que fabrica vidrios templados | La implementación de un balance de línea mediante el tiempo de ciclo incrementará la cantidad de producción diaria en una empresa que fabrica vidrios templados. | **Principal o General** | |
| | | | Y1: Productividad de procesos | $n = \frac{N*\sigma^2*Z^2}{[(N-1)*e^2]+\sigma^2*Z^2}$ |
| | | | **Secundaria o específica** | Donde: |
| ¿En qué manera la implementación de un balance de línea reducirá el número de horas extras en una empresa que fabrica vidrios templados? | Implementar un balance de línea para reducir el número de horas extras de una empresa que fabrica vidrios templados | La implementación de un balance de línea mediante el tiempo de ciclo incrementará reducirá el número de horas extras en una empresa que fabrica vidrios templados. | Y2: Cantidad de Producción diaria | N: tamaño de la población. |
| | | | Y3: Número de horas extras | n: tamaño de la muestra. |
| | | | Y4: Eficiencia de producción | Z: valor en tablas “Z” de acuerdo con el nivel de confianza asumido. |
| | | | | σ: Desviación estándar. |
| ¿En qué manera la implementación de un balance de línea incrementará la eficiencia de producción en una empresa que fabrica vidrio templado? | Implementar un balance de línea para incrementar la eficiencia de producción de una empresa que fabrica vidrios templados | La implementación de Balance de línea, mediante la eficiencia de balanceo incrementará el número medio de la eficiencia de producción en una empresa que fabrica vidrios templados | | e: error permitido. |

# 4. Metodología

## 4.1. Tipo y diseño de Investigación

### *4.1.1. Tipo de investigación*

Según (García, 2015) la investigación es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento.

Como base fundamental de las ciencias, la investigación científica parte de la realidad, la investiga, la analiza, formula hipótesis y fundamenta nuevas teorías con mucho o poco conocimiento de ella.

Para fines de esta tesis la investigación descriptivo-correlacional.

**Es tipo Correlacional** porque se centra en demostrar en qué medida se relacionan dos o más variables. Estos estudios tienen por fin conocer el nivel de asociación, los vínculos que tienen 2 conceptos en un determinado panorama. La validación del grado de vínculo que tienen las variables se sustenta a través de la hipótesis que será evaluada. (Hernández, 2014)

Investigación descriptiva

**La Investigación será Descriptiva** porque busca detallar, hechos, situaciones, recoge la información, describe las propiedades sobre las variables que se investigarán en un determinado estudio. (Hernández, 2014)

La investigación pretende demostrar la relación entre las variables, el balance de línea y la productividad, en una determinada situación. A su vez describe los procesos de la fabricación del vidrio templado.

### *4.1.2. Diseño de la Investigación*

- ***Enfoque***

**El enfoque es Cuantitativo** porque se basa en una investigación objetiva con datos numéricos o cantidades acotados intencionalmente, que serán medidos con variables determinadas. Además, será basado en investigaciones previas, tiene teoría para compararse y la literatura guiará la investigación. Su hipótesis(predicciones) será establecida con anterioridad para luego ser aceptada o rechazada. El objetivo de la investigación será la demostración de la teoría. (Hernandez, 2014)

- ***Diseño***

***"Diseño Cuasi experimental*** es aquel en el cual se manipulan las variables independientes, al menos una y se observa su efecto en otras variables dependientes, difieren con los experimentos puros en el grado de seguridad en la equivalencia final y los sujetos no se asignan al azar, ni emparejan, dichos grupos ya están conformados antes del experimento "**.** (Hernandez, 2014, pág. 152)**.**

En esta tesis usaremos la metodología cuasiexperimental debido a que el entorno de estudio, una fábrica de vidrio templado, no permite la manipulación aislada y aleatoria de las variables, ni la creación de grupos control en condiciones de laboratorio, los grupos de trabajo ya están establecidos, si tendremos variables primarias (balance de línea) y secundarias (Productividad) que se relacionaran. La implementación del balance de línea es una intervención que se aplicará a nivel organizacional y es necesario evaluar su impacto en un entorno real de trabajo con sus condiciones prestablecidas, además excluye variables que pudieran influir en el resultado. Esta metodología nos permite observar y analizar los efectos de la

intervención en las variables secundarias, como la productividad y eficiencia, comparando los resultados antes y después de la implementación.

## 4.2. Población y Muestra

**Se define por población** o universo al conjunto base del estudio, que congrega a las unidades de análisis o casos que concuerdan con una determinada especificación. (Hernandez, 2014)

**La población es** el conjunto de datos que pertenecen a cada variable tomada en unidades las cuales integran el universo, el universo es el conjunto finito o infinito de elementos que tienen mismos atributos. (Valderrama, 2013, p. 183)

### *4.2.1. Población*

**Para el balance de línea** tenemos en esta investigación la población será los registros de producción de los partes diarios que se encuentran en sistema ERP de nombre Spring que cuenta la empresa. De los partes diarios obtendremos los indicadores tiempo estándar, tiempo de ciclo, productividad, eficiencia, cantidad producida. Los datos serán tomados de todos los procesos del Área de producción de la empresa que fabrica vidrios templados y será evaluado proceso por proceso:

- Corte
- Pulido
- Skill glass
- Taladro
- Lavado
- Horno

La población evaluada será de los meses de agosto, setiembre y octubre de los años 2020 y 2021 respectivamente.

Los criterios de inclusión y exclusión para la delimitación y confiabilidad del estudio serán los siguientes:

Criterios de inclusión:

- Todos los partes diarios de cada proceso y que pertenezcan a las líneas de producción o secuencias lógicas que se está estudiando, tales como: Corte, Pulido, Skill Glass, Taladro, Lavado y Horno.
- Se tomará las mediciones que por lo menos generen metros cuadrados por cada hora y durante todos los días de la semana de trabajo.
- Todas las horas que acumulen al menos la misma cantidad de registros a más que la muestra hallada por cada hora durante el día de trabajo.

Criterios de exclusión:

- Quedan excluidas las horas de estudio que no tengan metros cuadrados producidos

### *4.2.2. Muestra*

En el proceso cuantitativo, una muestra es un subgrupo representativo del universo de interés en el cual se obtendrán datos y que tiene que limitarse y definirse con precisión. (Hernandez, 2014, pág. 173)

Se define la muestra como subconjunto de interés y representativo de la población o universo. Esta debe representar con el mayor grado de relación a la población. Todo lo referente a la calidad de la muestra son más importantes que la cantidad pues debe ser fiel espejo de la población. Valderrama 193. (Valderrama, 2013)

La muestra se usará para determinar el tiempo estándar necesario para el balance de línea, que es la variable primaria, esto debido a la gran cantidad de datos.

En el caso de las variables secundarias como la cantidad producida, eficiencia y horas extras se usará la población de 3 meses agosto setiembre y octubre, no habrá muestra, recordar que la muestra puede ser igual a la población.

### *4.2.3. Selección de la muestra*

La investigación tendrá una muestra *Probabilística*, ya que la elección de las muestras es de manera aleatoria, asegurando que cada elemento de la población tenga la misma probabilidad de ser seleccionado para formar parte de la muestra, la probabilidad debe ser conocida y no nula. Eso ayudará a garantizar la representatividad de la muestra y a generalizar los resultados a la población en su conjunto. (Hernandez, 2014)

En el enfoque de muestreo probabilístico se usan métodos como el muestreo aleatorio siempre, el muestreo sistemático, muestreo estratificado, siendo el último mencionado un proceso en el cual se divide la población en grupos homogéneos, llamados estratos, cada estrato representa una subpoblación con características similares en términos de la variable de interés, ***nuestro dato que sustentará la variable de interés será la hora de producción***.

Para poder realizar la selección de la muestra, se tomó en cuenta la estacionalidad de la producción y los meses de mayor requerimiento fueron agosto, setiembre y octubre, es por ende que el estudio inicio en el 2020 y acaba en octubre 2021.

Teniendo en cuenta que la pandemia dio inicio en marzo 2020 y la empresa reinició operaciones en mayo del mismo año, este evento no afectó de manera sustancial a que el estudio empiece en agosto 2020, ya que normalmente los picos de máxima demanda de años anteriores siempre inician desde julio de cada año.

Siendo así, que la selección de la muestra fue en función de los metros cuadrados que producía cada proceso operativo de la línea, se muestran las tablas de datos para el proceso de corte para el año 2020 y 2021 en las tablas 5 y 6 respectivamente

**Tabla 5.**

*Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de corte de agosto - octubre 2020*

| Hora → Día ↓ | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 190.8 | 133.9 | 210.6 | 311 | 165.3 | 239.3 | 25.22 | 364 | 301.6 |
| 2.00 | 230.9 | 142.3 | 140.3 | 271.9 | 117 | 143.1 | 63.78 | 234.3 | 166 |
| 3.00 | 341.7 | 155.8 | 253.6 | 180.3 | 82.81 | 237.4 | 196.4 | 297.9 | 235.8 |
| 4.00 | 198 | 94.45 | 148.2 | 75.85 | 55.37 | 391.2 | 270.5 | 266.6 | 248.7 |
| 5.00 | 190.9 | 133.1 | 149.5 | 259.6 | 110.7 | 308 | 159.3 | 291.1 | 62.99 |
| 6.00 | 73.4 | 104.9 | 231.6 | 140.6 | 373.7 | 77.84 | 101.1 | 116.6 | 79.52 |
| 7.00 | 234.2 | 226 | 262.2 | 131.1 | 108.9 | 292.1 | 198.3 | 142.6 | 367.5 |
| 8.00 | 228 | 73.35 | 131.1 | 299.3 | 87.36 | 274.6 | 171.7 | 245.5 | 132.2 |
| 9.00 | 133.8 | 66.67 | 279.9 | 262.1 | 151.2 | 325 | 284.3 | 139.6 | 118.7 |
| 10.00 | 204 | 221.4 | 191.1 | 315.6 | 98.82 | 253 | 173.6 | 285 | 262.2 |
| 11.00 | 152.3 | 290.7 | 223.9 | 155.6 | 79.23 | 172.4 | 263.9 | 228.9 | 216.5 |
| 12.00 | 323.5 | 332 | 247.9 | 215.1 | 146.8 | 78.51 | 94.13 | 58.25 | 48.02 |
| 13.00 | 250.9 | 179.3 | 149.2 | 269 | 293.4 | 356.7 | 190.7 | 376.6 | 338.3 |
| 14.00 | 99.65 | 146.2 | 239.9 | 255.3 | 235.7 | 171.2 | 199.5 | 307.4 | 141.4 |
| 15.00 | 210.4 | 55.81 | 154.7 | 311.4 | 221.8 | 200 | 265.3 | 295.9 | 304.5 |
| 16.00 | 83.97 | 44.6 | 196.1 | 228.6 | 85.22 | 226.1 | 219.6 | 312.7 | 325.8 |
| 17.00 | 207.1 | 219.5 | 260 | 223.5 | 316.7 | 340.7 | 225.9 | 326.4 | 323.8 |
| 18.00 | 218.3 | 289.5 | 169.9 | 360.8 | 218.3 | 93.2 | 61.91 | 126.3 | 96.13 |
| 19.00 | 249.5 | 227.9 | 266.7 | 199.6 | 133.1 | 308.5 | 237.5 | 301.2 | 338.4 |
| 20.00 | 214.2 | 201.7 | 248.5 | 265.8 | 102.3 | 230.2 | 310.6 | 253.9 | 162.6 |
| 21.00 | 242.9 | 120.1 | 201.7 | 242.5 | 84.24 | 214.9 | 217 | 275.8 | 346.4 |
| 22.00 | 217.9 | 166.8 | 205.1 | 259.7 | 78.16 | 243 | 139.7 | 245.8 | 297.2 |
| 23.00 | 228.5 | 126.1 | 262.5 | 356.8 | 112.8 | 246.2 | 193.9 | 264.9 | 97.09 |
| 24.00 | 10.63 | 64.94 | 298.1 | 235.4 | 251.3 | 57.65 | 114 | 105.6 | 50.84 |
| 25.00 | 177.3 | 167.2 | 255.9 | 186.7 | 81.85 | 267.8 | 163.8 | 234.3 | 231 |

**Tabla 6.**

*Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de corte de agosto - octubre 2021*

| Hora → Día ↓ | 08 | 09 | 11 |
|---|---|---|---|
| 1.00 | 193.3 | 200.5 | 124 |
| 2.00 | 193.9 | 212.3 | 212.4 |
| 3.00 | 193.3 | 147.7 | 214.5 |
| 4.00 | 216.6 | 191.2 | 128 |
| 5.00 | 80.95 | 220.5 | 195.2 |
| 6.00 | 200.2 | 235 | 131.5 |
| 7.00 | 147.3 | 132.7 | 114.5 |
| 8.00 | 121.8 | 245.5 | 180.8 |
| 9.00 | 195 | 179 | 276.1 |
| 10.00 | 266.4 | 112.1 | 151.3 |
| 11.00 | 232.9 | 74.11 | 0.07 |
| 12.00 | 246.7 | 152 | 46.41 |
| 13.00 | 203 | 146.8 | 145.6 |
| 14.00 | 228.3 | 128.2 | 251.5 |
| 15.00 | 182.5 | 171 | 78.16 |
| 16.00 | 170.3 | 142.9 | 215.8 |
| 17.00 | 232.8 | 163.9 | 22.97 |
| 18.00 | 321.3 | 171.4 | 211 |
| 19.00 | 130.1 | 82.72 | 183.9 |
| 20.00 | 153.3 | 140.1 | 226.2 |
| 21.00 | 157.3 | 131.7 | 232.9 |
| 22.00 | 167.5 | 135.7 | 132.2 |
| 23.00 | 157.8 | 116 | 152.8 |
| 24.00 | 196.1 | 285 | 127.1 |
| 25.00 | 149.7 | 83.96 | 115.3 |
| 26.00 | 186.1 | 138.4 | 196 |

Las tablas de los procesos de pulido, taladro, Skill Glass, lavado y horno de los años 2020 y 2021 se pueden encontrar en el Anexo desde las tablas 33 a la 42,

### 4.3. Tamaño de la muestra

Para determinar la muestra del estudio, la presente tesis usó el tipo probabilístico y muestreo estratificado, la muestra es una parte de la población que se obtuvo a través de una selección estratificada por horas durante cada día de la semana de todos los registros de los partes diarios de producción del sistema ERP y para ello consideró calcular la cantidad mínima de muestras contemplado un error estándar de 0,09 y una confiabilidad del 95%.

La muestra mínima consta de 26 datos registrados por hora.

Sustento:

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{[(N-1) * e^2] + \sigma^2 * Z^2}$$

Dónde:

n = tamaño de muestra, numero por hallar.

N = tamaño de población en promedio de registros por cada hora del día es de 245 registros.

σ = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5, esto debido a que a cantidad de registros puede ser diferente de mes a mes, pero para fines prácticos se tomó una muestra histórica del mes de agosto 2020.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. En nuestro caso se trabajará con intervalo de confianza de 95% que equivale a un Z= 1,96.

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda

a Criterio del encuestador, en el caso de estudio se optó por 9% para que el estudio sea más holgado.

Entonces, para garantizar el estudio, bajo las condiciones descritas anteriormente, como mínimo requerimos de 26 registros por hora de cada día de trabajo, la misma que nos permitirá discriminar las muestras seleccionadas para que sean representativas. Y así poder realizar las proyecciones deductivas.

**Tabla 7.**

*Cálculo de muestra en base a promedio de los registros por hora de la población.*

| Horas | Promedio Redondeado por hora |
|---|---|
| 00 | 118.00 |
| 01 | 79.00 |
| 02 | 76.00 |
| 03 | 70.00 |
| 04 | 66.00 |
| 05 | 46.00 |
| 06 | 175.00 |
| 07 | 290.00 |
| 08 | 472.00 |
| 09 | 379.00 |
| 10 | 512.00 |
| 11 | 525.00 |
| 12 | 404.00 |
| 13 | 429.00 |
| 14 | 380.00 |
| 15 | 442.00 |
| 16 | 410.00 |
| 17 | 193.00 |
| 18 | 140.00 |
| 19 | 191.00 |
| 20 | 196.00 |
| 21 | 88.00 |
| 22 | 148.00 |
| 23 | 56.00 |

| | |
|---|---|
| **Gran Promedio de registros(N):** | 245.00 |
| **σ:** | 0.50 |
| **e:** | 9% |
| **Z:** | 95% |
| **n:** | 26.00 |

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{[(N-1) * e^2] + \sigma^2 * Z^2}$$

*Nota.* Como se puede ver en la tabla 7, se tiene el promedio de registros que se tiene 245 por hora y n=26 resulta idóneo para tener como número mínimo de datos para garantizar el estudio ya que se observa que el promedio de registros tiene como mínimo la cantidad de 46 datos registrados a las 5 am.

Esta tesis se genera con una cantidad mínima de 46 registros por hora, por lo que sobrepasa a n=26 registros por hora en cada día, por tal motivo es una buena representación de los datos a estudiar, siendo esta muestra representativa y se puede realizar acciones de mejora en bien de la población global.

### 4.4. Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos implica métodos para conseguir información sobre las variables o unidades de muestreo. Abarcará elaborar un programa detallado de procedimientos que nos lleven a obtener datos con un propósito específico. (Hernandez, 2014, pág. 198)

Observación: se procedió a observar los procesos con sus respectivos tiempos de la empresa fabricante de vidrios templados con la finalidad de recolectar datos convenientes y que serán usados en el presente informe.

**Instrumentos Mecánicos o electrónicos:** son sistemas de medición por aparatos, instrumentos que captan información, en el caso de la investigación se usó la lectura del código de barras de cada vidrio procesado, en el cual viaja la información de la ruta del vidrio, características (medidas, descripción, material), tiempo de procesamiento.

**Instrumentos y procedimientos propios de cada disciplina:** En todas las disciplinas se han creado diferentes métodos para recolectar datos sobre unidades de análisis específicas. En la investigación usaremos el estudio de tiempos, diagrama de Pareto, diagramas de flujos balance de línea.

**Tabla 8.**

*Tabla de técnicas de recolección de datos*

| Técnica de Recolección | Instrumentos | Descripción |
|---|---|---|
| Observación Directa | Lista de verificación | Lista de verificación que incluye los elementos a observar en cada estación de trabajo de la línea de producción. Se |

| | | |
|---|---|---|
| | | validarán los tiempos estándares y tiempos de ciclo tiempos estándares con la finalidad de obtener datos convenientes. Ver cap. 5.1.1.4 condiciones iniciales. |
| Registro automatizado | Lectora y etiqueta | La recolección de datos a través de lectura de código de barras consiste en utilizar dispositivos de lectura óptica para escanear códigos de barras asociados a cada vidrio que pasa por el proceso. Estos códigos de barras contienen características codificadas (medidas, descripción, material) e incluyen tiempos de procesamiento.<br>Esta información se registra automáticamente en un sistema de gestión de datos o software, eliminando introducir manualmente datos. La lectura de código de barras ofrece ventajas: la rapidez y precisión en la recolección de datos, la reducción de errores asociados con la entrada manual de datos, y el control del movimiento de productos en tiempo real, con ello poder saber el tiempo de cada proceso. |

| | | |
|---|---|---|
| Análisis documental | Reporte de parte diario /Reporte de lectura de código de barras | Es un reporte que recopila datos sobre las actividades diarias realizadas en cada estación o proceso. Es el medio que registra y agrupa los datos de la actividad. Ver tablas 6 y 7 y anexos 33 al 42. |
| Análisis documental | Reporte de producción de agosto a setiembre de 2020 y 2021 | Es el resumen de los datos de producción, que incluye tiempos, metros cuadrados de producción que serán base de este trabajo. En la investigación usaremos el estudio de tiempos, diagrama de Pareto, diagramas de flujos balance de línea. Ver Calculo de la proporción demandada cap. 5.1.1.2 |
| Análisis documental | Agenda de reunión | Agenda programada semi estructurado que incluye preguntas sobre las percepciones y experiencias de los supervisores de producción con respecto al balance de línea. Se llevarán a cabo entrevistas cara a cara en las instalaciones de la empresa. |

### 4.5. Técnicas de procesamiento y Análisis de datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos son los métodos utilizados para organizar, examinar y extraer información relevante a partir de los datos recopilados del

sistema ERP SPRING como parte de la investigación. Estas técnicas son fundamentales para validar hipótesis, descubrir patrones, realizar inferencias y respaldar conclusiones. En esta tesis usaremos las técnicas mencionadas en la tabla 9.

**Tabla 9.**

*Tabla de técnicas de procesamiento de datos*

| Hipótesis | Técnicas de procesamiento | Breve Descripción |
|---|---|---|
| Balance de línea incremento cantidad producida | Prueba de Hipótesis | Ayuda a evaluar si los cambios que se han realizado en el proceso de producción han tenido un impacto significativo o no. La prueba de hipótesis implica formular una hipótesis nula, que es la afirmación inicial que queremos probar, y una hipótesis alternativa, que es la afirmación que creemos que es verdadera. Luego, se recopilan datos y se realiza un análisis estadístico para determinar si hay suficiente evidencia para respaldar la hipótesis nula en beneficio de la hipótesis alternativa. Usaremos el software estadístico Minitab 19. Técnica de estadística inferencial. Usado en Prueba de hipótesis cap. 5.2.1. |
| | Prueba de Normalidad Shapiro Wilks | Es una técnica estadística utilizada para determinar si una muestra de datos proviene de una población con una distribución normal (gaussiana). Usaremos el software estadístico Minitab 19. Técnica de estadística inferencial. Usado en Prueba de hipótesis cap. 5.2.1 |
| | Prueba de Grubs | Es una técnica estadística utilizada para detectar valores atípicos (outliers) en un conjunto de datos variados. Usaremos el software estadístico Minitab 19. Técnica de estadística inferencial. Ver análisis y validación de datos de estudio cap.4.5.1 |
| | Estadística descriptiva | Se centra en la descripción, resumen y análisis de conjuntos de datos. Usaremos Excel y Word. |
| Balance de línea reduce número de horas extras | Prueba de Normalidad Shapiro Wilks | Es una técnica estadística utilizada para determinar si una muestra de datos proviene de una población con una distribución normal (gaussiana). Usaremos el software estadístico Minitab 19. Técnica de estadística inferencial. Usado en Prueba de hipótesis cap. 5.2.1 |

| | | |
|---|---|---|
| | Regresión Lineal | Es una técnica estadística que se utiliza para modelar la relación entre una variable independiente (predictora) y una variable dependiente (respuesta) a través de una línea recta. Usaremos Excel. Técnica de estadística inferencial.Ver capitulo 5.1.4 |
| Balance de línea incrementa la productividad | Histogramas | Son gráficos estadísticos utilizados para representar la distribución de un conjunto de datos numéricos. Usaremos Excel. Técnica de estadística descriptiva. Ver capítulos 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.1.5, 5.1.6, 5.1.7. |
| | Prueba t student | Es una técnica estadística utilizada para comparar las medias de dos grupos independientes y determinar si existen diferencias significativas entre ellos. Usaremos el software estadístico Minitab 19. Técnica de estadística inferencial. Usado en Prueba de hipótesis cap. 5.2.1 |
| Tiempos estándar | Análisis de tiempos y movimientos | Es una técnica utilizada en ingeniería industrial para estudiar, medir y optimizar el trabajo humano en los procesos de producción. En el Balance de Línea se usa para establecer tiempos estándar para las diferentes actividades y luego con los tiempos realizar los cálculos. Usaremos Excel y Word. Ver Balance de Línea 5.1.1.5. |
| | Prueba de Normalidad Anderson Darling | Es una prueba estadística utilizada para evaluar si un conjunto de datos sigue una distribución normal. Usaremos el software estadístico Minitab 19. Técnica de estadística inferencial. Ver análisis y validación de datos de estudio cap.4.5.1 |
| | Prueba de Grubs | Es una técnica estadística utilizada para identificar valores inusuales o atípicos en un conjunto de datos univariados Usaremos el software estadístico Minitab 19. Técnica de estadística inferencial. |

Usamos las herramientas Excel y minitab. Hacer 2 columnas: técnica y en la segunda columna la descripción y una columna más donde lo aplico.

### *4.5.1. Análisis y Validación de datos en el estudio*

Para el cálculo del tiempo estándar, que es pieza fundamental para el balance de línea, debemos procesar los datos obtenidos en cada periodo de tiempo y con esto garantizar que los datos obtenidos cumplan con los parámetros estadísticos, razón a ello nos ayudaremos del software estadístico Minitab 2021. Para evaluar si los datos obtenidos siguen una distribución normal, utilizamos este software y planteamos la siguiente premisa para validarlos según el método de Anderson-Darling:

**Hipótesis Nula**:

$H_0$: Los datos siguen una distribución normal

**Hipótesis Alternativa:**

Ha: No se puede concluir que los datos siguen una distribución normal.

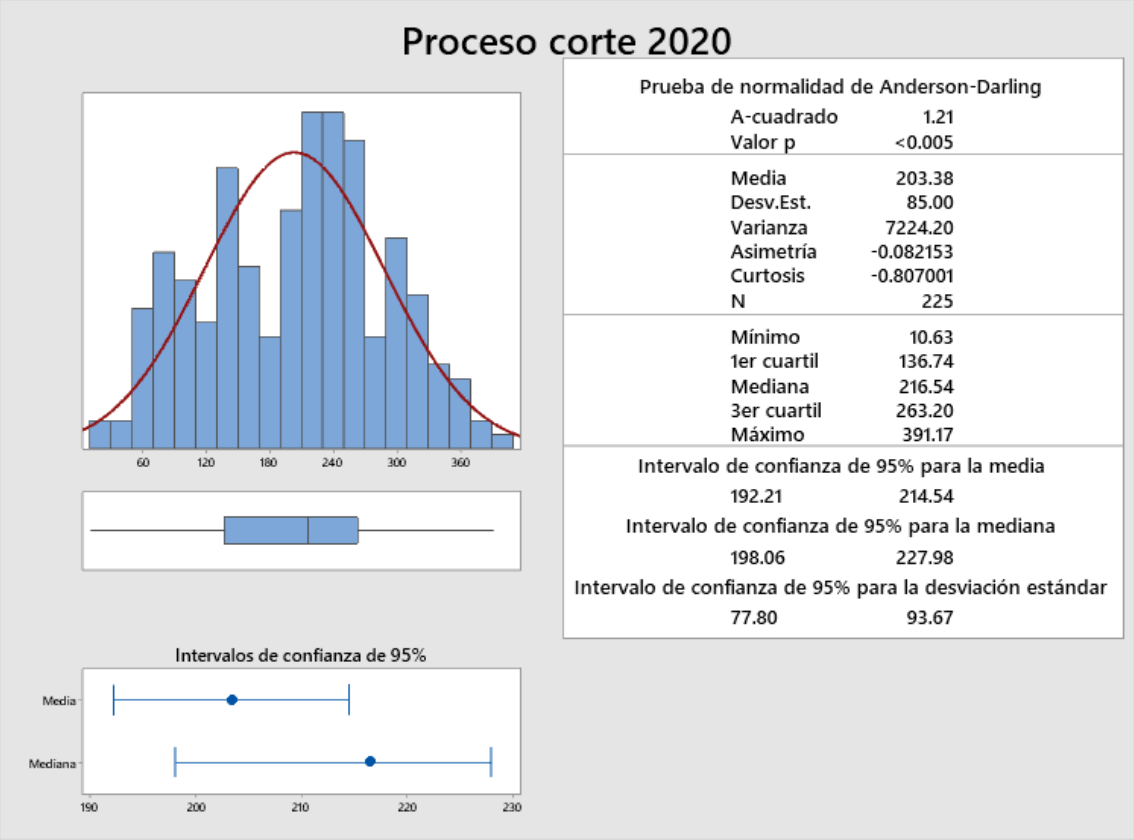
$\alpha$= 0.05

Valor $P \leq \alpha$: Rechazar la $H_0$

Valor $P > \alpha$: Acepta la $H_0$ y no se puede concluir que los datos no sigan una distribución normal.

***Figura 14.***

*Resumen estadístico del proceso corte 2020*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P ≤ α, por tal motivo se rechaza la $H_0$. Para poder trabajar con el estadístico de la media muestral debemos realizar una prueba de valores atípicos como para descartar que no todos los valores pertenecen a una población normal.

## Método

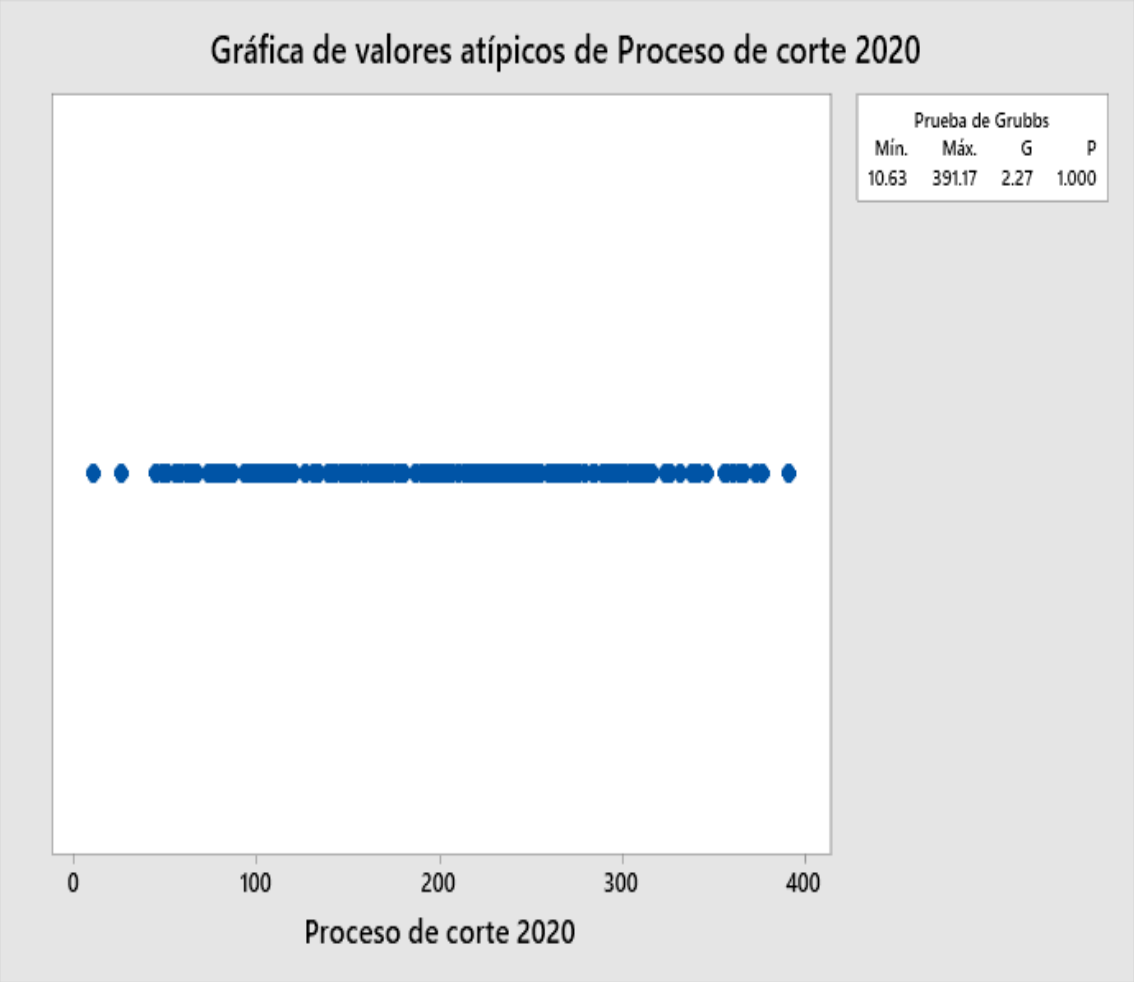
| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todos los valores de los datos provienen de la misma población normal |
| Hipótesis alterna | El valor más pequeño o grande de los datos es un valor atípico |
| Nivel de significancia | α = 0.05 |

## Prueba de Grubbs

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mín. | Máx. | G | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proceso de corte 2020 | 225 | 203.38 | 85.00 | 10.63 | 391.17 | 2.27 | 1.000 |

***Figura 15.***

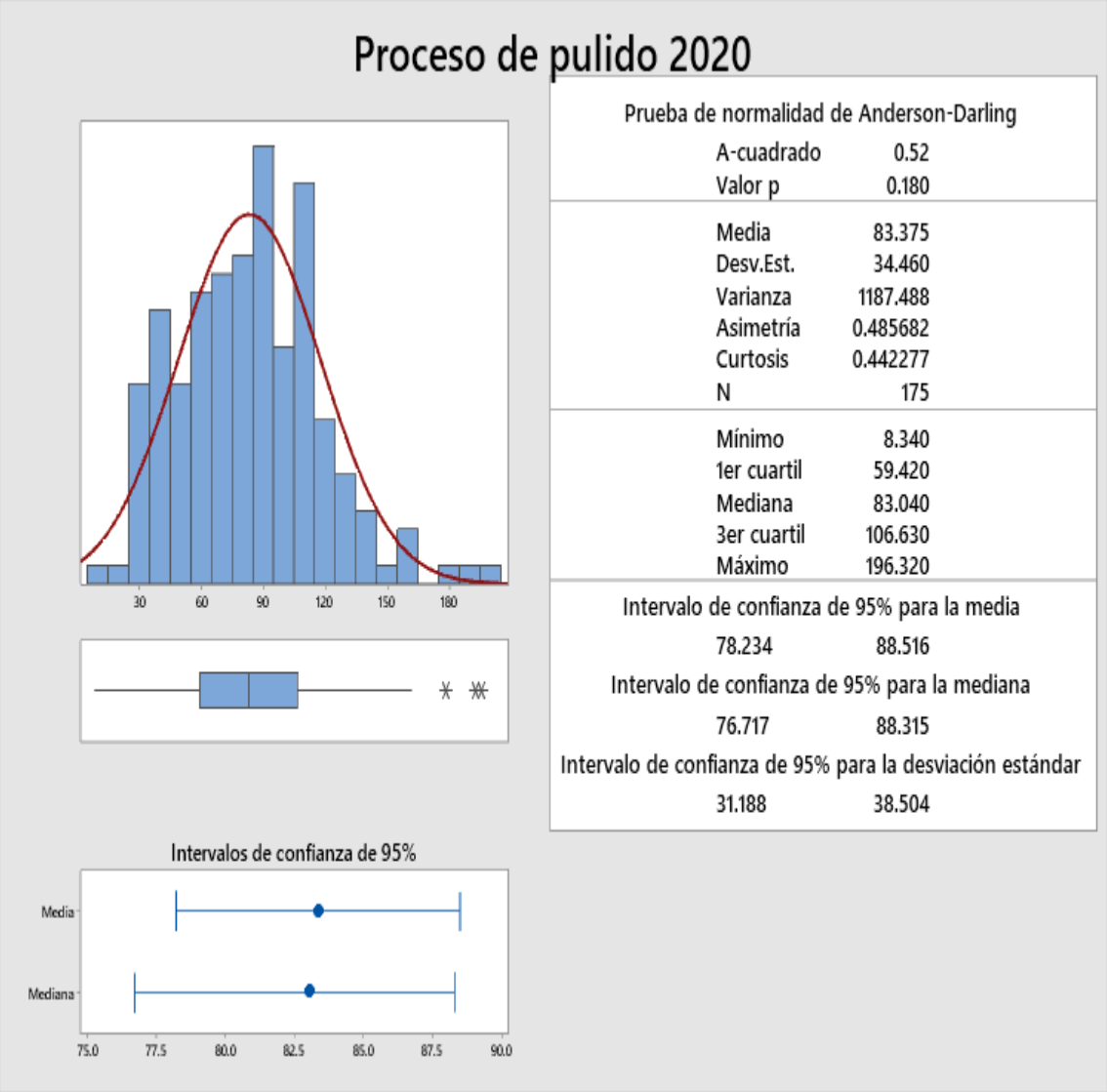
*Prueba de valores atípicos: Proceso de corte 2020*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 16.***

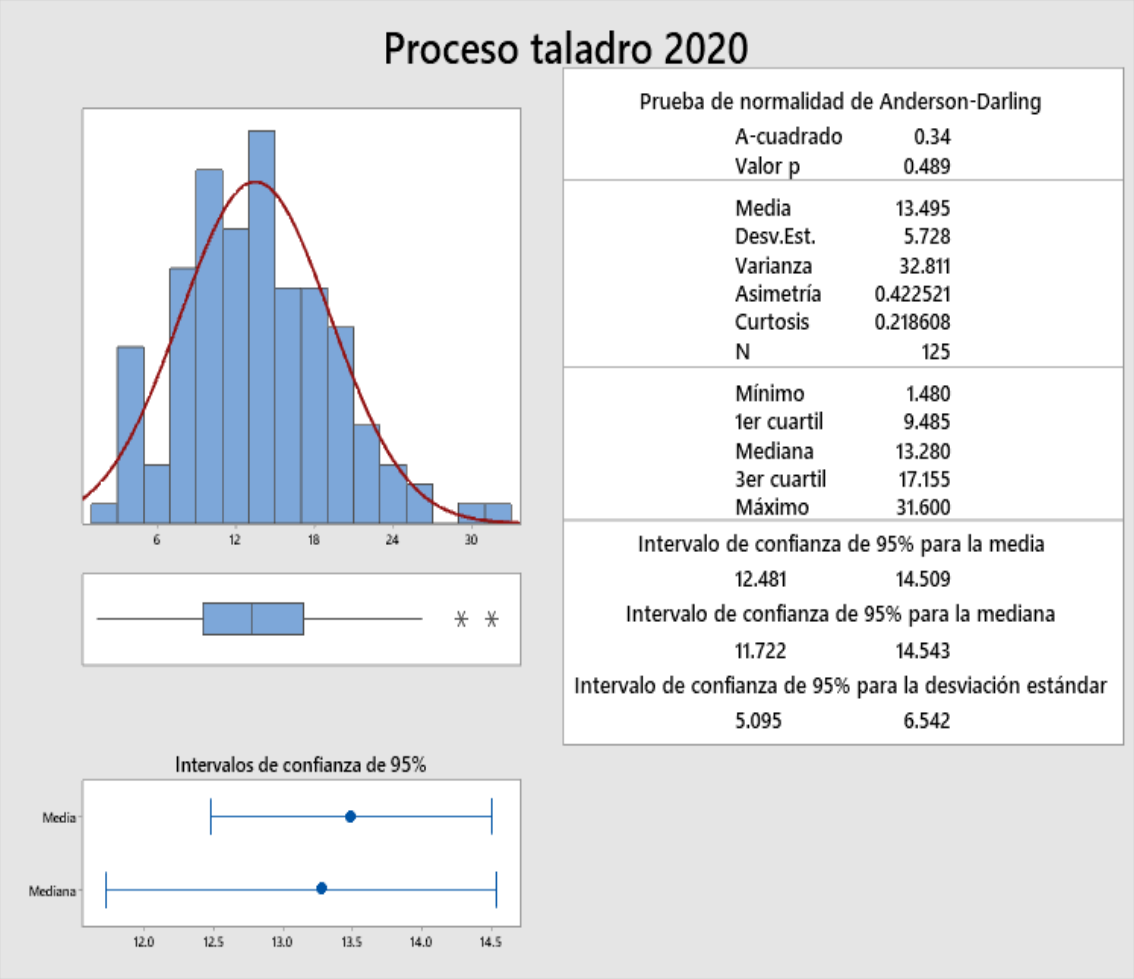
*Resumen estadístico del proceso pulido 2020*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 17.***

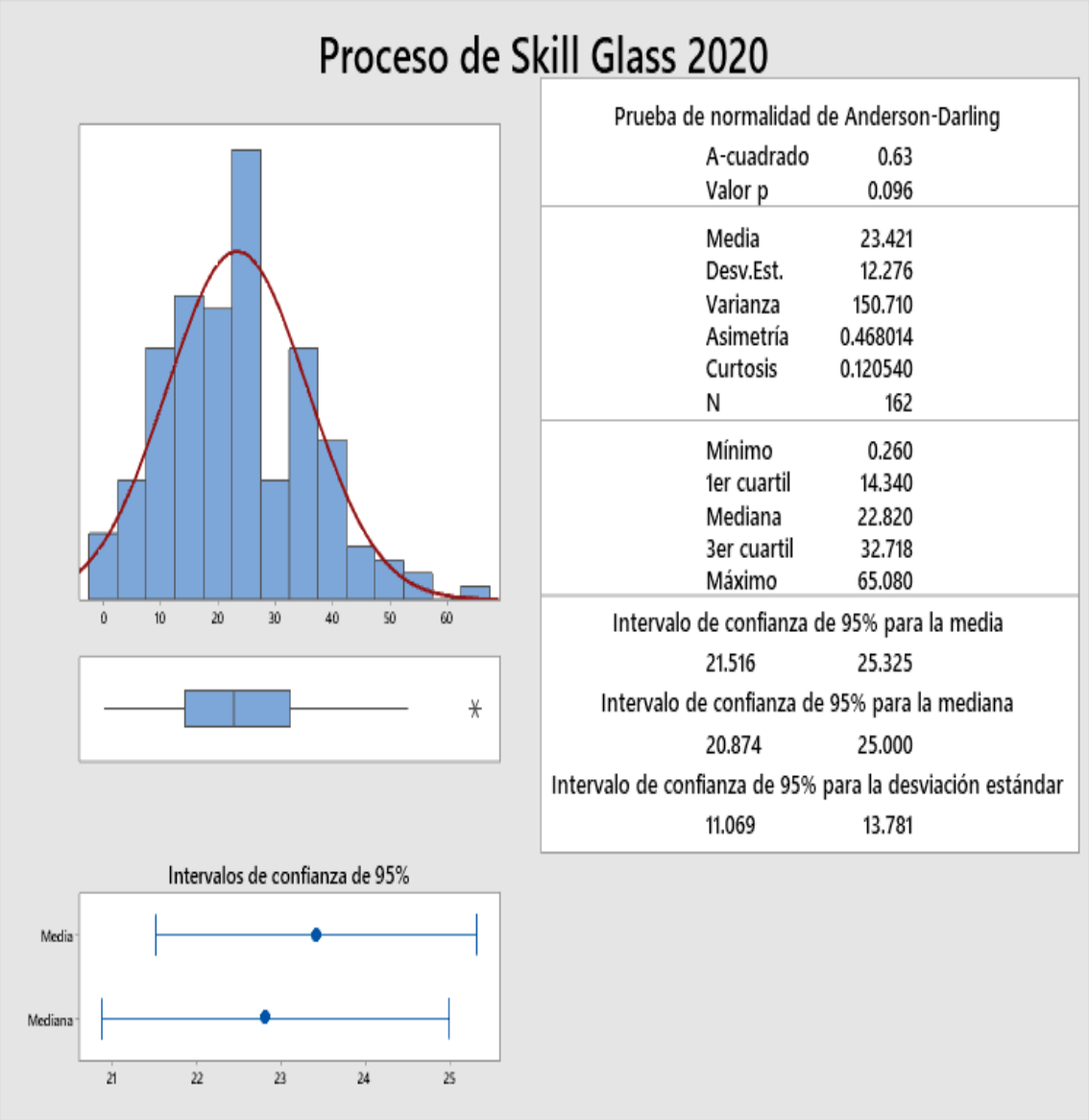
*Resumen estadístico del proceso taladro 2020*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 18.***

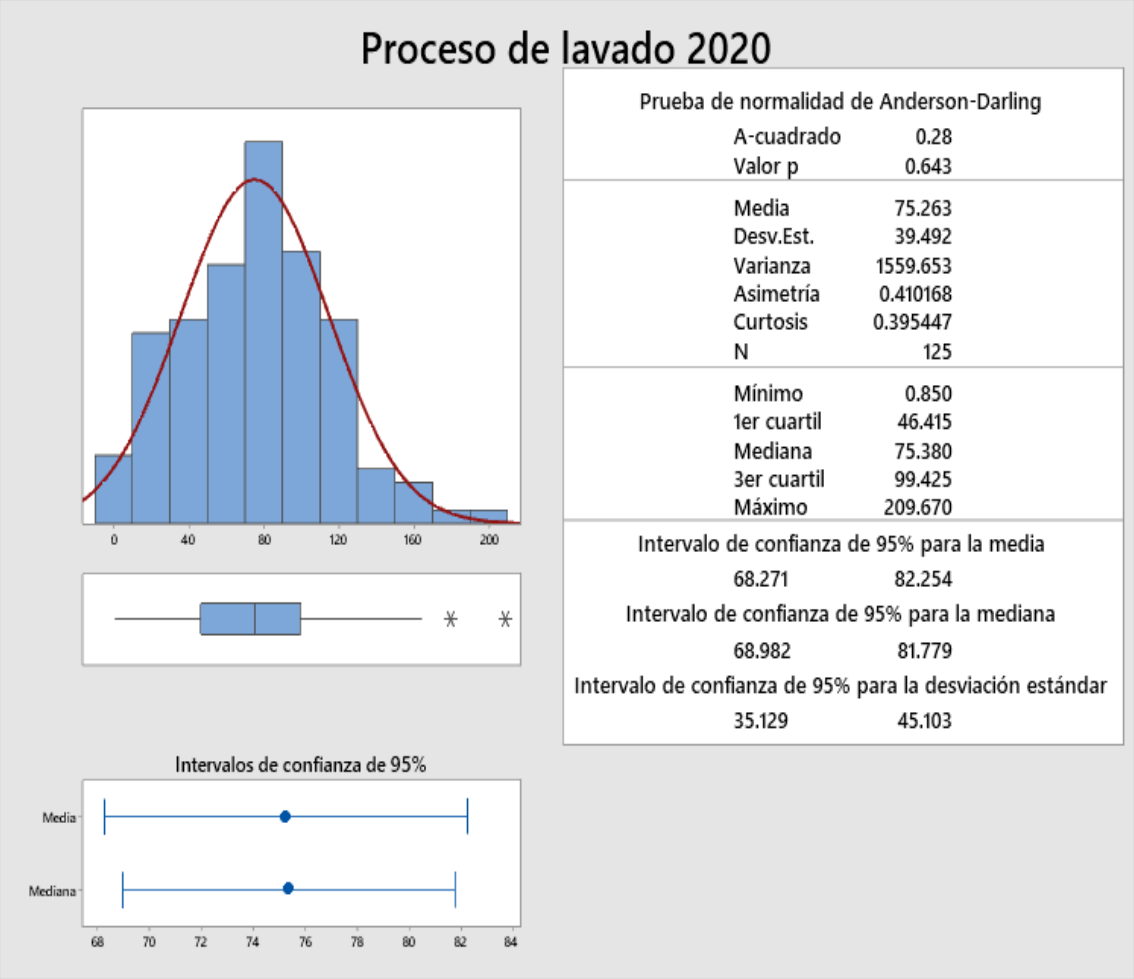
*Resumen estadístico del proceso Skill Glass 2020*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 19.***

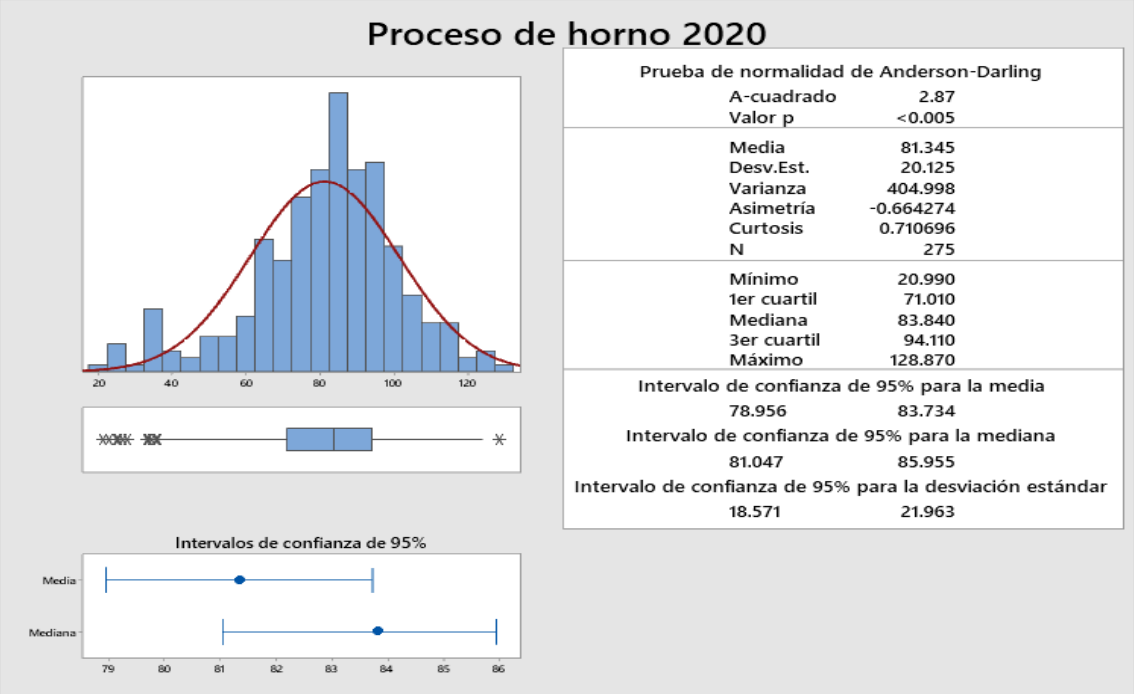
*Resumen estadístico del proceso lavado 2020*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 20.***

*Resumen estadístico del proceso horno 2020*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P ≤ α, por tal motivo se rechaza la $H_0$. Para poder trabajar con el estadístico de la media muestral debemos realizar una prueba de valores atípicos como para descartar que no todos los valores pertenecen a una población normal.

## Método

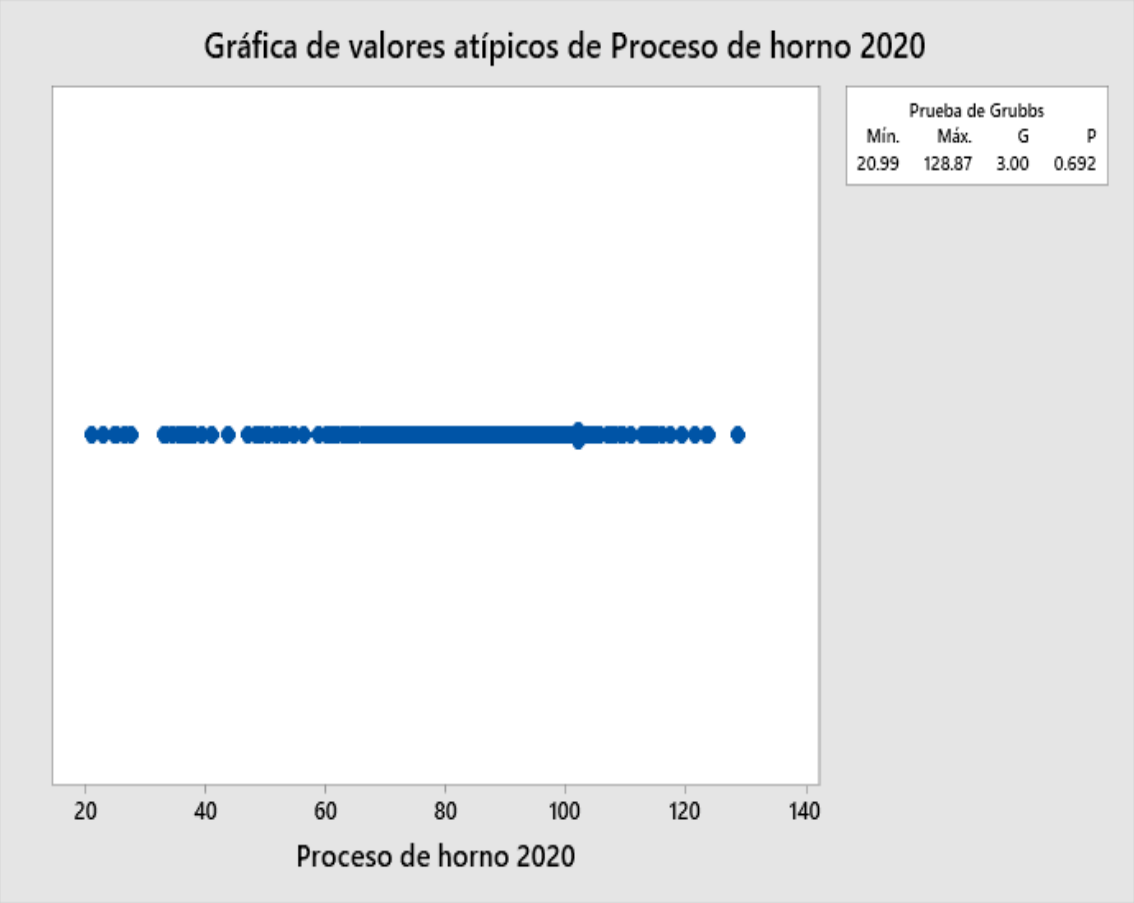
| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todos los valores de los datos provienen de la misma población normal |
| Hipótesis alterna | El valor más pequeño o grande de los datos es un valor atípico |
| Nivel de significancia | α = 0.05 |

## Prueba de Grubbs

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mín. | Máx. | G | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proceso de horno 2020 | 275 | 81.35 | 20.12 | 20.99 | 128.87 | 3.00 | 0.692 |

***Figura 21.***

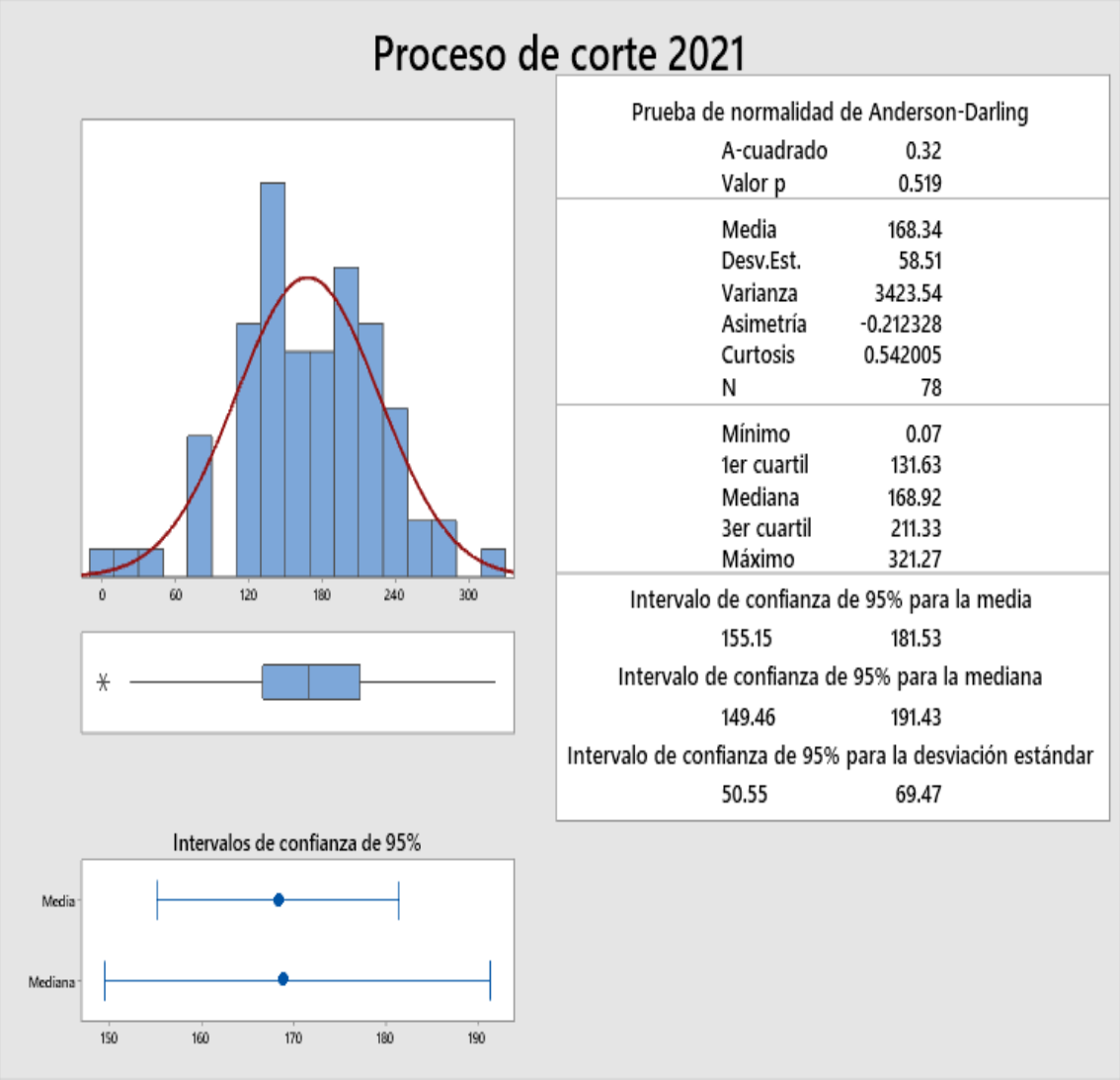
*Prueba de valores atípicos: Proceso de horno 2020*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 22.***

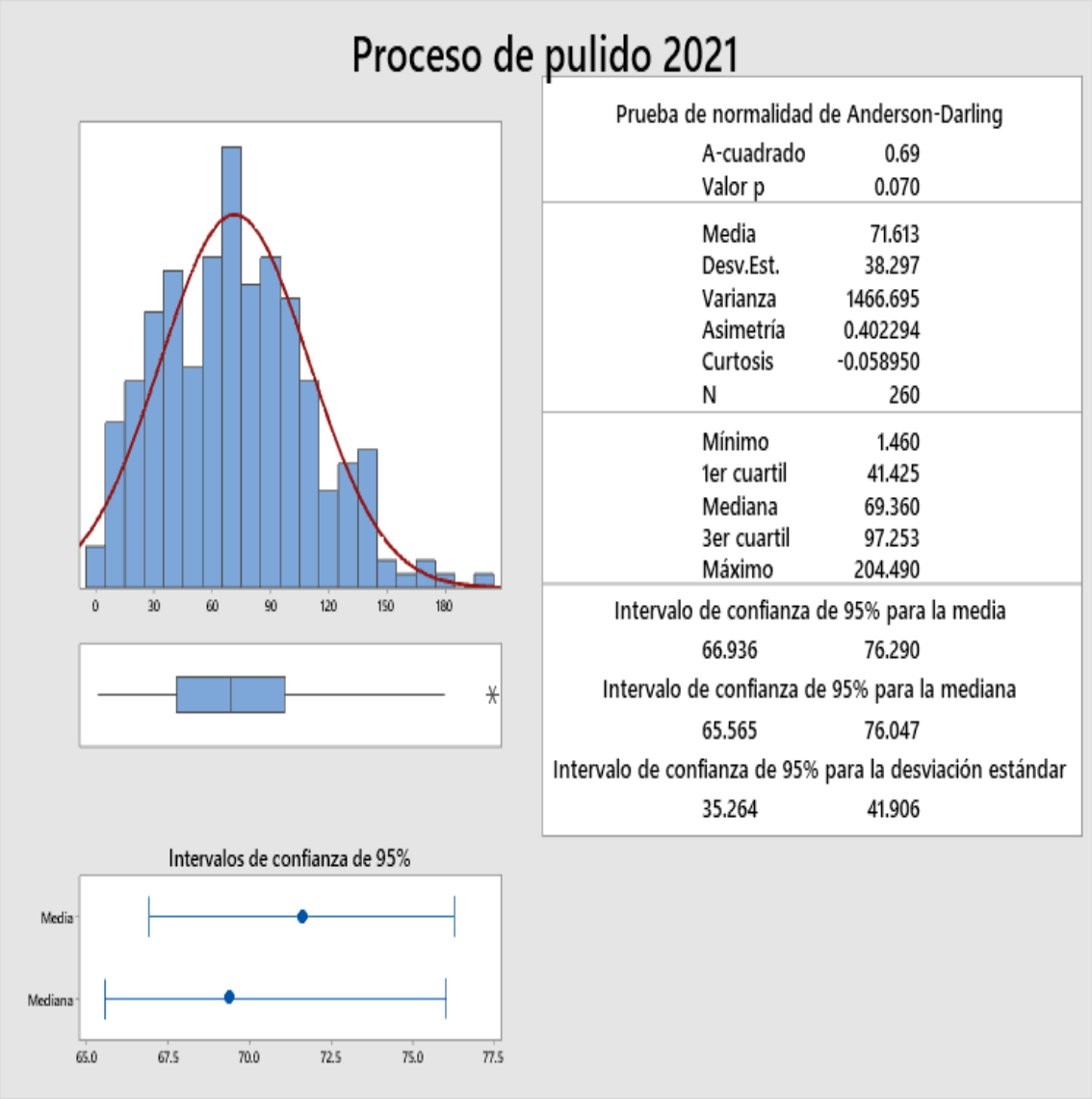
*Resumen estadístico del proceso corte 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 23.***

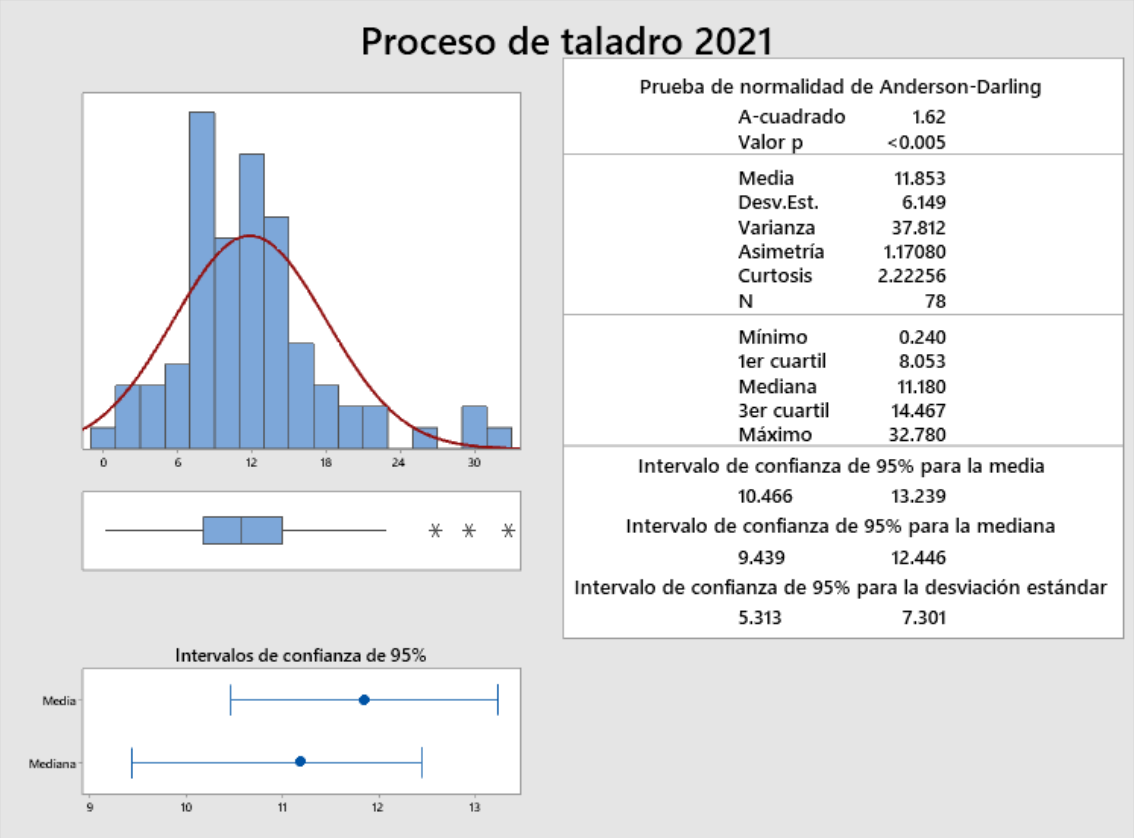
*Resumen estadístico del proceso pulido 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 24.***

*Resumen estadístico del proceso taladro 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P ≤ α, por tal motivo se rechaza la $H_0$. Para poder trabajar con el estadístico de la media muestral debemos realizar una prueba de valores atípicos como para descartar que no todos los valores pertenecen a una población normal.

## Método

| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todos los valores de los datos provienen de la misma población normal |
| Hipótesis alterna | El valor más pequeño o grande de los datos es un valor atípico |
| Nivel de significancia | α = 0.05 |

## Prueba de Grubbs

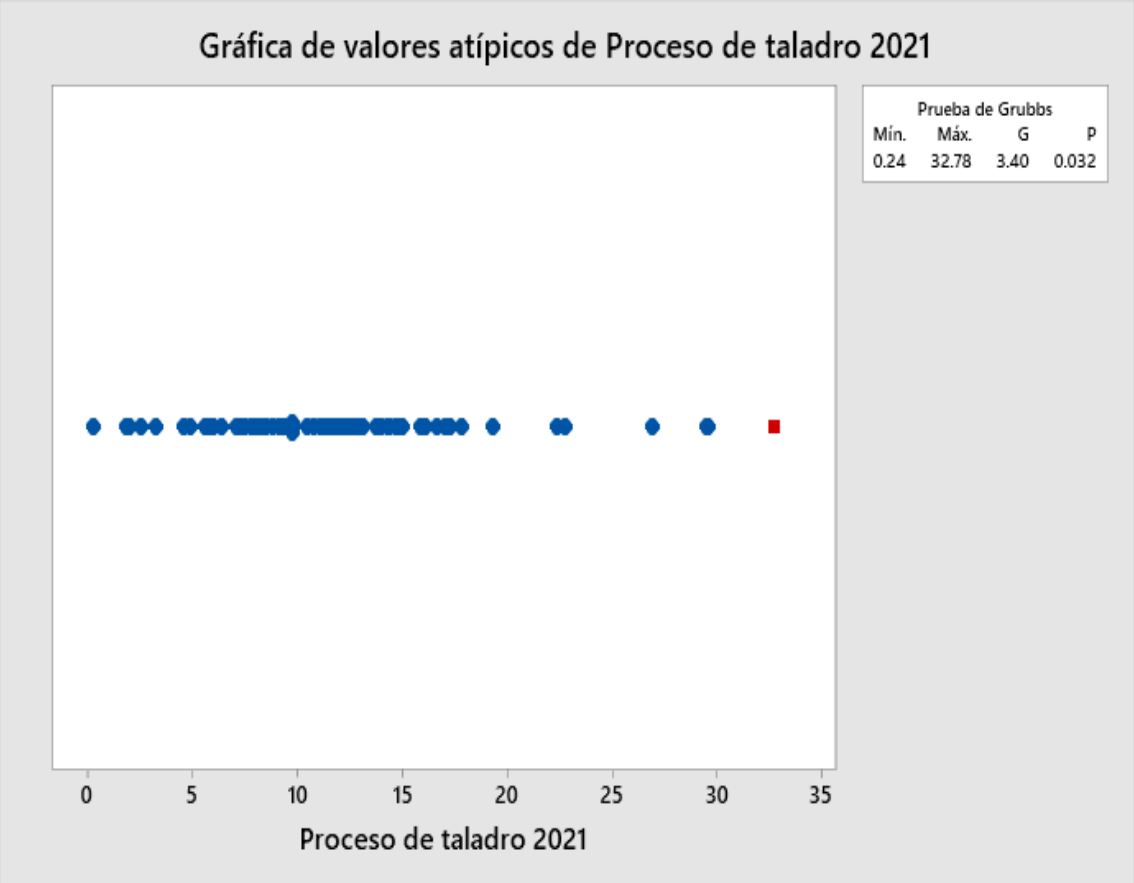
| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mín. | Máx. | G | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proceso de taladro 2021 | 78 | 11.853 | 6.149 | 0.240 | 32.780 | 3.40 | 0.032 |

## Valor atípico

| Variable | Fila | Valor atípico |
|---|---|---|
| Proceso de taladro 2021 | 11 | 32.78 |

***Figura 25.***

*Prueba de valores atípicos: Proceso de taladro 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P ≤ α, por tal motivo se rechaza la $H_0$. Para poder trabajar con el estadístico de la media muestral debemos eliminar el valor de la fila 11 de los datos y volver a realizar la prueba de valores atípicos para descartar que no todos los valores pertenecen a una población normal.

## Método

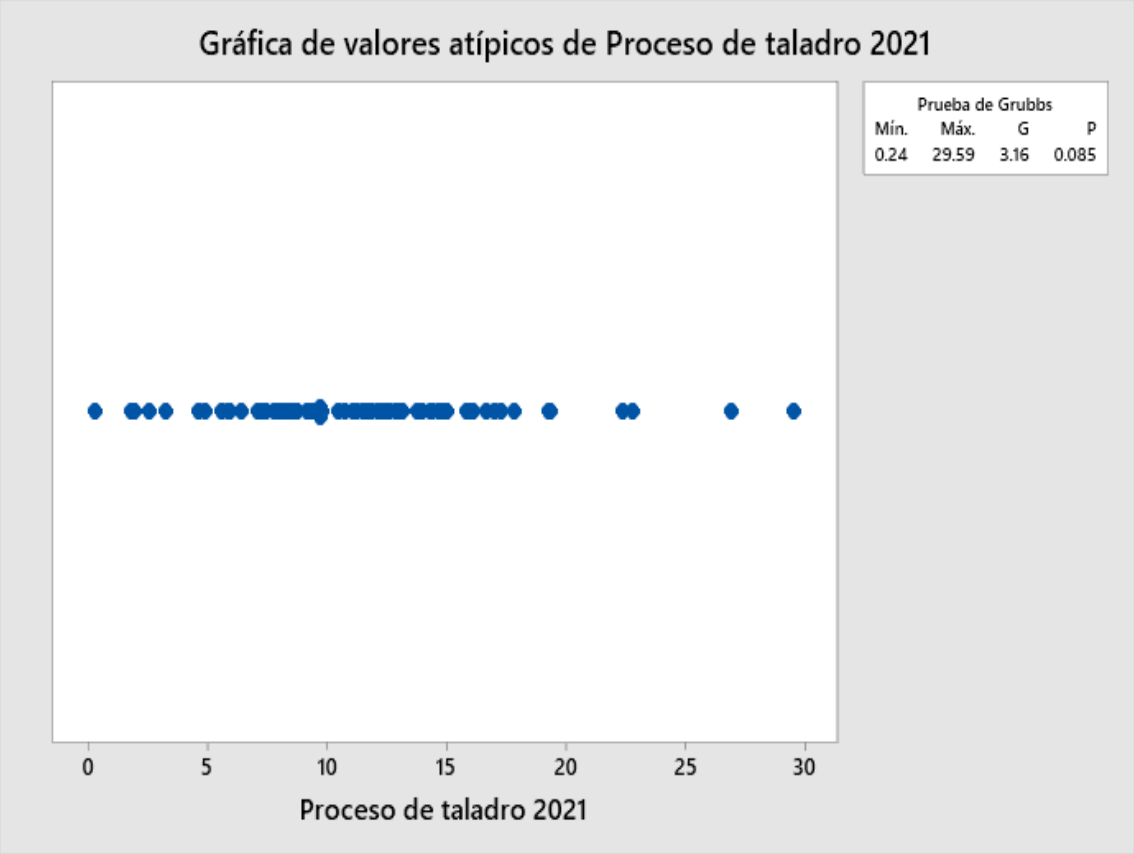
| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todos los valores de los datos provienen de la misma población normal |
| Hipótesis alterna | El valor más pequeño o grande de los datos es un valor atípico |
| Nivel de significancia | α = 0.05 |

## Prueba de Grubbs

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mín. | Máx. | G | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proceso de taladro 2021 | 77 | 11.581 | 5.698 | 0.240 | 29.590 | 3.16 | 0.085 |

***Figura 26.***

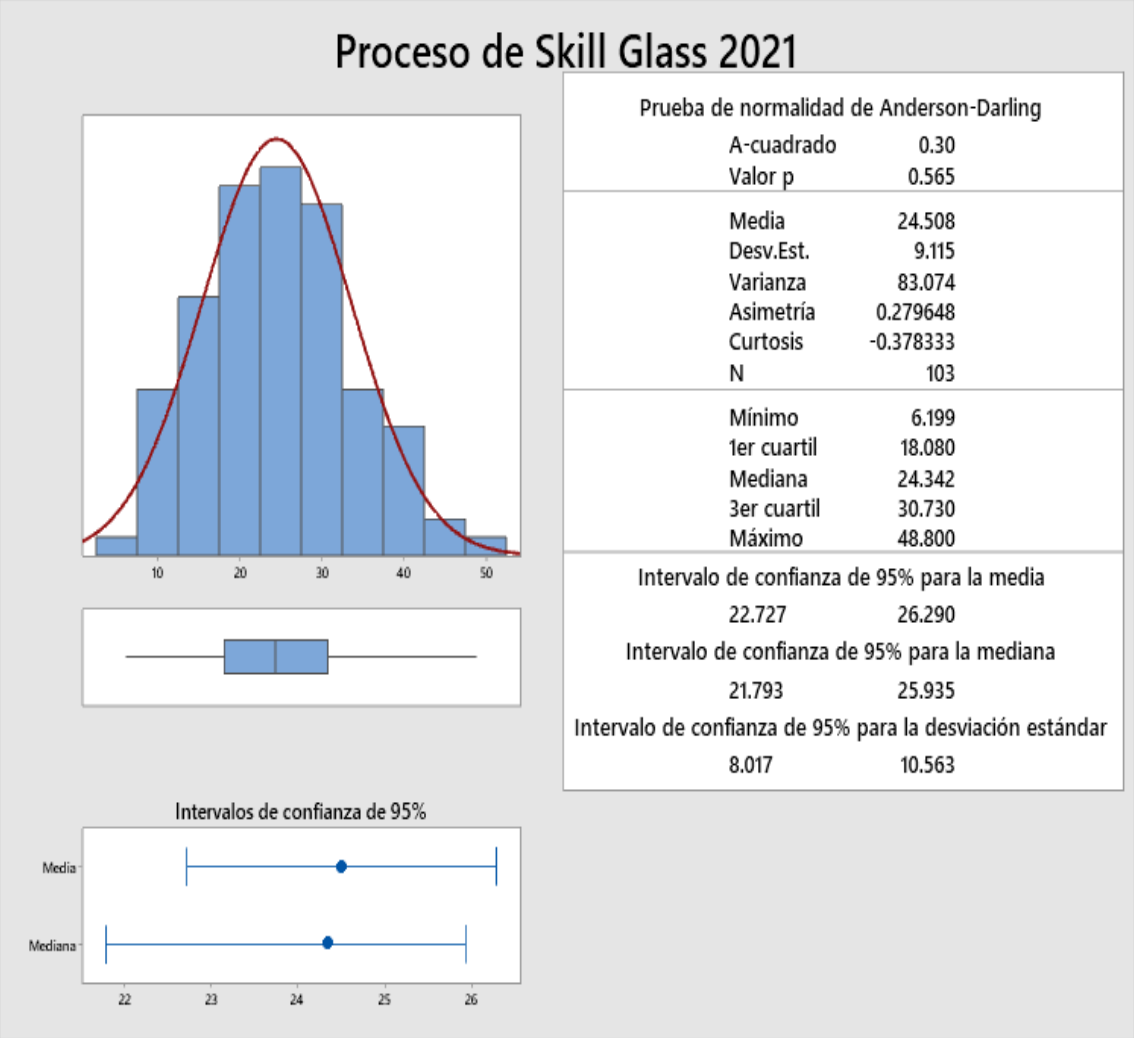
*Prueba de valores atípicos: Proceso de taladro 2021-Despues del ajuste*




*Nota.* Se puede observar que después de eliminar el valor de la fila 11, el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 27.***

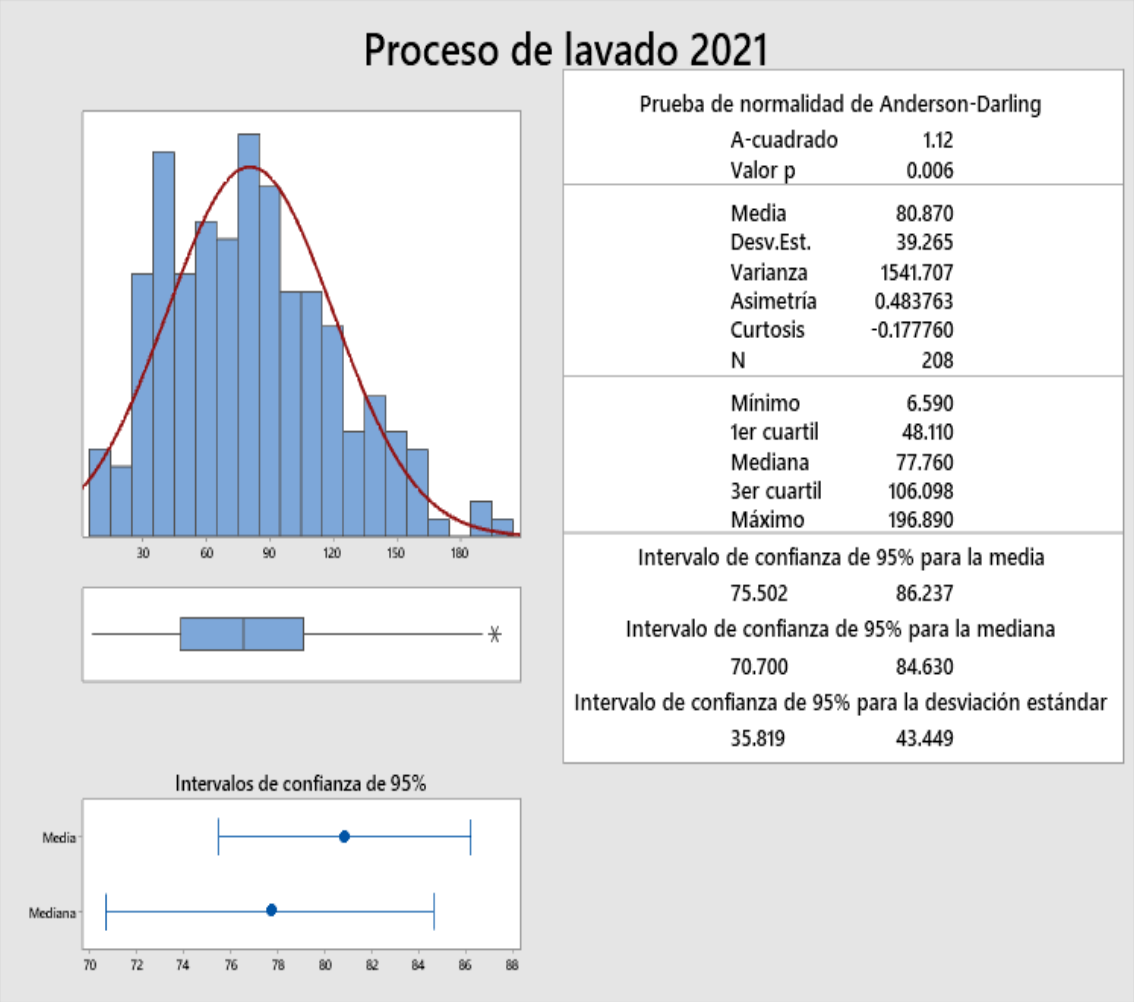
*Resumen estadístico del proceso Skill Glass 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 28.***

*Resumen estadístico del proceso lavado 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P ≤ α, por tal motivo se rechaza la $H_0$. Para poder trabajar con el estadístico de la media muestral debemos realizar una prueba de valores atípicos como para descartar que no todos los valores pertenecen a una población normal.

## Método

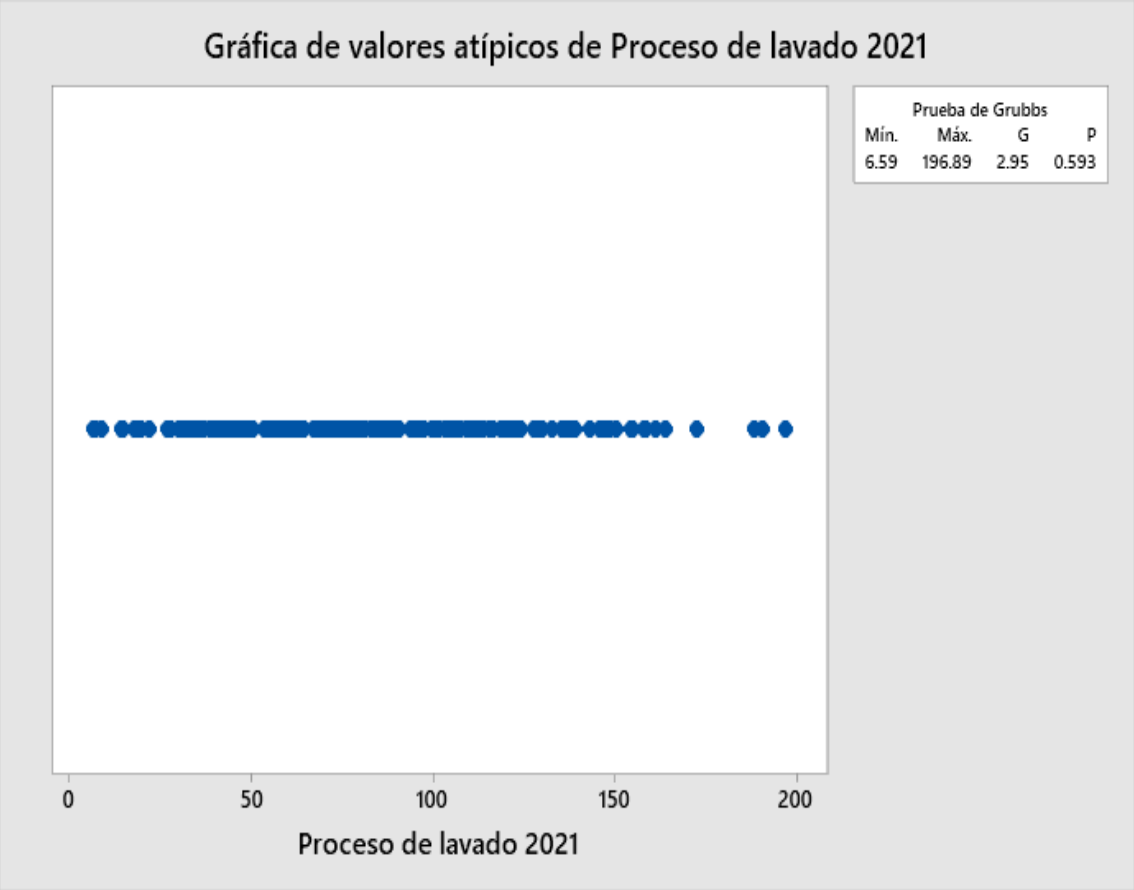
| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todos los valores de los datos provienen de la misma población normal |
| Hipótesis alterna | El valor más pequeño o grande de los datos es un valor atípico |
| Nivel de significancia | α = 0.05 |

## Prueba de Grubbs

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mín. | Máx. | G | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proceso de lavado 2021 | 208 | 80.87 | 39.26 | 6.59 | 196.89 | 2.95 | 0.593 |

***Figura 29.***

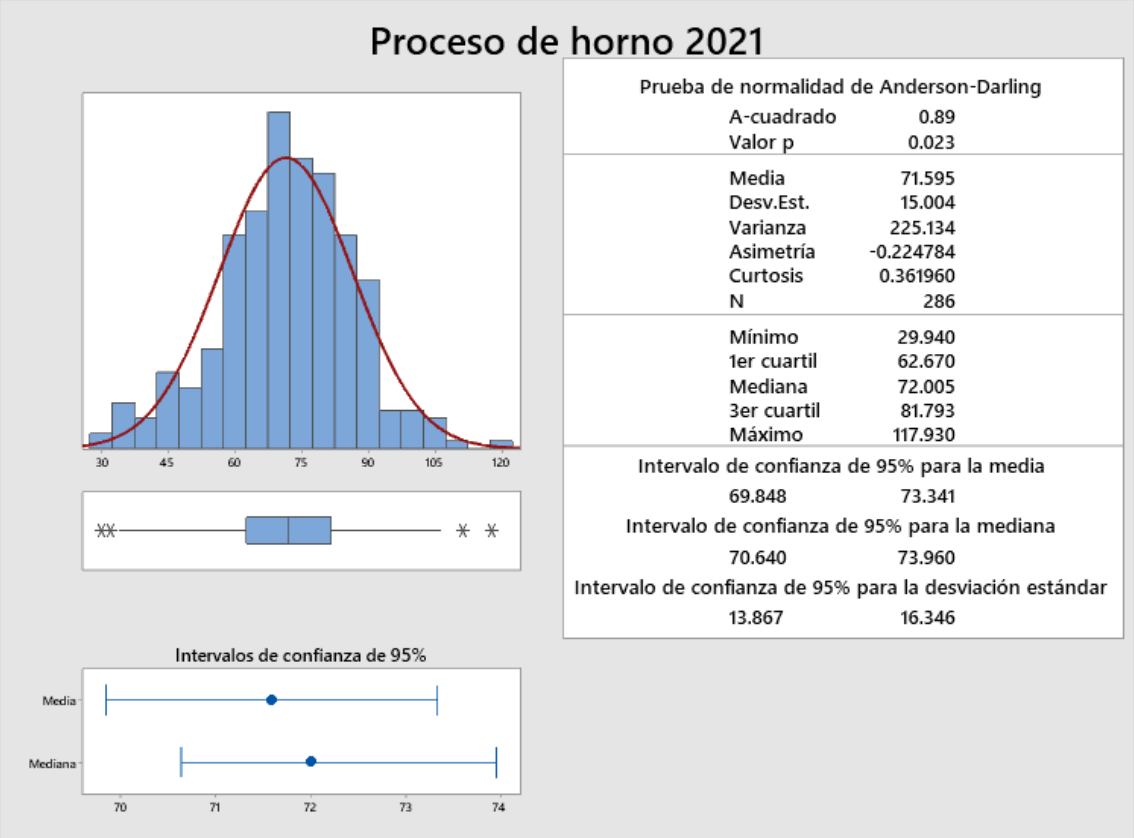
*Prueba de valores atípicos: Proceso de lavado 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

***Figura 30.***

*Resumen estadístico del proceso horno 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P ≤ α, por tal motivo se rechaza la $H_0$. Para poder trabajar con el estadístico de la media muestral debemos realizar una prueba de valores atípicos como para descartar que no todos los valores pertenecen a una población normal.

## Método

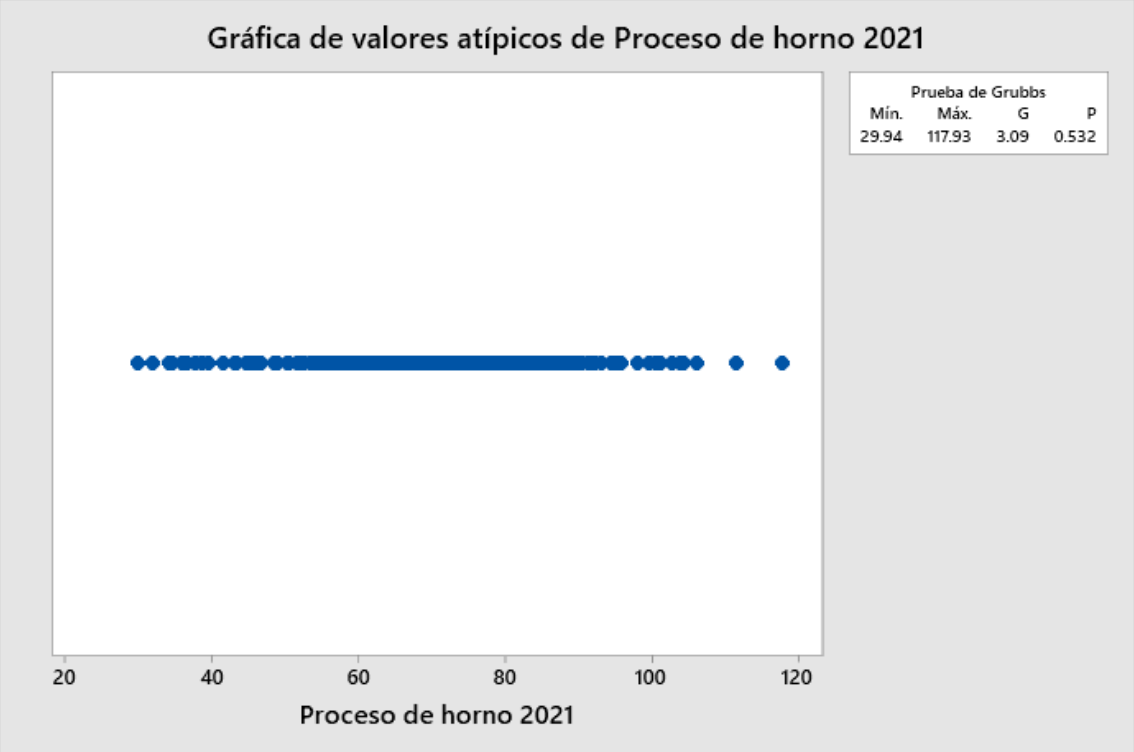
| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todos los valores de los datos provienen de la misma población normal |
| Hipótesis alterna | El valor más pequeño o grande de los datos es un valor atípico |
| Nivel de significancia | α = 0.05 |

## Prueba de Grubbs

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mín. | Máx. | G | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proceso de horno 2021 | 286 | 71.595 | 15.004 | 29.940 | 117.930 | 3.09 | 0.532 |

***Figura 31.***

*Prueba de valores atípicos: Proceso de horno 2021*




*Nota.* Se puede observar que el Valor P > α, por tal motivo se acepta la $H_0$ y con ello ya podemos trabajar con el estadístico de la media muestral para realizar estimaciones de la población.

Luego de garantizar que los datos obtenidos son datos que siguen la distribución normal y cumplen con los parámetros estadísticos necesarios para el estudio iniciamos con los cálculos para determinar los tiempos estándares de cada proceso.

# 5. Análisis e interpretación de los resultados

## 5.1. Presentación de resultados

### *5.1.1. Balance de línea*

Para realizar el correcto procedimiento del balance de línea usaremos los siguientes pasos:

- Cálculo de tiempos estándar del proceso
- Cálculo de la proporción demandada por tipo de producto
- Selección de productos
- Condiciones iniciales y finales de los procesos operativos
- Balance de línea Inicial
- Balance de línea Final

#### 5.1.1.1. Cálculo de tiempos estándar del proceso

Sabiendo que los datos seleccionados en el apartado 4.2. de la presente tesis son normales y validados en el apartado (validación de datos) calculamos los estándares promedios de cada proceso.

Los datos del parte diario obtenidos están en unidad m2/Hr que representan los m2 de vidrio producido por hora en cada proceso de la línea de fabricación.

*Metros cuadrados por hora= m2/Hr,*

Para poder llevarlo a tiempo estándar, solo modificaremos las unidades pasando los de m2/hr a seg/m2. Para facilidad del caso usaremos la siguiente formula:

$$\left(Promedio\ \left(\frac{m2}{Hr}\right)\right)^{-1} * 3600(\frac{seg}{Hr}) = tiempo\ estándar$$

**Tabla 10.**

*Promedios estándar para los procesos en el año 2020*

| **Proceso** | Promedio ($m^2$/Hr) | Promedio ($m^2$/Seg.) | Tiempo estándar (Seg. /$m^2$) |
|---|---|---|---|
| **Corte** | 203.38 | 0.06 | 17.70 |
| **Pulido** | 83.38 | 0.02 | 43.18 |
| **Taladro** | 13.49 | 0.00 | 266.77 |
| **Skill Glass** | 23.36 | 0.01 | 154.11 |
| **Lavado** | 75.26 | 0.02 | 47.83 |
| **Horno** | 81.35 | 0.02 | 44.26 |

*Nota.* Se puede observar que los valores estándares de cada proceso están presentados en la unidad de tiempo de segundos en procesar un metro cuadrado del producto vidrio templado.

**Tabla 11.**

*Promedios estándar para los procesos en el año 2021*

| **Proceso** | Promedio ($m^2$/Hr) | Promedio ($m^2$/Seg.) | Promedio (Seg. /$m^2$) |
|---|---|---|---|
| **Corte** | 191.29 | 0.05 | 18.82 |
| **Pulido** | 71.61 | 0.02 | 50.27 |
| **Taladro** | 11.85 | 0.00 | 303.73 |
| **Skill Glass** | 24.50 | 0.01 | 146.94 |
| **Lavado** | 80.87 | 0.02 | 44.52 |
| **Horno** | 71.59 | 0.02 | 50.28 |

*Nota.* Se puede observar que los valores estándares de cada proceso están presentados en la unidad de tiempo de segundos en procesar un metro cuadrado del producto vidrio templado.

Para el balance de la línea, definiremos los productos de las líneas a balancear mediante un análisis de Pareto.

#### 5.1.1.2. Cálculo de la proporción demandada por tipo de producto

Debido a que en le misma línea se fabrican productos diferentes, pero con mínimas variaciones de tiempos se hizo un estudio histórico de la demanda atendida por la empresa, con esto determinaremos que productos debemos elegir y que represente los productos producidos dentro de la gama de opciones que oferta la empresa. Para ello a través de la metodología de Pareto elegiremos los productos que debemos balancear en el estudio.

La empresa fábrica los vidrios de espesores 6mm, 8 mm, 10mm, además estos se categorizan por si llevan hueco o no de la siguiente manera:

M= lleva huecos el vidrio

NM= no lleva huecos el vidrio

Cada espesor de vidrio puede llevar hueco o no llevar hueco.

**Tabla 12.**

*Participación de productos para el balanceo de línea según Pareto*

| Ítem | Espesor | Tipo | Maquina | $M^2$ | Porcentaje | Acumulado | Elegido |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **6MM** | **NM** | N/A | 129,536.68 | 32.79% | 32.79% | ✓ |
| **2** | **8MM** | **NM** | N/A | 83,525.74 | 21.14% | 53.93% | ✓ |
| **3** | **8MM** | **M** | SK | 67,825.80 | 17.17% | 71.09% | ✓ |
| **4** | **10MM** | **M** | SK | 43,646.90 | 11.05% | 82.14% | ✓ |
| **5** | 10MM | NM | N/A | 31,512.99 | 7.98% | 90.12% | × |
| **6** | 6MM | M | SK | 14,276.69 | 3.61% | 93.73% | × |
| **7** | 8MM | M | Taladro | 12,919.20 | 3.27% | 97.00% | × |
| **8** | 10MM | M | Taladro | 8,313.70 | 2.10% | 99.10% | × |
| **9** | 6MM | M | Taladro | 2,719.37 | 0.69% | 99.79% | × |
| **10** | 12MM | NM | N/A | 410.33 | 0.10% | 99.90% | × |

| Ítem | Espesor | Tipo | Maquina | $M^2$ | Porcentaje | Acumulado | Elegido |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **11** | 12MM | M | SK | 127.08 | 0.03% | 99.93% | ✗ |
| **12** | 15MM | NM | N/A | 102.70 | 0.03% | 99.95% | ✗ |
| **13** | 19MM | NM | N/A | 88.64 | 0.02% | 99.98% | ✗ |
| **14** | 19MM | M | SK | 29.96 | 0.01% | 99.98% | ✗ |
| **15** | 12MM | M | Taladro | 24.21 | 0.01% | 99.99% | ✗ |
| **16** | 15MM | M | SK | 18.24 | 0.00% | 100.00% | ✗ |
| **17** | 4MM | NM | N/A | 8.61 | 0.00% | 100.00% | ✗ |
| **18** | 19MM | M | Taladro | 5.71 | 0.00% | 100.00% | ✗ |
| **19** | 15MM | M | Taladro | 3.48 | 0.00% | 100.00% | ✗ |
| **20** | 3MM | NM | N/A | 0.13 | 0.00% | 100.00% | ✗ |
| **21** | 4MM | M | SK | - | 0.00% | 100.00% | ✗ |
| **22** | 4MM | M | Taladro | - | 0.00% | 100.00% | ✗ |

#### 5.1.1.3. Selección de productos

Se puede observar que los 4 primeros productos, vidrio de 6mm NM, 8 mm NM, 8mm M, 10 mm M, representan el 82.14% de la producción total, por lo mismo si realizamos el balance de línea en base a ello, estaremos garantizando el balance de línea para casi todo el movimiento productivo que realiza la empresa.

Teniendo en cuenta que ya se definió los productos representativos para la empresa, nos toca reasignar la proporcionalidad de la participación en base los 4 productos de mayor aporte al flujo de trabajo.

**Tabla 13.**

*Nueva asignación de participación de productos*

| Ítem | Espesor | Tipo | Maquina | $M^2$ | Participación | Acumulado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6MM | NM | N/A | 129,536.68 | 39.91% | 39.91% |
| 2 | 8MM | NM | N/A | 83,525.74 | 25.74% | 65.65% |
| 3 | 8MM | M | SK | 67,825.80 | 20.90% | 86.55% |
| 4 | 10MM | M | SK | 43,646.90 | 13.45% | 100.00% |
| | | | | 324535.1219 | | |

#### 5.1.1.4. Condiciones iniciales y finales de los procesos operativos

Adicionalmente a los tiempos estándares se fijaron los estándares de horas máquinas y número de máquinas por proceso en cada periodo de evaluación.

Se muestra en la tabla 14 el resumen de las condiciones iniciales del año 2020

**Tabla 14.**

*Tabla resumen de procesos con datos de máquina, operadores, turnos año 2020*

| Proceso | Datos | Cantidad |
|---|---|---|
| Corte | Nro. de máquinas | 1 |
| | Nro. de Operadores | 1 |
| | Nro. de turnos | 1 |
| | Nro. de horas | 9 |
| Pulidora | Nro. de máquinas | 3 |
| | Nro. de Operadores | 3 |
| | Nro. de turnos | 2 |
| | Nro. de horas/turno | 8 |
| Taladro | Nro. de máquinas | 3 |
| | Nro. de Operadores | 3 |
| | Nro. de turnos | 1 |
| | Nro. de horas/turno | 8 |
| Skill Glass | Nro. de máquinas | 2 |
| | Nro. de Operadores | 2 |
| | Nro. de turnos | 2 |
| | Nro. de horas/turno | 8 |

| | | |
|---|---|---|
| Lavadora | Nro. de máquinas | 1 |
| | Nro. de Operadores | 2 |
| | Nro. de turnos | 2 |
| | Nro. de horas | 8 |
| Horno | Nro. de máquinas | 1 |
| | Nro. de Operadores | 4 |
| | Nro. de turnos | 2 |
| | Nro. de horas | 9.5 |

En el anexo desde las tablas 43 a la 48 se muestran los detalles de las programaciones del año 2020 de números de máquinas, turno y operarios a detalle.

***Figura 32.***

*Distribución de planta en el periodo 2020*

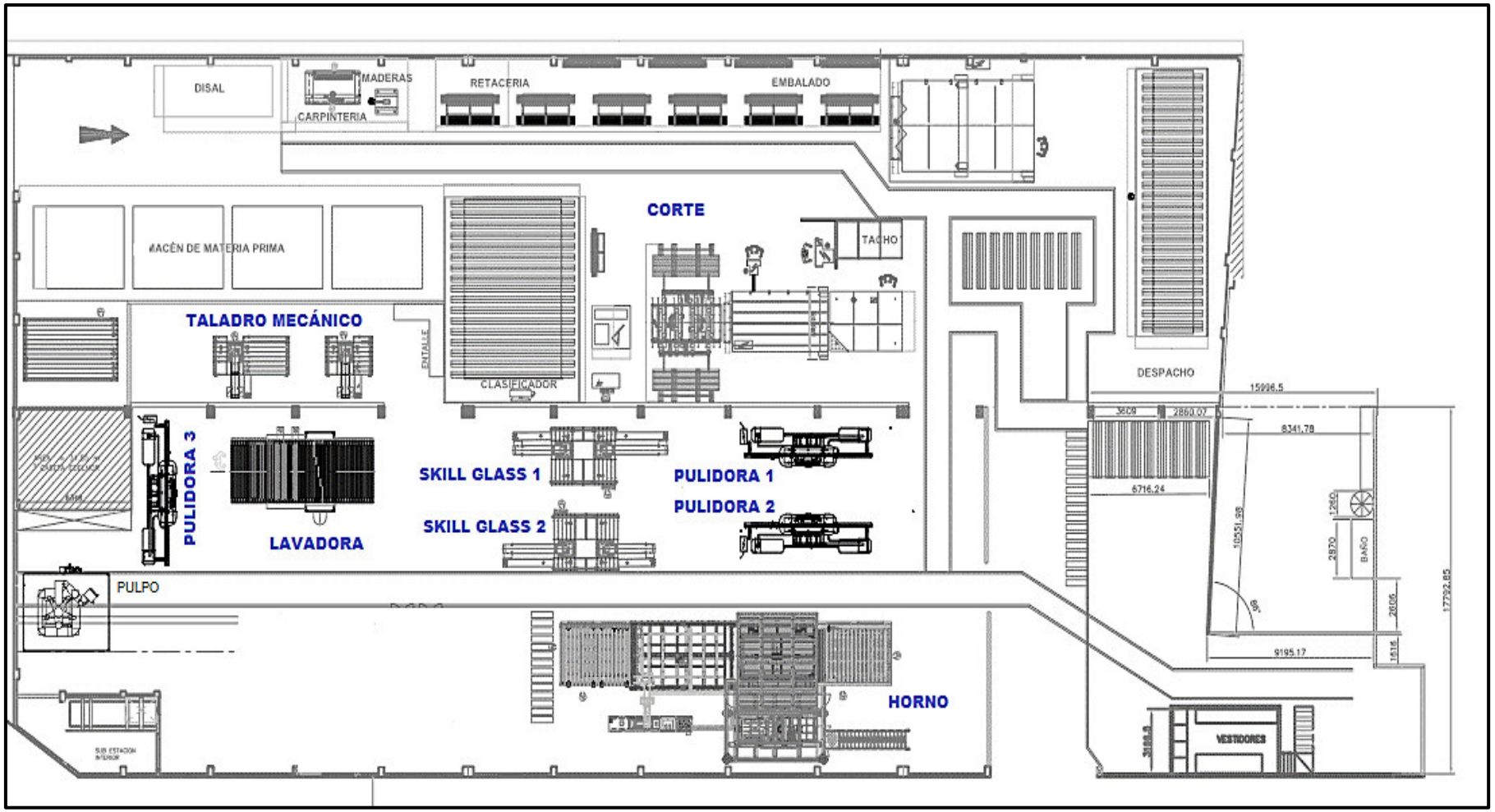
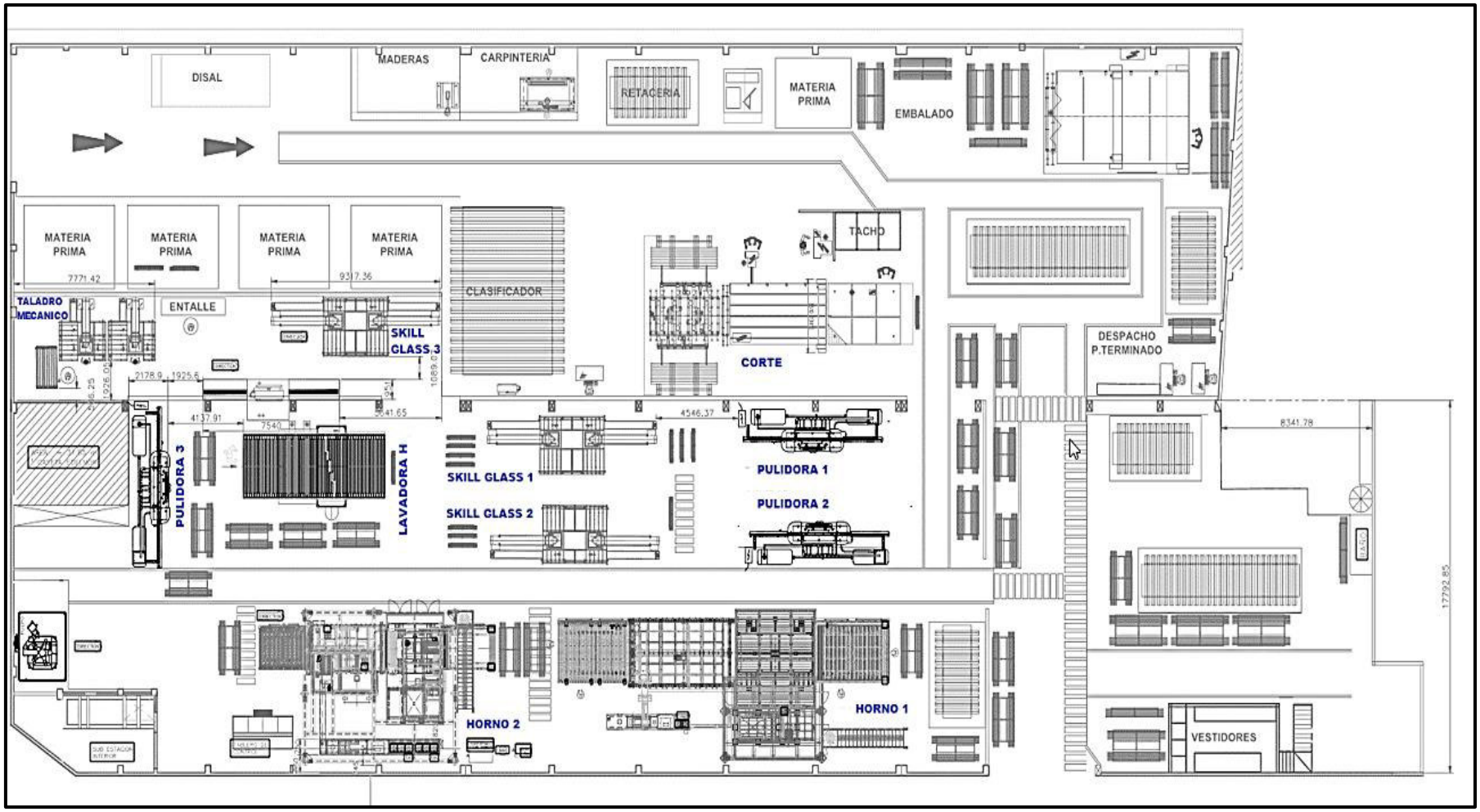


***Figura 33.***

*Distribución de planta en el periodo 2021*



#### 5.1.1.5. Balance de línea Inicial

Para el balance de línea usaremos los tiempos estándar sobre los cuales mencionaremos algunos detalles:

Todos los procesos (menos el horno) tienen el mismo tiempo estándar independiente del producto. Es decir, para el vidrio de 6 mm, 8 mm, 10 mm el tiempo estándar de corte es el mismo sin importar el tipo de vidrio, el espesor (tipo de producto o tipo de vidrio) no hará que cambie el tiempo estándar en el proceso de corte, lo mismo con el proceso de pulido, Skill Glass y lavado, como se ve en la tabla 15.

**Tabla 15.**

*Tabla con tiempos estándar de procesos que no varía según el espesor*

| **Proceso** | Tiempo estándar (Seg. /$m^2$) |
|---|---|
| **Corte** | 17.70 |
| **Pulido** | 43.18 |
| **Taladro** | 266.77 |
| **Skill Glass** | 154.11 |
| **Lavado** | 47.83 |

En el proceso de horno el tiempo estándar varía según el espesor, 6mm, 8mm, 10 mm, como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 16.**

*Tabla con tiempos estándar de proceso de horno que si varía por tipo de producto*

| | Tiempo estándar (Seg. /$m^2$) | | |
|---|---|---|---|
| **Producto** | 6mm | 8mm | 10mm |
| **Horno** | 51.4 | 72.0 | 90.0 |

### a) Determinación de la secuencia a balancear

La demanda requerida de producción diaria es de 895 m2 diarios para el año 2020 determinada por la empresa.

Es importante señalar que en base a los tiempos estándares establecidos y validados y la participación por producto se defina el nuevo tiempo compuesto, el tiempo compuesto se obtiene multiplicando las proporciones de producción por el tiempo estándar de cada proceso.

Calcular el tiempo estándar compuesto utiliza las proporciones de producción (porcentaje de carga de cada tipo de producto) para ponderar los tiempos estándar individuales. Las proporciones de producción fueron vistas en el capítulo **5.1.1.3.**

Se presenta la formula elaborada para ponderar el tiempo compuesto:

$$TC = (TAx\ proporción\ producción\ de\ A) + (TBx\ proporción\ producción\ de\ B)$$

- TC es el tiempo estándar compuesto.
- TA es el tiempo de producción para la tarea A.
- TB es el tiempo de producción para la tarea B.
- La "proporción de producción de A" es la cantidad de veces que se realiza el producto A en porcentaje.
- La "proporción de producción de B" es la cantidad de veces que se realiza el producto B en porcentaje.

Finalmente, con los tiempos compuestos ya podemos realizar nuestro balance de línea compuesta.

Se muestra en la tabla 17 los resultados de los tiempos compuestos:

**Tabla 17.**

*Cálculo de tiempo compuesto por cada tipo de proceso operativo año 2020.*

| | Porcentaje de carga | 39.91% | 25.74% | 20.90% | 13.45% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Productos | 6mm NM | 8mm NM | 8mm M | 10mm M | | |
| **Ítem** | **Actividades** | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **Precedencia** | **Tiempo Compuesto (seg)** |
| A | Corte | 17.70 | 17.70 | 17.70 | 17.70 | - | 17.70 |
| B | Pulido | 43.18 | 43.18 | 43.18 | 43.18 | A | 43.18 |
| C | Taladro | - | - | - | - | B | - |
| D | Skill Glass | - | - | 154.11 | 154.11 | B | 52.93 |
| E | Lavado | 47.83 | 47.83 | 47.83 | 47.83 | B, C,D | 47.83 |
| F | Horno | 51.43 | 72.00 | 72.00 | 90.00 | E | 66.21 |
| | Totales | 160.14 | 180.71 | 334.82 | 352.82 | | 227.86 |

### b) Determinación del tiempo de ciclo de la estación de trabajo

Con la información de tiempo de producción de 18.5 horas diario y demanda requerida de 895m2/día. Se determina las siguientes entradas para el cálculo de tiempo de ciclo de la estación de acuerdo a (Chase, Jacobs, & Agilano, 2009)

$$C = \frac{Tiempo\ de\ producción\ por\ día}{Producción\ requerida\ por\ día (en\ unidades)}$$

**Tabla 18.**

*Tiempo de producción diario disponible balance inicial*

| Tiempo de producción por día | Unidades de tiempo |
|---|---|
| 18.5 | Horas |
| 1010 | Minutos |
| 66600 | Segundos |

El requerimiento de producción diaria en el periodo de estudio 2020 era de 895 $m^2$

$$C = \frac{66600 \text{ segundos}}{895 \text{ m2}}$$

Lo que equivale a decir que el tiempo de ciclo sería:

$C = 74$ segundos

**c) Determinación del número mínimo de estaciones de trabajo que se requieren en teoría**

De acuerdo con la metodología aplicada en (Chase, Jacobs, & Agilano, 2009) , para calcular el número mínimo de estaciones de trabajo teóricas, tenemos la siguiente bibliografía disponible:

$$N_t = \frac{Suma\ de\ tiempos\ de\ tareas\ (T)}{Tiempo\ de\ Ciclo\ (C)}$$

Entonces tenemos de la tabla 33 en la línea de los totales, la suma de tiempos de tareas de la columna tiempo compuesto de la línea a balancear:

$$N_t = \frac{227.86\ segundos}{74\ segundos}$$

$$N_t = 3.1\ \approx 4\ \ estaciones\ teoricas$$

Con ello tenemos que cuanto mínimo debe existir 4 estaciones de trabajo dentro del balance de línea, la misma que veremos en el desarrollo del siguiente punto.

**d) Determinar reglas para asignar a las estaciones como parte principal y secundaria para romper empates**

- ✓ Prioridad según el número más alto de las tareas subsiguientes:

  En caso de que dos o más tareas que se realizan en paralelo y desde el inicio del proceso se deben considerar esta regla de prioridad para iniciar

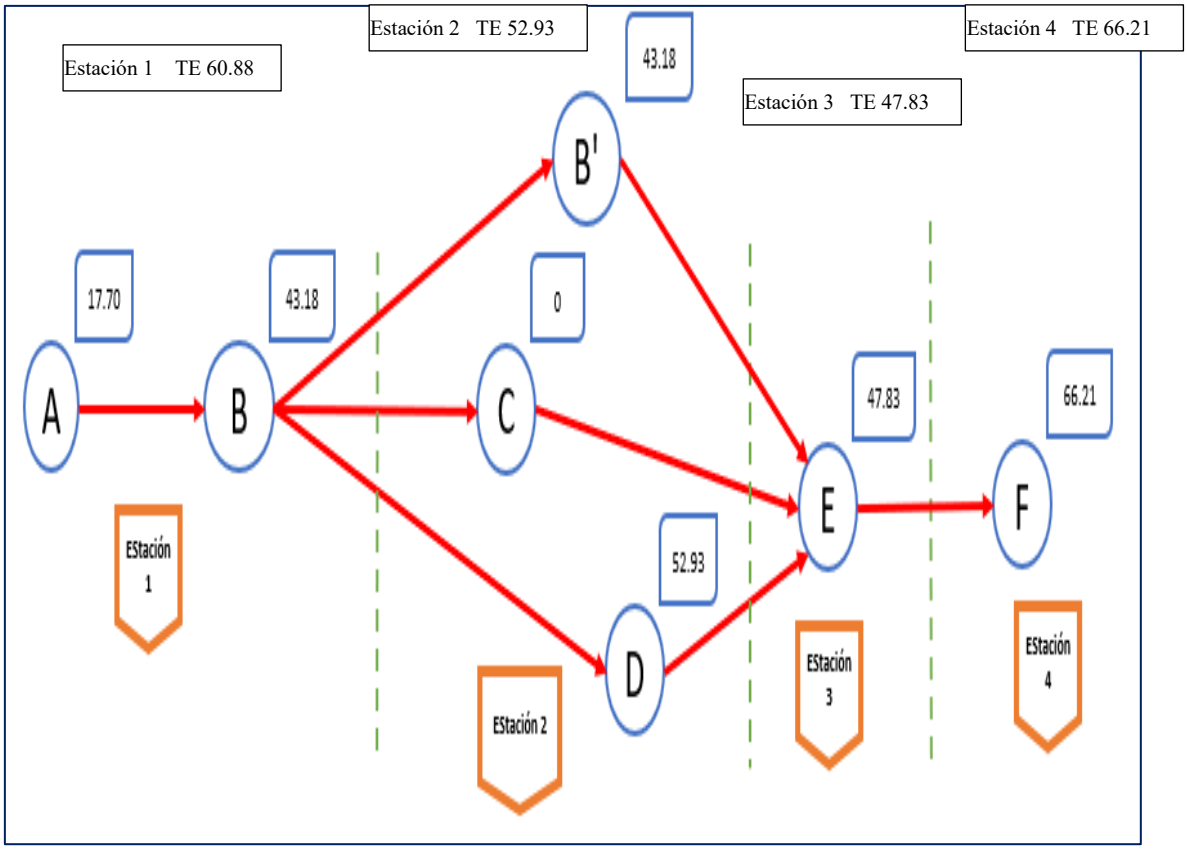
el balanceo, además de considerar la secuencia lógica, así como precedentes.

- ✓ Prioridad en base a las que duren más tiempo en caso de empate:

  Solo en caso se presente un empate de acuerdo la prioridad principal se debe considerar este segundo criterio.

***Figura 34.***

*Secuencia lógica de la línea balanceada en estaciones*



**e) Asignar tareas e ir balanceando**

Asignar tareas de una a una, a la primera estación de trabajo hasta que la suma de los tiempos de las tareas sea igual que el tiempo de ciclo de la estación de trabajo o que no haya más tareas viables debido a las restricciones de tiempo.

**Tabla 19.**

*Elaboración de tablas de Balanceo Inicial*

| **Estación de trabajo** | Elementos o tareas | Tiempos | Total, tiempo | TC | Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A \|B | 17.70+43.18 | 60.88 | 74 | 82% |
| 2 | D | 52.93 | 52.93 | 74 | 71% |
| 3 | E | 47.83 | 47.83 | 74 | 64% |
| 4 | F | 66.21 | 66.21 | 74 | 89% |

Se concluye el balanceo y da como resultado que se obtiene 4 estaciones, en base al cálculo teórico.

**f) Evaluar la eficiencia del balanceo**

De acuerdo con (Chase, Jacobs, & Agilano, 2009) para determinar la eficiencia del balanceo se aplica la siguiente metodología:

$$Eficiencia\ (\rho) = \frac{\sum tiempos\ de\ las\ tareas\ (T)}{N\acute{u}mero\ real\ de\ estaciones\ de\ trabajo\ (Na) x\ Tiempo\ del\ ciclo\ de\ la\ estación\ de\ trabajo\ (C)}$$

$$Eficiencia\ (\rho) = \frac{227.86}{4\ x\ 74}$$

$$Eficiencia\ (\rho) = 76.5\%$$

### g) Determinar acción después del balanceo

El balanceo satisface la demanda de 895 m2 con una eficiencia es de 76.5%, sin embargo, se propone mejorar el balanceo para el año 2021, ya que el requerimiento de producción para el periodo 2021 será de 1500 $m^2$ de vidrio templado y con este actual balanceo no se podría cumplir la demanda.

#### 5.1.1.6. Balance de línea final

### a) Determinación de la secuencia a balancear

La demanda requerida de producción diaria es de 1500 m2 diarios para el año 2021 determinada por la empresa.

Los tiempos compuestos para el año 2021 se muestran en la tabla 20, ya podemos realizar nuestro balance de línea compuesta.

**Tabla 20.**

*Cálculo tiempo compuesto por cada tipo de proceso operativo año 2021.*

| | Porcentaje de carga | 39.91% | 25.74% | 20.90% | 13.45% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Productos | 6mm NM | 8mm NM | 8mm M | 10mm M | | |
| **Item** | **Actividades** | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **Precedencia** | **Tiempo Compuesto (seg)** |
| A | Corte | 18.82 | 18.82 | 18.82 | 18.82 | - | 18.82 |
| B | Pulido | 50.27 | 50.27 | 50.27 | 50.27 | A | 50.27 |
| C | Taladro | - | - | - | - | B | - |
| D | Skill Glass | - | - | 176.00 | 176.00 | B | 60.45 |
| E | Lavado | 44.52 | 44.52 | 44.52 | 44.52 | B, C, D | 44.52 |
| F | Horno | 52 | 72.3 | 72.3 | 91.0 | E | 66.71 |
| | Totales | 163.89 | 163.89 | 310.83 | 310.83 | | 240.77 |

**b) Determinación del tiempo de ciclo de la estación de trabajo**

Con la información de tiempo de producción de 18.5 horas diario y demanda requerida de 1500m2/día. Se determina las siguientes entradas para el cálculo de tiempo de ciclo de la estación de acuerdo a (Chase, Jacobs, & Agilano, 2009)

$$C = \frac{Tiempo\ de\ producción\ por\ día}{Producción\ requerida\ por\ día (en\ unidades)}$$

**Tabla 21.**

*Tiempo de producción diario disponible Balance Intermedio*

| Tiempo de producción por día | Unidades de tiempo |
|---|---|
| 18.5 | Horas |
| 1110 | Minutos |
| 66600 | Segundos |

El requerimiento de producción diaria en el periodo de estudio 2021 era de 1500 $m^2$

$$C = \frac{66600\ \text{segundos}}{1500\ \text{m2}}$$

Lo que equivale a decir que el tiempo de ciclo sería:

$$C = 44\ \text{segundos}$$

**c) Determinación del número mínimo de estaciones de trabajo que se requieren en teoría**

De acuerdo con la metodología aplicada en (Chase, Jacobs, & Agilano, 2009) tenemos la siguiente bibliografía para calcular el número mínimo de estaciones de trabajo que se requieren de manera teórica:

$$N_t = \frac{Suma\ de\ tiempos\ de\ tareas\ (T)}{Tiempo\ de\ Ciclo\ (C)}$$

Entonces tenemos de la tabla 33 en la línea de los totales, la suma de tiempos de tareas de la columna tiempo compuesto de la línea a balancear:

$$N_t = \frac{240.77 segundos}{44\ segundos}$$

$$N_t = 6\ estaciones\ teoricas$$

Con ello tenemos que cuanto mínimo debe existir 6 estaciones de trabajo dentro del balance de línea.

En la línea tenemos 5 estaciones de trabajo, corte, pulido, Skill Glass, lavado y horno, el cálculo teórico nos pide 6 estaciones, es muy probable que debamos aumentar la capacidad de algún proceso.

**d) Asignar tareas e ir balanceando**

Asignar tareas de una a una, a la primera estación de trabajo hasta que la suma de los tiempos de las tareas sea igual que el tiempo de ciclo de la estación de trabajo o que no haya más tareas viables debido a las restricciones de tiempo.

En nuestro caso en los procesos B(pulido), D (Skill Glass) y F(Horno) tienen tiempos de ciclo mayor que el TC requerido de 44 segundos. En ese caso no podemos asignar tareas, sino se debe incrementar la capacidad en esos procesos mencionados. Las eficiencias también son inconsistentes superiores al 100%. Como se observa en la tabla 22.

**Tabla 22.**

*Elaboración de tablas de Balanceo Inicial*

| **Estación de trabajo** | Elementos o tareas | Tiempo | TC | Eficiencia |
|---|---|---|---|---|
| **1** | A | 18.82 | 44 | 42% |
| **2** | B | ***50.27*** | 44 | 113% |
| **3** | D | ***60.45*** | 44 | 136% |
| **4** | E | 44.52 | 44 | 100% |
| **5** | F | ***66.71*** | 44 | 150% |

Se concluye el balanceo y da como resultado que se obtiene 6 estaciones, una más del número teórico de estaciones.

### e) Evaluar la eficiencia del balanceo

De acuerdo con (Chase, Jacobs, & Agilano, 2009) para determinar la eficiencia del balanceo se aplica la siguiente metodología:

$$Eficiencia\ (\rho) = \frac{\sum tiempos\ de\ las\ tareas\ (T)}{Número\ real\ de\ estaciones\ de\ trabajo\ (Na) x\ Tiempo\ del\ ciclo\ de\ la\ estación\ de\ trabajo\ (C)}$$

$$Eficiencia\ (\rho) = \frac{240.77}{5x44}$$

$$Eficiencia\ (\rho) = 108.46\%$$

### f) Determinar acción después del balanceo

El balanceo presenta exceso de eficiencia de 108.46%, lo cual es inconsistente, se incrementan equipos en el año 2021 en los procesos con excedente de tiempo de estándar lo cual nos permitirá balancear la línea.

### g) Determinación de la nueva secuencia final a balancear

Finalmente, determinaremos los nuevos tiempos estándar calculando de los tiempos estándar anteriores que estaban con excedente haciendo una división entre los tiempos estándar y el tiempo de ciclo 44 seg. para poder encontrar la razón excedente.

Se encuentra que pulido exceso de 0.13, en Skill glass de 0.36 y en horno 0.50. el excedente nos indica que necesitamos 0.5 más de capacidad en el horno, podríamos decir que necesitamos medio horno más, un horno que produzca la mitad del actual.

**Tabla 23.**

*Tabla de cálculo de sobrecarga de los puestos*

| **Estación de trabajo** | Elementos o tareas | Tiempo | TC | Sobrecarga del puesto |
|---|---|---|---|---|
| **1** | Corte | 18.82 | 44 | 0.42 |
| **2** | Pulido | ***50.27*** | 44 | 1.13 |
| **3** | Skill | ***60.45*** | 44 | 1.36 |
| **4** | Lavado | 44.52 | 44 | 1.00 |
| **5** | Horno | ***66.71*** | 44 | 1.50 |

Procederemos a dividir los tiempos estándar entre la sobre carga del puesto. Para el horno tenemos 66.71 seg de tiempo estándar y calcularemos el nuevo tiempo:

$$Nuevo\ tiempo\ estandar\ horno = \frac{66.71}{1.5} = 44.5 \text{ seg}$$

Se realizan los cálculos para los procesos de pulido, Skill Glass y horno y se muestran en la tabla 24**.**

**Tabla 24.**

*Cálculo de tiempo compuesto por cada tipo de proceso operativo.*

| | Porcentaje de carga | 39.91% | 25.74% | 20.90% | 13.45% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Productos | 6mm NM | 8mm NM | 8mm M | 10mm M | | |
| **Ítem** | **Actividades** | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **Precedencia** | **Tiempo Compuesto (seg)** |
| A | Corte | 18.82 | 18.82 | 18.82 | 18.82 | - | 18.82 |
| B | Pulido | 43.09 | 43.09 | 43.09 | 43.09 | A | 43.09 |
| C | Taladro | - | - | - | - | B | - |
| D | Skill Glass | - | - | 117.41 | 117.41 | B | 40.33 |
| E | Lavado | 44.52 | 44.52 | 44.52 | 44.52 | B, C, D | 44.52 |
| F | Horno | 32.00 | 50.20 | 50.20 | 62.15 | E | 44.54 |
| | Totales | 138.42 | 156.62 | 274.03 | 285.98 | | 191.30 |

**h) Determinación del tiempo de ciclo de la estación de trabajo**

Con la información de tiempo de producción de 18.5 horas diario y demanda requerida de 1500m2/día. Se determina las siguientes entradas para el cálculo de tiempo de ciclo de la estación de acuerdo a (Chase y otros, 2009)

$$C = \frac{Tiempo\ de\ producción\ por\ día}{Producción\ requerida\ por\ día (en\ unidades)}$$

**Tabla 25.**

*Tiempo de producción diario disponible balance Final*

| Tiempo de producción por día | Unidades de tiempo |
|---|---|
| 18.5 | Horas |
| 1110 | Minutos |
| 66600 | Segundos |

El requerimiento de producción diaria en el periodo de estudio 2021 era de 1500 m2

$$C = \frac{66600 \text{ segundos}}{1500 \text{ m2}}$$

Lo que equivale a decir que el tiempo de ciclo sería:

$C = 44.3$ segundos

**i) Determinación del número mínimo de estaciones de trabajo que se requieren en teoría**

De acuerdo con la metodología aplicada en (Chase y otros, 2009) tenemos la siguiente bibliografía para calcular el número mínimo de estaciones de trabajo que se requieren de manera teórica:

$$N_t = \frac{Suma\ de\ tiempos\ de\ tareas\ (T)}{Tiempo\ de\ Ciclo\ (C)}$$

Entonces tenemos de la tabla 21 en la línea de los totales, la suma de tiempos de tareas de la columna tiempo compuesto de la línea a balancear:

$$N_t = \frac{191.3\ \ segundos}{44.3\ segundos}$$

$$N_t = 5\ \ estaciones\ teoricas$$

Con ello tenemos que cuanto mínimo debe existir 5 estaciones de trabajo dentro del balance de línea, la misma que veremos en el desarrollo del siguiente punto.

**j) Determinar reglas para asignar a las estaciones como parte principal y secundaria para romper empates**

- ✓ Prioridad según el número más alto de las tareas subsiguientes:

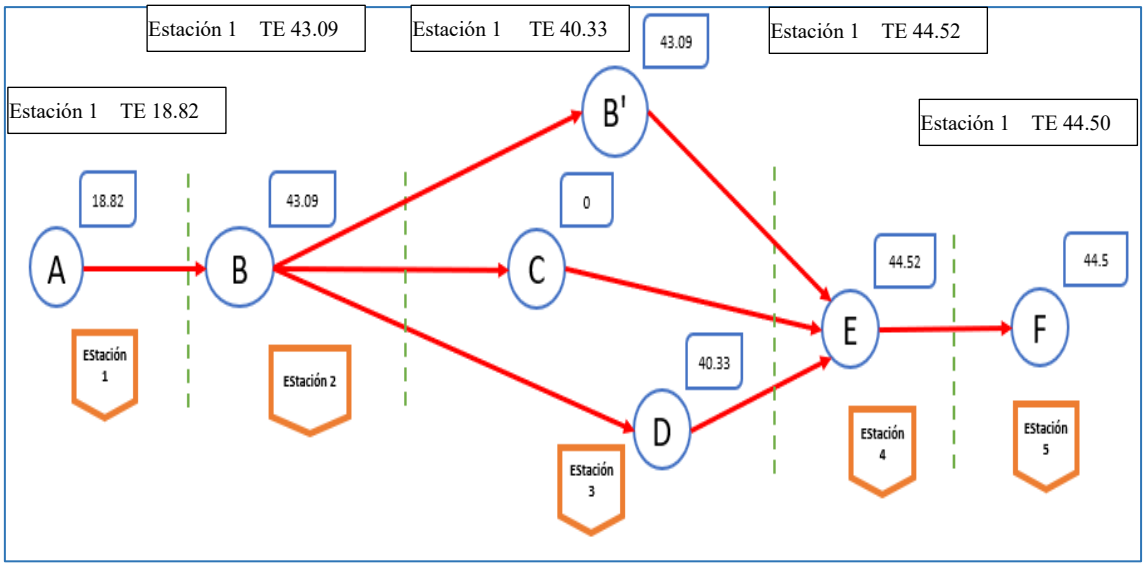
En caso de que dos o más tareas que se realizan en paralelo y desde el inicio del proceso se deben considerar esta regla de prioridad para iniciar el balanceo, además de considerar la secuencia lógica, así como precedentes.

- ✓ Prioridad en base a las que duren más tiempo en caso de empate:

  Solo en caso se presente un empate de acuerdo la prioridad principal se debe considerar este segundo criterio.

***Figura 35.***

*Secuencia lógica de la línea balanceada en estaciones*




**k) Asignar tareas e ir balanceando**

Asignar tareas de una a una, a la primera estación de trabajo hasta que la suma de los tiempos de las tareas sea igual que el tiempo de ciclo de la estación de trabajo o que no haya más tareas viables debido a las restricciones de tiempo.

**Tabla 26.**

*Elaboración de tablas de Balanceo Inicial*

| Estación de trabajo | Elementos o tareas | Tiempos | Total, tiempo | TC | Eficiencia |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | A | 18.82 | 18.82 | 44.3 | 43% |
| **2** | B | 43.09 | 43.09 | 44.3 | 97% |
| **3** | D | 40.33 | 40.33 | 44.3 | 91% |
| **4** | E | 44.52 | 44.52 | 44.3 | 100.6% |
| **5** | F | 44.54 | 44.54 | 44.3 | 100.6% |

Se concluye el balanceo y da como resultado que se obtiene 5 estaciones, una menos del número teórico de estaciones en el balanceo anterior.

**l) Evaluar la eficiencia del balanceo**

De acuerdo con (Chase y otros, 2009) para determinar la eficiencia del balanceo se aplica la siguiente metodología:

$$Eficiencia\ (\rho) = \frac{\sum tiempos\ de\ las\ tareas\ (T)}{Número\ real\ de\ estaciones\ de\ trabajo\ (Na) x\ Tiempo\ del\ ciclo\ de\ la\ estación\ de\ trabajo\ (C)}$$

$$Eficiencia\ (\rho) = \frac{191.3}{5\ x\ 44}$$

$$Eficiencia\ (\rho) = 86.9\%$$

**m) Determinar acción después del balanceo**

El balanceo satisface la demanda con una eficiencia de 86.9%, cumple con el requerimiento de producción para el periodo 2021 que es de 1500 m2 de vidrio templado diario. Con este actual balanceo si resulta factible atender la demanda.

El balanceo se traduce en un incremento de máquinas y puestos debido a los porcentajes mostrados de sobrecarga (falta de capacidad) de los puestos de pulido, Skill glass y horno, que se detallaron anteriormente en la *Tabla 36 de sobrecargas*.

El incremento de puestos y máquinas del año 2021 de los procesos de pulido, skill glass y horno se presenta en la tabla 27.

**Tabla 27.**

*Tabla resumen de procesos con datos de máquina, operadores, turnos año 2021*

| Proceso | Datos | Cantidad |
|---|---|---|
| Corte | Nro. de máquinas | 1 |
| | Nro. de Operadores | 1 |
| | Nro. de turnos | 1 |
| | Nro. de horas | 9 |
| Pulidora | Nro. de máquinas | 3 |
| | Nro. de Operadores | 3 |
| | Nro. de turnos | 2.33 (se enciende una máquina más) |
| | Nro. de horas/turno | 8 |
| Taladro | Nro. de máquinas | 3 |
| | Nro. de Operadores | 3 |
| | Nro. de turnos | 1 |
| | Nro. de horas/turno | 8 |
| Skill glass | Nro. de máquinas | 3 (se incrementó una máquina) |
| | Nro. de Operadores | 3 |
| | Nro. de turnos | 2 |
| | Nro. de horas/turno | 8 |
| Lavadora | Nro. de máquinas | 1 |
| | Nro. de Operadores | 2 |
| | Nro. de turnos | 2 |
| | Nro. de horas | 8 |
| Horno | Nro. de máquinas | 2 (se incrementó en 1 máquina de 0.5 de capacidad) |
| | Nro. de Operadores | 8 |
| | Nro. de turnos | 2 |
| | Nro. de horas | 9.5 |

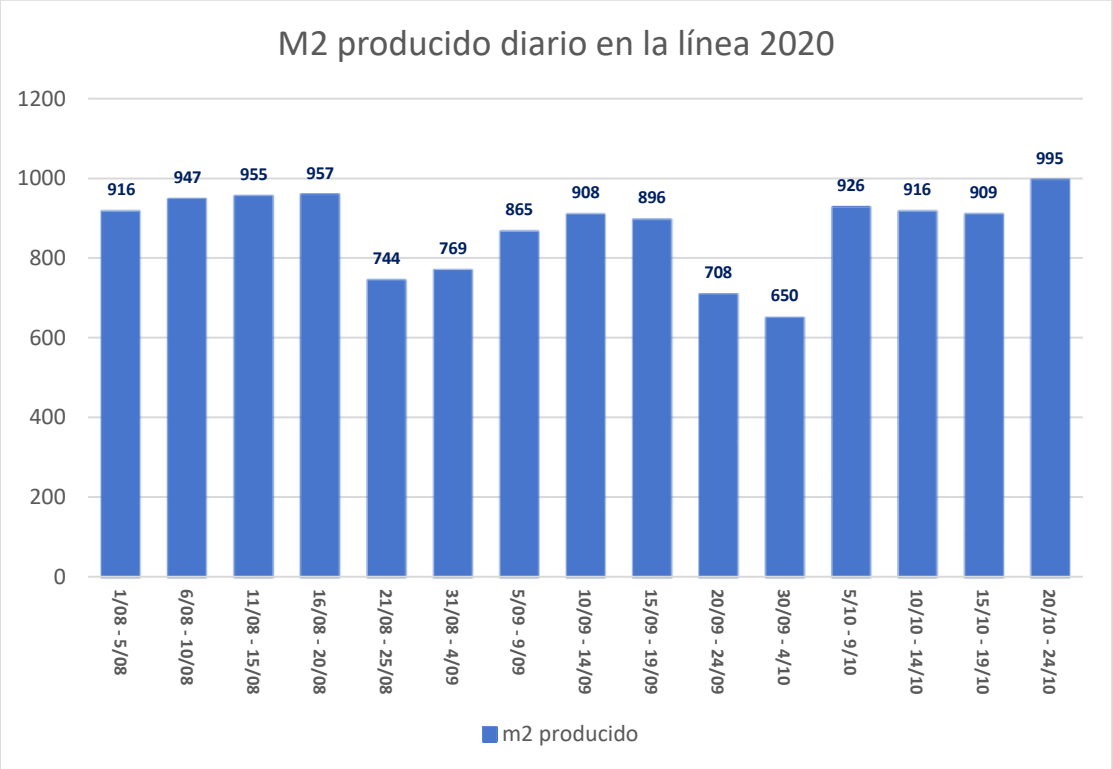
En el anexo desde las **Tablas 49 a la 54** se muestran los detalles de las programaciones del año 2021 de números de máquinas, turno y operarios a detalle.

### *5.1.2. La cantidad Producida antes del Balance de línea*

La cantidad promedio de producción diaria de vidrio en la planta antes del balance de línea es de 904 m2 en el periodo de análisis de agosto a octubre 2020. Esto es debido al cálculo inicial de tener una planta con capacidad de producción de 895 m2. De la data del parte diario analizamos que en agosto hubo un ligero incremento con respecto a setiembre. Pasando de una media de cantidad producida de 900m2 en promedio a 830m2, luego de setiembre se recupera en octubre llegando a 936 m2 producidos en promedio diario. La cantidad producida del año 2020 se muestra en el figura 36

***Figura 36.***

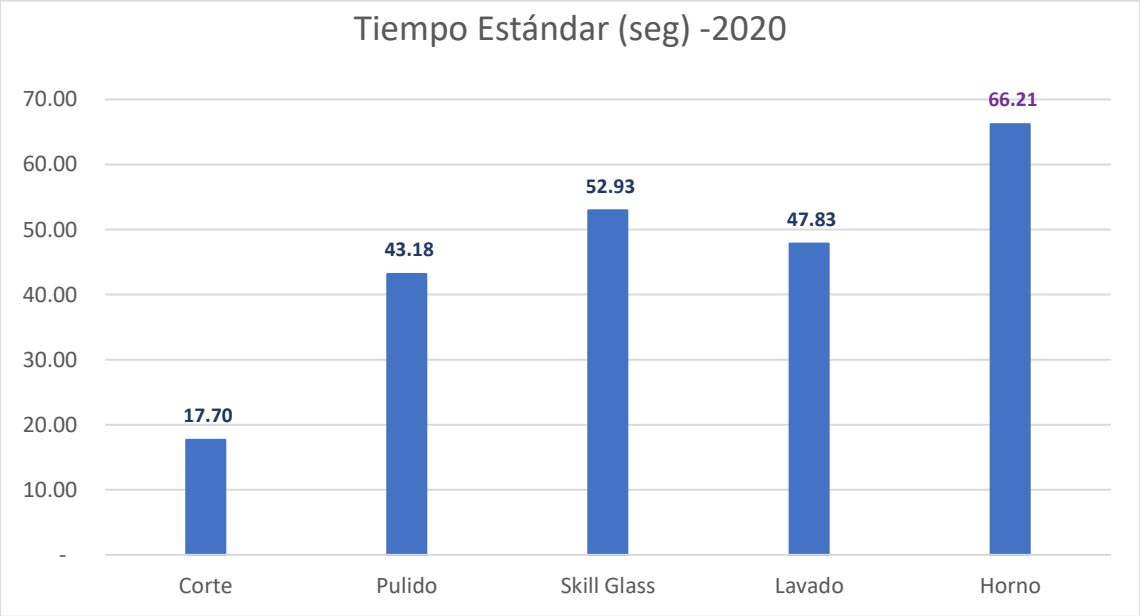
*Gráfico de cantidad producida promedio diario 2020*



La cantidad de producción diaria es determinada por el proceso cuello de botella, horno, que tiene 66 seg/m2 producido superior a los otros procesos de corte, pulido, taladro skill GLASS, o lavado, en el análisis de datos se observa que los tiempos estándar de cada proceso son muy variados y no están balanceados correctamente, como se puede apreciar en el figura 37.

***Figura 37.***

*Gráfico de tiempos estándar de fabricación de un vidrio de 1 m2 en el año 2020 por cada proceso*




Nota: Grafico de tiempo estándar de cada proceso en el año 2020, el tiempo del horno es el mayor antes del balance de línea y por lo tanto determinará el tiempo de producción de toda la línea de fabricación de vidrio templado.

Los procesos más rápidos como corte tienen solo el 33% de índice de utilización de capacidad, y los otros procesos como lavado al 67%, el desperdicio de las capacidades de los procesos es alto, en un promedio de 40% de capacidad inutilizado, solo se usa 67%

de la capacidad en pulido, skill glass, lavado. La alta diferencia de los tiempos estándar hace que no se tenga equilibrio entre las áreas, obligando a la aparición de tiempos de espera, como por ejemplo el proceso de corte, envía su producción rápidamente al área de pulido, lo cual la pulidora es 243% más lenta y al no poder atender genera productos en proceso, también aparecen los tiempos de inactividad. Se aprecia en la tabla 28 el indicé de utilización de capacidad.

**Tabla 28.**

*Procesos y su índice de utilización de capacidad:*

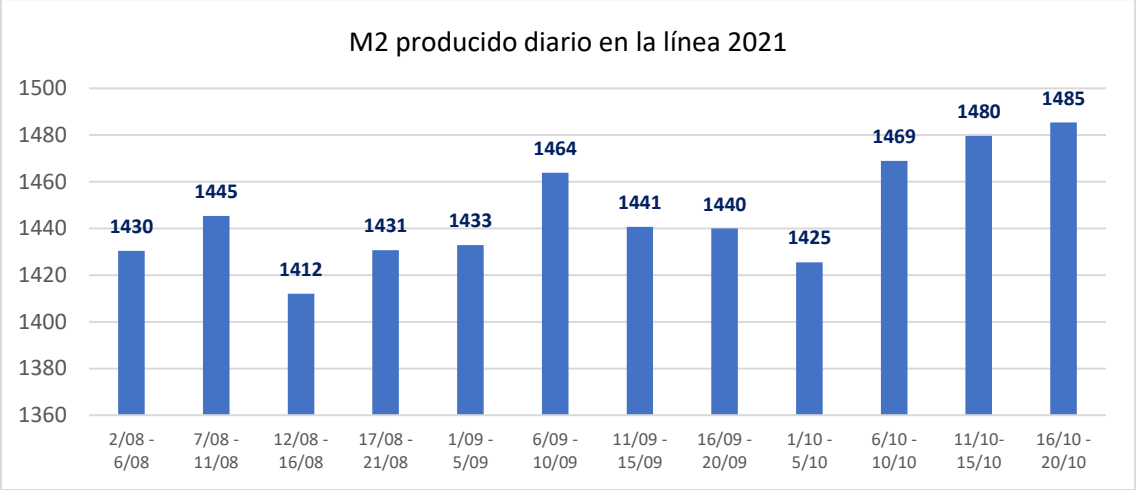
| Estación de trabajo | Elementos o tareas | Capacidad de máquina | Capacidad usada | Índice de utilización de capacidad |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Corte | 4881.36 | 1,627.12 | 33% |
| 2 | Pulido | 2000.93 | 1,333.95 | 67% |
| 3 | Skill Glass | 1632.34 | 1,088.23 | 67% |
| 4 | Lavado | 1806.40 | 1,204.27 | 67% |
| 5 | Horno | 924.33 | 895.00 | 97% |

### *5.1.3. La cantidad producida luego del Balance de línea*

La cantidad promedio de producción diaria de vidrio en la planta después del balance de línea es de 1445 m2 en el periodo de análisis de agosto a octubre 2021. Se realizó el balance de línea con el objetivo de poder atender una demanda de 1500m2, dando como resultado obtener promedios de cantidad producida en el mes de octubre de 1485, picos diarios de hasta 1548. De la data del parte diario analizamos que de agosto a octubre la producción diaria va incrementando gradualmente debido al cambio partiendo de 1430 a 1485, como se muestra en el figura 38

***Figura 38.***

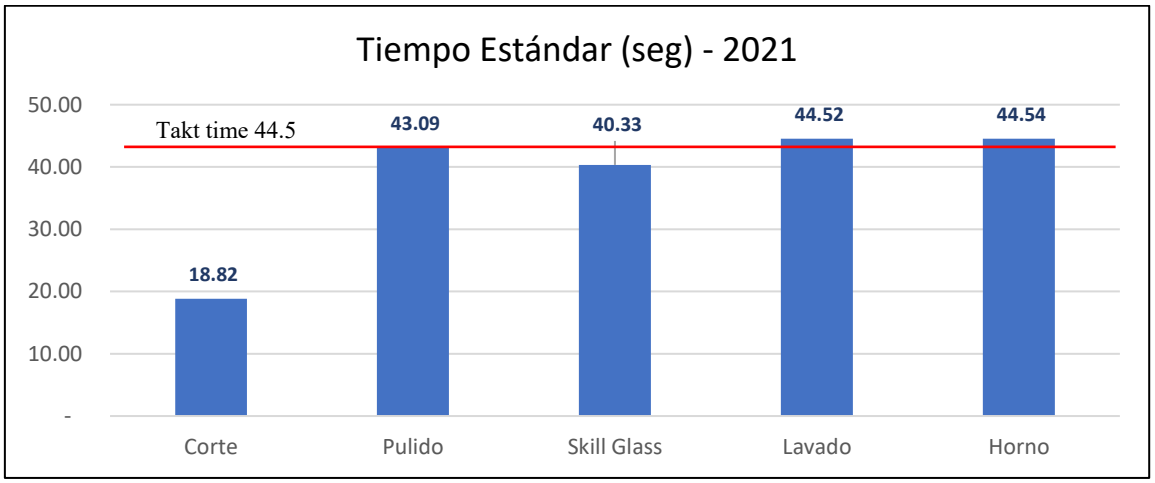
*Gráfico de cantidad producida promedio diario año 2020*




La cantidad de producción diaria es determinada en el balance por el tiempo de ciclo o Takt time requerido para cumplir la demanda de 1500 m2 diarios de cantidad de producción, dicho tiempo es 44.3 segundos por m2. Se balancearon todos los procesos para optimizar el tiempo, se aumentaron capacidades productivas con ingreso de maquinaria nueva en el proceso de horno y Skill glass, aumentando la producción de cada máquina en 50%, reduciendo los tiempos de ciclo de 66 a 44 segundos en el horno y en skill glass de 60 a 40 segundos por m2 , los tiempos quedaron balanceados correctamente: pulido , skill glass , lavado y horno cercanos al tiempo del Takt time, el proceso de corte si tuvo que mantenerse igual al año 2020 ya que es un proceso que tiene tiempo de procesamiento muy bajo, es un proceso rápido y está holgado con respecto al tiempo de ciclo requerido de 1500 m2 diarios. Los procesos quedaron nivelados al Takt time como se puede apreciar en el figura 39.

***Figura 39.***

*Gráfico de tiempos estándar de fabricación de un vidrio de 1 m2 en el año 2020 por cada proceso*




El proceso de corte mantiene el 33% de índice de utilización de capacidad, y los otros procesos elevaron su capacidad utilizada como lavado a 98%, en SKILL GLASS a 93%, la utilización de las capacidades aumentó considerablemente pasando de tener 66% en 2020 en total de la línea a tener un 80% en 2021 de índice de utilización de capacidad. Se aprecia en la tabla 47 el indicé de utilización de capacidad. La línea correctamente balanceada incremento la capacidad de los procesos de pulido, Skill glass lavado y horno, y con ello aumento su capacidad de producción como se ve en la tabla 29.

**Tabla 29.**

*Procesos y su índice de utilización de capacidad:*

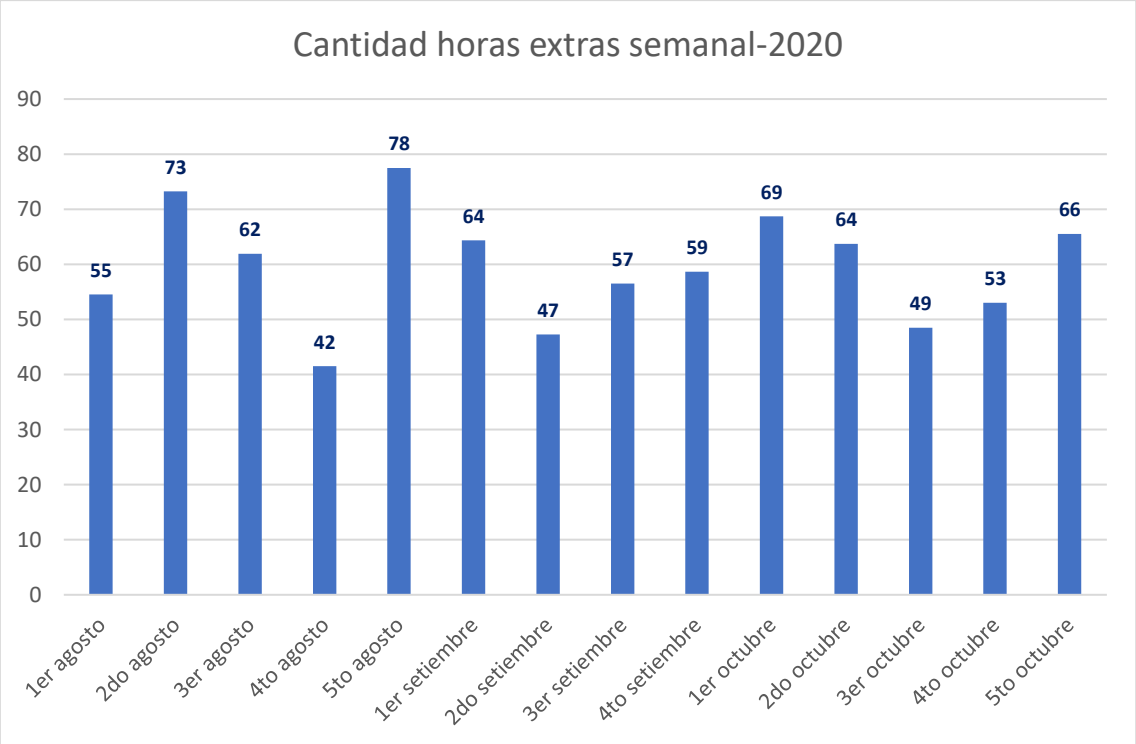
| Estación de trabajo | Elementos o tareas | Capacidad de máquina | Capacidad usada | Índice de utilización de capacidad |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Corte | 4590.88 | 1,530.29 | 33% |
| 2 | Pulido | 2005.17 | 1,559.58 | 78% |
| 3 | Skill Glass | 720.00 | 666.53 | 93% |
| 4 | Lavado | 1806.40 | 1,779.13 | 98% |
| 5 | Horno | 1535.60 | 1,495.19 | 97% |

### *5.1.4. El Número de Horas extras antes del Balanceo*

El número de horas extras antes del balance de línea tiene un promedio semanal de 60 horas extras o sobretiempo, teniendo la menor cantidad en la semana 4 de agosto, con 41 horas extras y el máximo valor en la 5ta semana de agosto con 78 horas. De nuestro análisis se puede decir que esas 78 horas equivalen a 2 personas más contratadas a la semana, es decir evidencia que faltan 2 personas trabajando a la semana en la línea de producción, eso debido a la falta de un balance de línea adecuado. La cantidad de Horas extras se muestra en el figura 40.

***Figura 40.***

*Cantidad de horas extras semanales periodo agosto – octubre 2020*

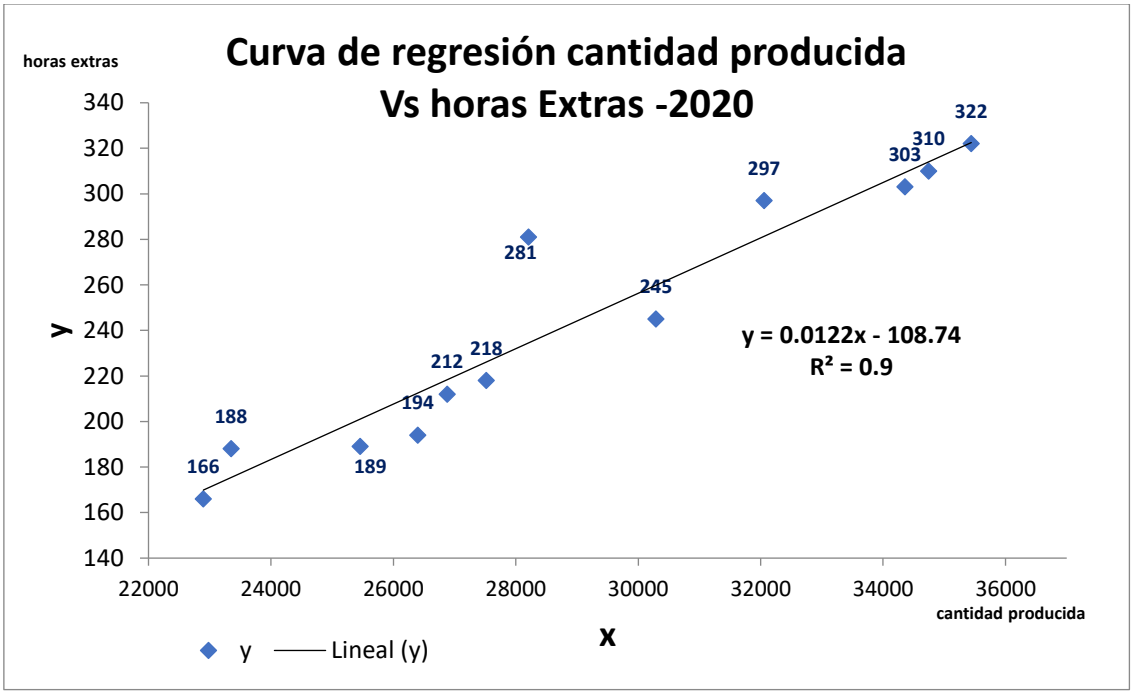



Además, podemos rescatar con los datos que la cantidad de horas extras (que representan los sobretiempos del personal) aumentan siguiendo a la cantidad producida en la empresa. Esto se demuestra aplicando regresión lineal, obteniendo un R2= 89.9%, es decir el 90% de la variación en las horas extras es explicado y puede ser atribuible a

un incremento en la cantidad producida. El comparativo de producción mensual del año 2020 en contra de las horas extras se muestra en el figura 41.

***Figura 41.***

*Regresión lineal del número de horas extras VS Cantidad producida*




Las horas extras tienen en su estructura de pago un 35% adicional a la hora hombre estándar.

1 hora extra= 1.35 x hora de remuneración básica.

Entonces sabiendo que la hora extra cuesta 35% adicional en comparación de una hora de la persona trabajando en horario normal, es un costo que se debe minimizar.

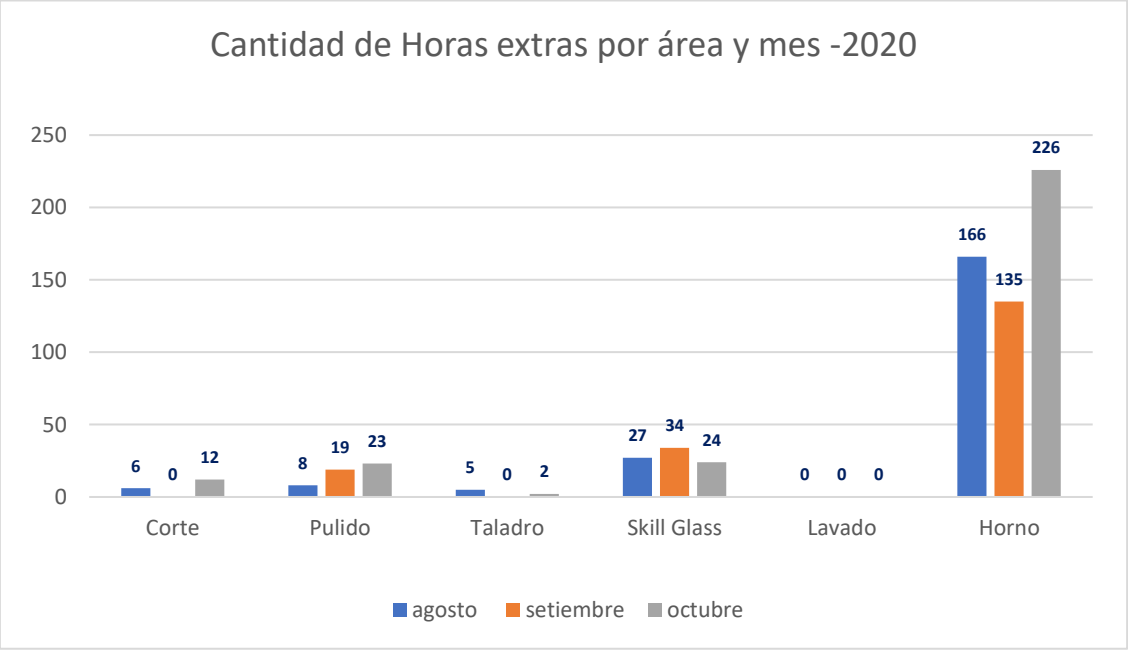
Si existe deficiente balance línea los procesos más lentos se ven obligados a hacer horas extras para poder igualar las cantidades producidas en los procesos más rápidos. En el año 2020 se nota crecimiento elevado de las horas extras, esto ocasionado a su vez por la falta de balance de línea y la creciente demanda.

Se puede observar que las áreas con mayor cantidad de horas extras son las de horno y skill glass, lo cual se relaciona con los tiempos estándar de procesamiento que son más largos en las áreas mencionadas, al tener el tiempo más largo, la estación es más lenta en producir, por ello debe hacer sobretiempos o horas extras para nivelarse a la producción de otros procesos.

El proceso de corte, lavado y taladro, no tiene horas extras, como se puede apreciar en el figura 42.

***Figura 42.***

*Cantidad de Horas extras por área y por mes en el año 2020*



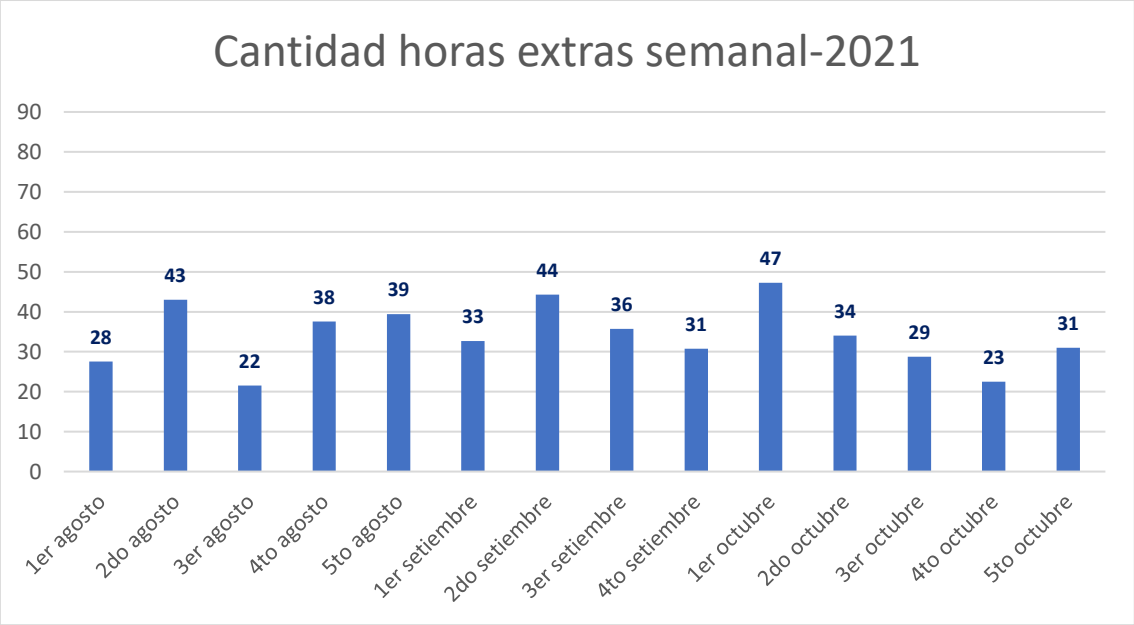

### *5.1.5. El Número de Horas extras después del Balanceo*

El número de horas extras después del balance de línea tiene un promedio semanal de 31 horas extras, teniendo la menor cantidad en la semana 3 de agosto con 22 horas extras y el máximo valor en la 1era semana de octubre con 47 horas. De nuestro análisis

se aprecia que en el mes de octubre hubo menos horas extras que agosto y setiembre. La cantidad de Horas extras se muestra en el figura 43.

***Figura 43.***

*Cantidad de horas extras semanales periodo agosto – octubre 2021*




Entonces sabiendo que la hora extra cuesta 35% adicional en comparación de una hora de la persona trabajando en horario normal el objetivo de reducirlo se cumplió luego del balance de línea bajando el promedio de horas extras semanal de 60 en el año 2020 a 31 horas extras semanales en el año 2021, esta reducción representa el 48% de reducción en el número de horas extras.

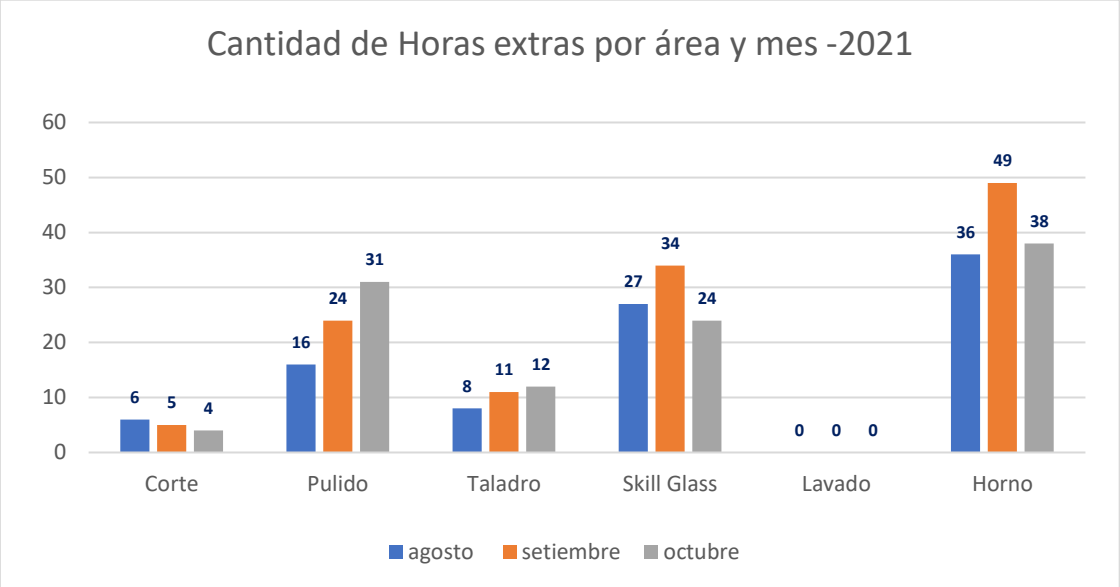
Al estar balanceada la línea de producción las horas extras son generadas por otros motivos como trabajos especiales, inasistencias de personal, falla de máquina. Sin embargo, ya no representan una sobrecarga que debería ser reemplazada por 2 puestos más como el año 2020.

Se puede observar que las cantidades de horas extras se distribuyen en las áreas, ya no hay sesgos por los cuellos de botella, debido a que los tiempos estándar están balanceados en la línea, ya no se tienen áreas que tengan tiempos muy largos, ni demasiadas horas extras, en promedio hubo un 64% de reducción de horas extras entre los años 2020 y 2021. El área de horno ha reducido su cantidad de horas extras de 226 horas en 2020 a 38 horas en 2021, ambos en el mes de octubre.

El área de Skill glass y pulido tienen en promedio de cantidad de horas extras 28 y 23 horas respectivamente y en el área de corte y lavado las horas extras son mínimas o nulas, como se puede apreciar en el figura 44.

***Figura 44.***

*Cantidad de Horas extras por área y por mes en el año 2021*



### *5.1.6. La Eficiencia*

La eficiencia en la empresa es calculada según la siguiente formula:

$$eficiencia = \frac{tiempo\ real\ de\ operación}{tiempo\ estandar}$$

Se nota un cambio en las eficiencias entre los años 2020 y 2021, como se muestra en el gráfico, el año 2021 hay un incremento en la eficiencia luego del balance de 26% en promedio con respecto al año anterior.

La eficiencia varía mensualmente presentando una diferencia de 30% a favor del año 2021, cuya mayor eficiencia ha sido en el mes de setiembre con 93%.

**Tabla 30.**

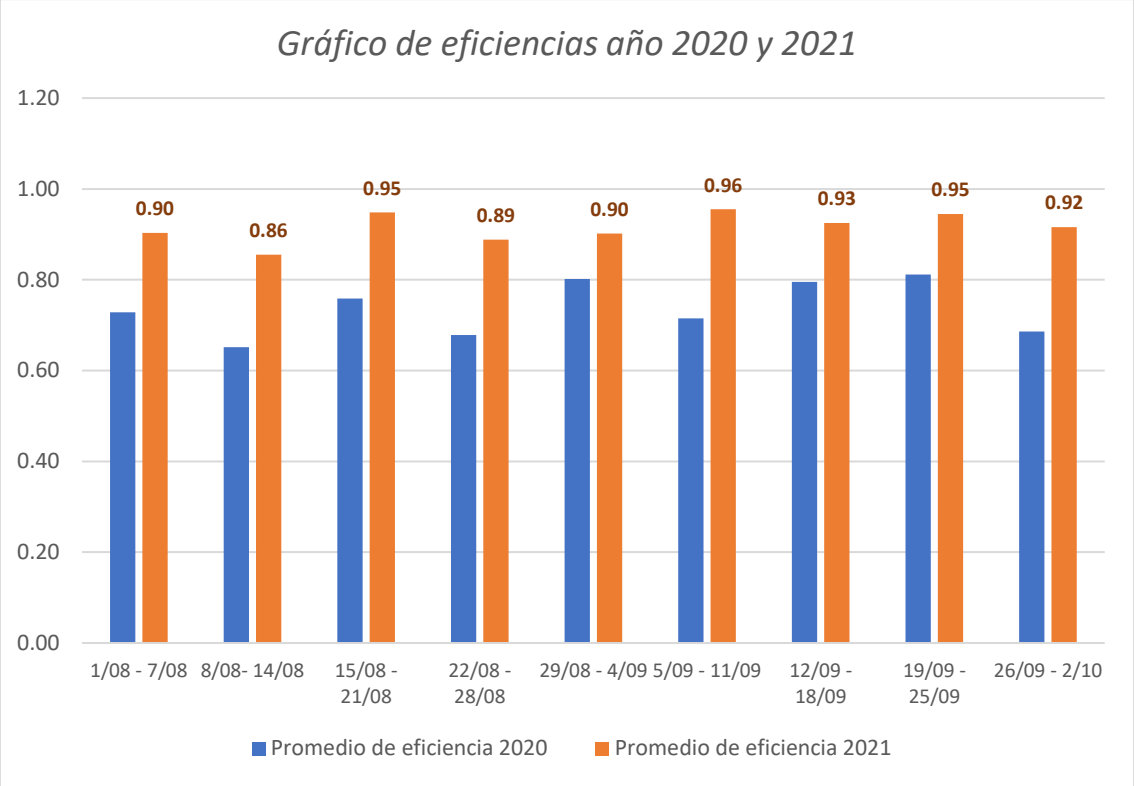
*Tabla de comparación de eficiencias de años 2020- 2021*

| Mes | Promedio de eficiencia 2020 | Promedio de eficiencia 2021 | Variación |
|---|---|---|---|
| Ago | 72% | 90% | 26% |
| Set | 76% | 93% | 23% |
| Oct | 71% | 92% | 30% |
| Total, general | 73% | 92% | 26% |

Del análisis de las variables podemos ver que en ningún periodo hay caída de la eficiencia del año 2021 con respecto al año 2020, la eficiencia 2021 es superior al 90%, mientras la eficiencia en 2020 este alrededor de 70%.

***Figura 45.***

*Gráfico de eficiencias del año 2020 y 2021*




### *5.1.7. La Productividad*

La Productividad en la empresa e s calculada de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Cantidad\ producida\ por\ día}{Número\ de\ horas\ trabajado * eficiencia\ de\ uso\ de\ máquina}$$

Esta fórmula nos representa una relación directa de la productividad con la Variable cantidad producida, eso debido a que el número de horas trabajado es casi constante y la eficiencia de uso de máquina también siempre está entre 93% y 97%.

Del análisis de datos se observa que la productividad tiene una media de 78 m2 para el año 2021 el cual es superior a la productividad del año 2020 que tiene media de

48.7m2. La productividad tuvo su mayor alcance el mes de octubre del 2021, con un promedio mensual de 81 m2.

**Tabla 31.**

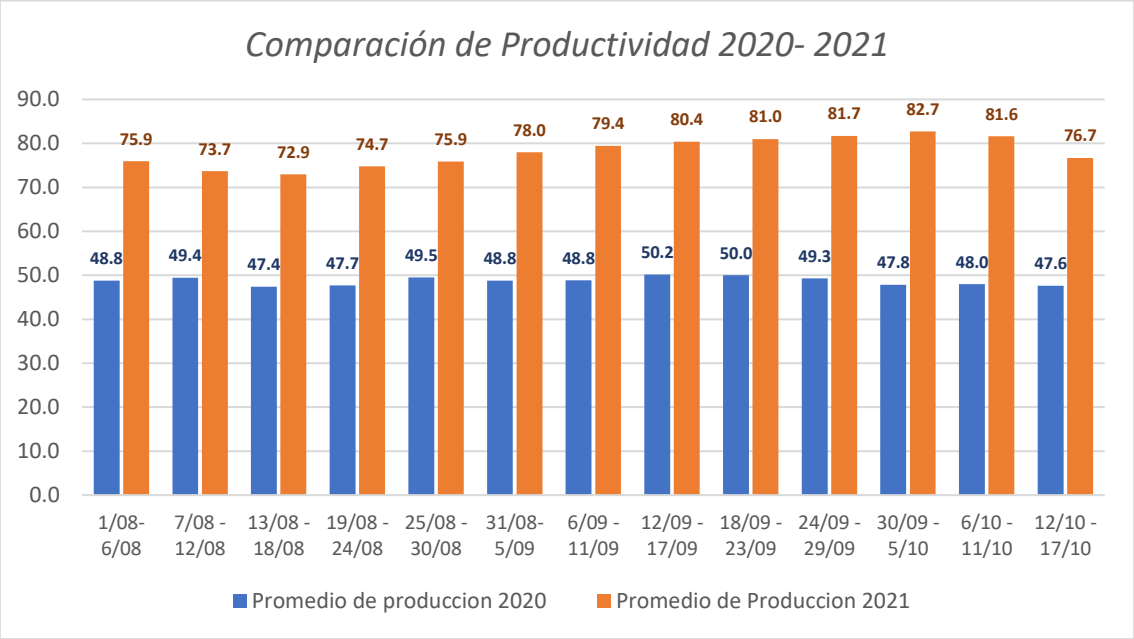
*Tabla de comparación de productividades año 2020 y año 2021*

| Mes | Productividad 2020 | Productividad 2021 | Variación |
|---|---|---|---|
| Agosto | 48.6 | 74.6 | 54% |
| Setiembre | 49.3 | 80.2 | 62% |
| Octubre | 48.1 | 80.8 | 68% |
| Total, general | 48.7 | 78.1 | 60% |

Se confirma que la productividad del año 2021 es superior todas las fechas de los meses de agosto, setiembre, octubre con respecto a la producción del año 2020, la productividad presenta una variación de 60% en promedio a favor del año 2021.

***Figura 46.***

*Gráfico comparación de Productividad 2020 - 2021*



### *5.1.8. Resumen de variaciones en las variables*

Las variables Secundarias sufrieron variaciones luego de la implementación del balance de línea, hubo incrementos en la cantidad de vidrios producidos, la eficiencia general y la productividad y las horas extras se redujeron, tal como se muestra en la tabla 28 siguiente:

**Tabla 32.**

*Tabla de variables con su variación inicial final*

| | Tabla de resultados | Inicial | Final | Variación % |
|---|---|---|---|---|
| **Variables Primarias** | Tiempo de Ciclo (seg) | 74.6 | 44.3 | -40.62 |
| | Eficiencia de Balanceo (%) | 76.5 | 86.9 | 13.59 |
| **Variables Secundarias** | Incremento Cantidad de vidrio Producido(m2) | 901.4 | 1445.5 | 60.36 |
| | Reducción Horas extras (Hr) | 60 | 31 | -48.33 |
| | Incremento Eficiencia (%) | 73.17 | 91.62 | 25.22 |
| | Incremento de Productividad (m2) | 47.44 | 76.08 | 60.37 |

## 5.2. Contrastación de hipótesis

### *5.2.1. Pruebas de hipótesis*

Se realizaron pruebas de hipótesis para las variables, que son grupos de datos independientes entre sí, para tomar decisiones sobre su aceptación o rechazo. Estas pruebas se realizaron a partir de muestras recolectadas entre agosto y octubre en dos escenarios diferentes, que incluyen indicadores de producción antes del balance de línea y después del balance de línea aplicado en la empresa. Lo lograremos utilizando el programa estadístico MINITAB 19.

#### 5.2.1.1. Prueba de Hipótesis para la cantidad producida de vidrio templado

**Paso 1:** Planteamiento de la hipótesis nula (Ho) e hipótesis alternativa (Ha)

Ho: La cantidad producida de vidrio en el sistema antes del balanceo de la línea = la cantidad producida en el sistema después del balanceo de la línea.

Ha: La cantidad producida de vidrio en el sistema antes del balanceo de la línea < la cantidad producida en el sistema después del balanceo de la línea.

Donde el sentido de la hipótesis alternativa es de una cola a la izquierda debido al símbolo de menor (<).

**Paso 2:** Establecer el nivel de significancia Alpha (a), que usualmente es 0.05

**Paso 3:** Aplicar el test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos.

Ho: la cantidad producida de vidrio en el sistema tiene una distribución normal.

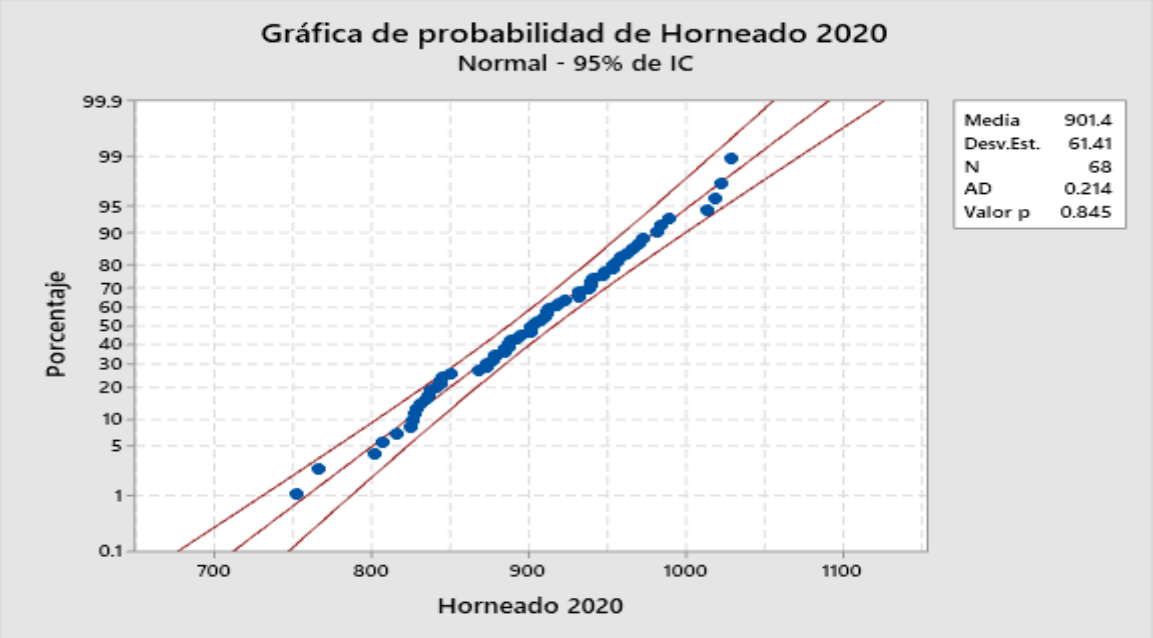
Ha: la cantidad producida de vidrio en el sistema no tiene una distribución normal.

Si p-valor < 0.05, entonces se rechaza la Ho, Si p-valor > 0.05, entonces No se rechaza la Ho.

**AÑO 2020**: De la evaluación de datos mediante el test de Shapiro-Wilk, y apoyado en el programa estadístico Minitab, se tiene que el p-valor es 0.845 del año 2020, el cual podemos decir que la distribución de datos es normal. A continuación, se adjunta grafica del estadístico del año 2020.

***Figura 47.***

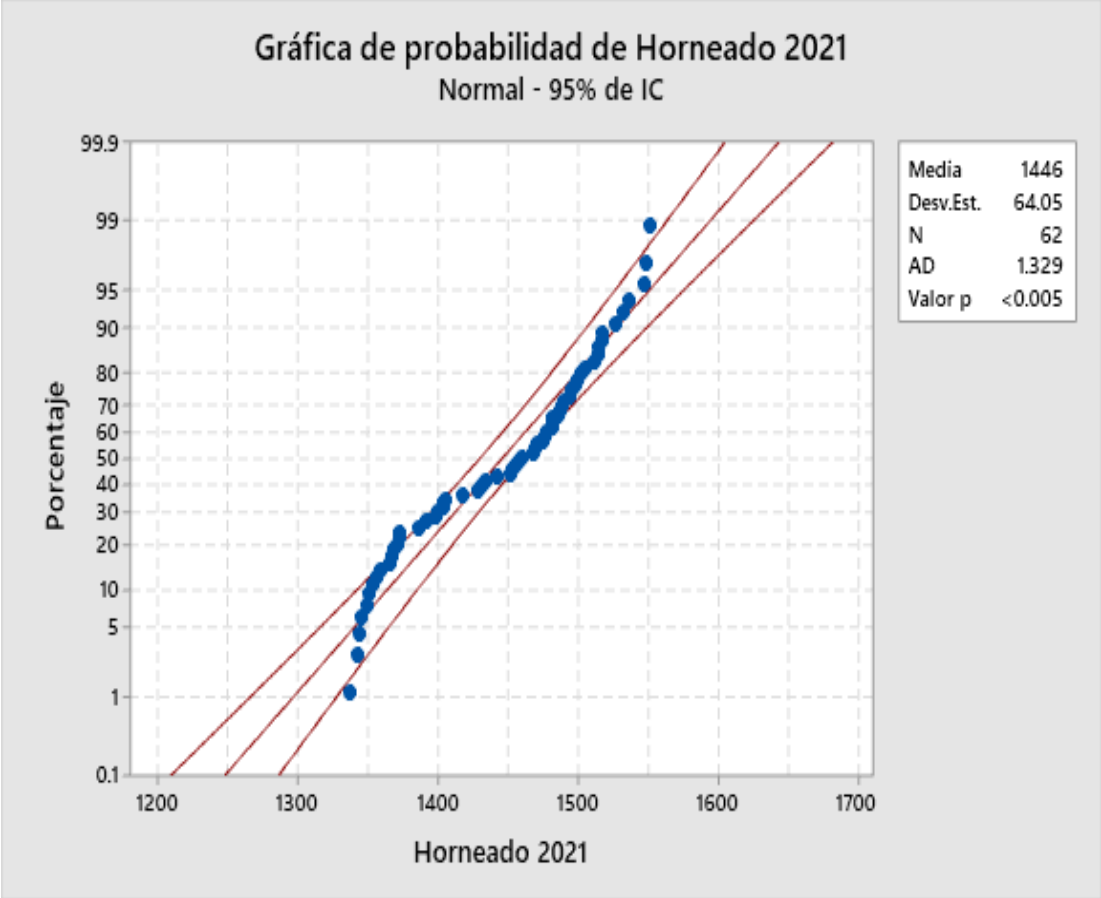
*Gráfica de probabilidad de Horneado 2020*




**AÑO 2021**: De la evaluación de datos mediante el test de Shapiro-Wilk, y apoyado en el programa estadístico Minitab, se tiene que el p-valor es 0.005 del año 2021, el cual podemos decir que la distribución de datos **NO ES NORMAL**. A continuación, se adjunta grafica del estadístico del año 2021.

***Figura 48.***

*Gráfica de probabilidad de Horneado 2021*




**OBSERVACION:** Ya que no se cumple la distribución normal se aplicará la Prueba de Grubbs. A continuación, se adjunta grafica del resultado de dicha prueba.

## Método

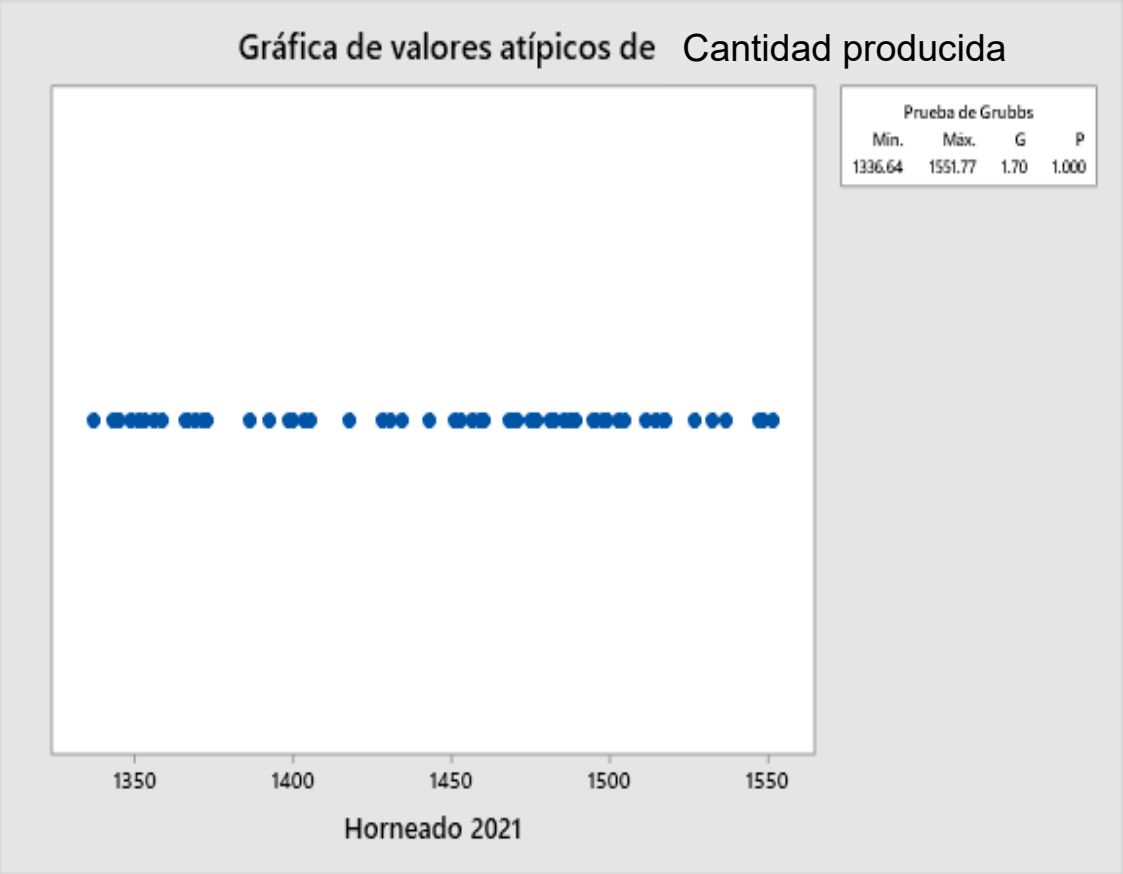
| | |
|---|---|
| Hipótesis nula | Todos los valores de los datos provienen de la misma población normal |
| Hipótesis alterna | El valor más pequeño o más grande de los datos es un valor atípico |
| Nivel de significancia | α = 0.05 |

## Prueba de Grubbs

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mín. | Máx. | G | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Horneado 2021 | 62 | 1445.5 | 64.1 | 1336.6 | 1551.8 | 1.70 | 1.000 |

***Figura 49.***

*Gráfica de valores atípicos de Cantidad producida 2021*




*** NOTA * No hay valor atípico en el nivel de significancia de 5%**

**Paso 4:** Aplicar la prueba t-student y determinar el valor de p-valor.

De la evaluación de datos mediante el estadístico t-student, y apoyado en el programa estadístico minitab 19, se tiene que el p-valor para la producción promedio del horno 0.0000. Respectivamente. Se adjunta resultados y gráfico de los resultados.

**Método**

$\mu_1$: media de Horneado 2020
$\mu_2$: media de Horneado 2021
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

*No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.*

## Estadísticas descriptivas

| Muestra | N | Media | Desv.Est. | Error estándar de la media |
|---|---|---|---|---|
| Horneado 2020 | 68 | 901.4 | 61.4 | 7.4 |
| Horneado 2021 | 62 | 1445.5 | 64.1 | 8.1 |

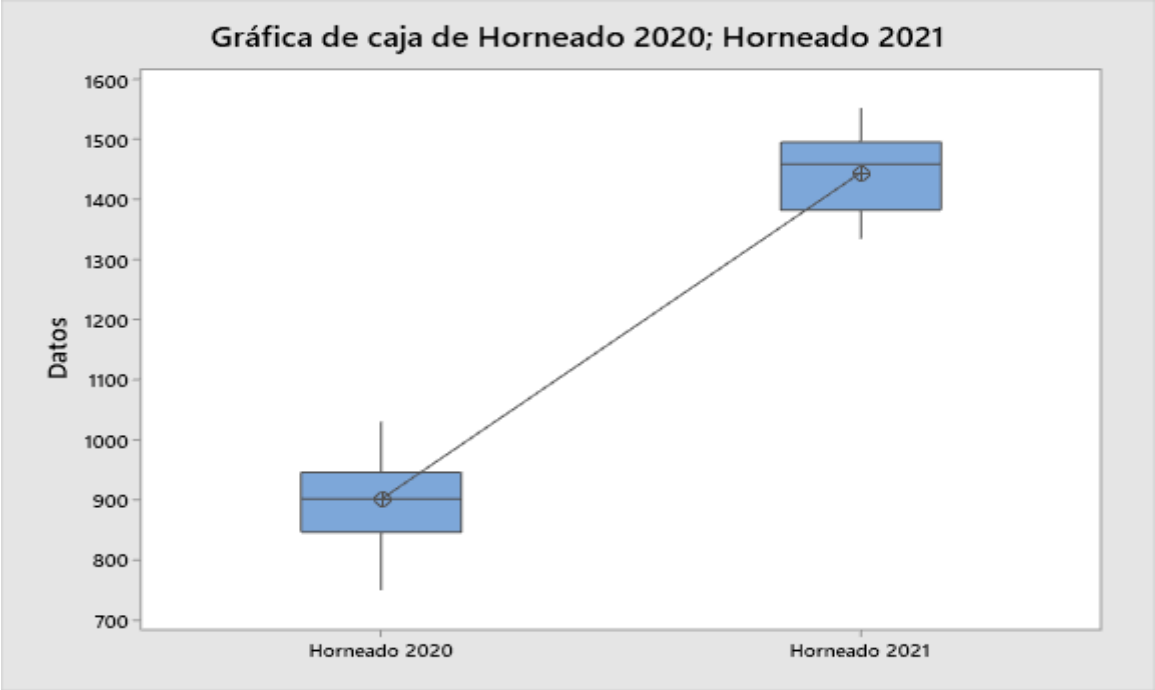
## Prueba

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

| Valor T | GL | Valor p |
|---|---|---|
| -49.33 | 125 | 0.000 |

***Figura 50.***

*Gráfica de caja de Horneado 2020; Horneado 2021*




Como se puede apreciar en el grafico existe un incremento de acuerdo a la producción aplicando 5 estaciones.

Paso 5: Decidir si se rechaza la hipótesis nula, con la siguiente regla:

Si p-valor ≤ 0.05, entonces se rechaza la Ho

Si p-valor > 0.05, entonces No se rechaza la Ha.

De la evaluación del valor p=0000, t -49.33 se entiende que las diferencias son significativas, el balance de línea incrementó la cantidad de vidrio producido en la empresa.

En conclusión, se decide rechazar Ho y **se toma como verdadera Ha** (p=0.0000<,0.05) es decir la cantidad producida de vidrio en el sistema antes del balanceo de la línea es menor a la cantidad producida en el sistema después del balanceo de la línea.

#### 5.2.1.2. Prueba de Hipótesis para el número de horas extras en la fabricación de vidrio templado

**Paso 1:** Planteamiento de la hipótesis nula (Ho) e hipótesis alternativa (Ha)

Ho: Número de horas extras promedio de producción después del balance de línea = Número de horas extras promedio de producción antes del balance de línea.

Ha: Número de horas extras promedio de producción antes del balance de línea >Número de horas extras promedio de producción después del balance de línea.

Donde el sentido de la hipótesis alternativa es de una cola a la derecha debido al símbolo de menor (>).

**Paso 2:** Establecer el nivel de significancia Alpha (a), que usualmente es 0.05

**Paso 3:** Aplicar el test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos.

Ho: Las horas extras promedio semanales de producción promedio tienen una distribución normal.

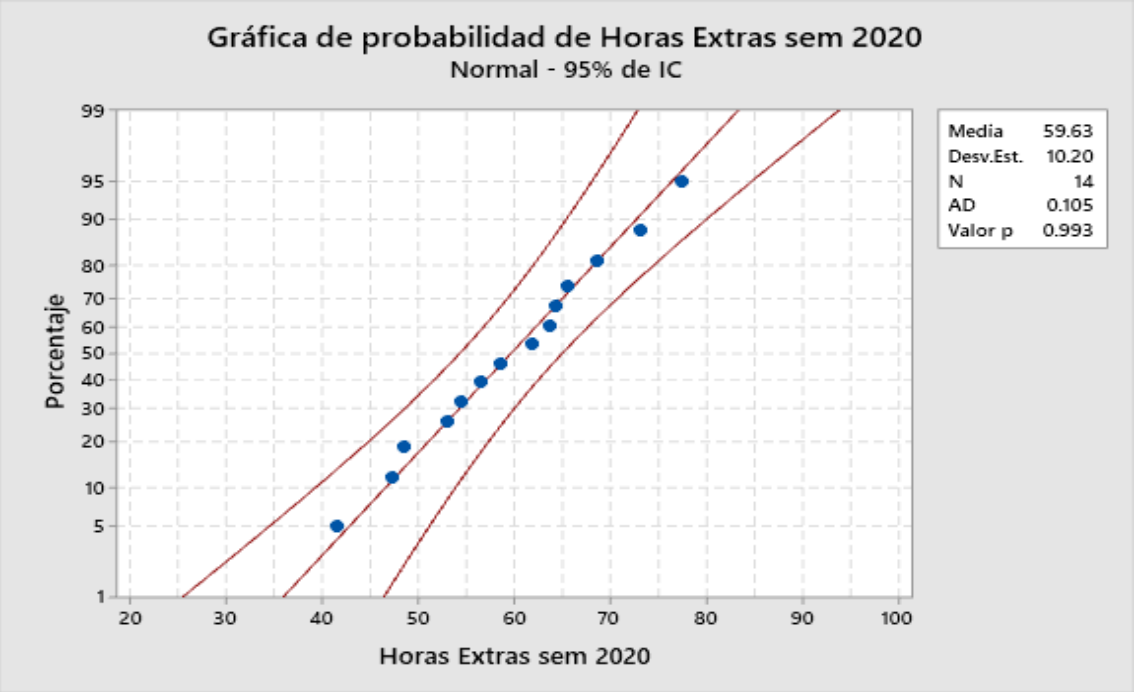
Ha: Las horas extras promedio semanales de producción no tienen una distribución normal.

Si p-valor < 0.05, entonces se rechaza la Ho, Si p-valor > 0.05, entonces No se rechaza la Ho.

**Año 2020**: De la evaluación de datos mediante el test de Shapiro-Wilk, y apoyado en el programa estadístico Minitab 19, se tiene que el p-valor es 0.993 del año 2020, el cual podemos decir que la distribución de datos es normal. A continuación, se adjunta grafica del estadístico del año 2020.

***Figura 51.***

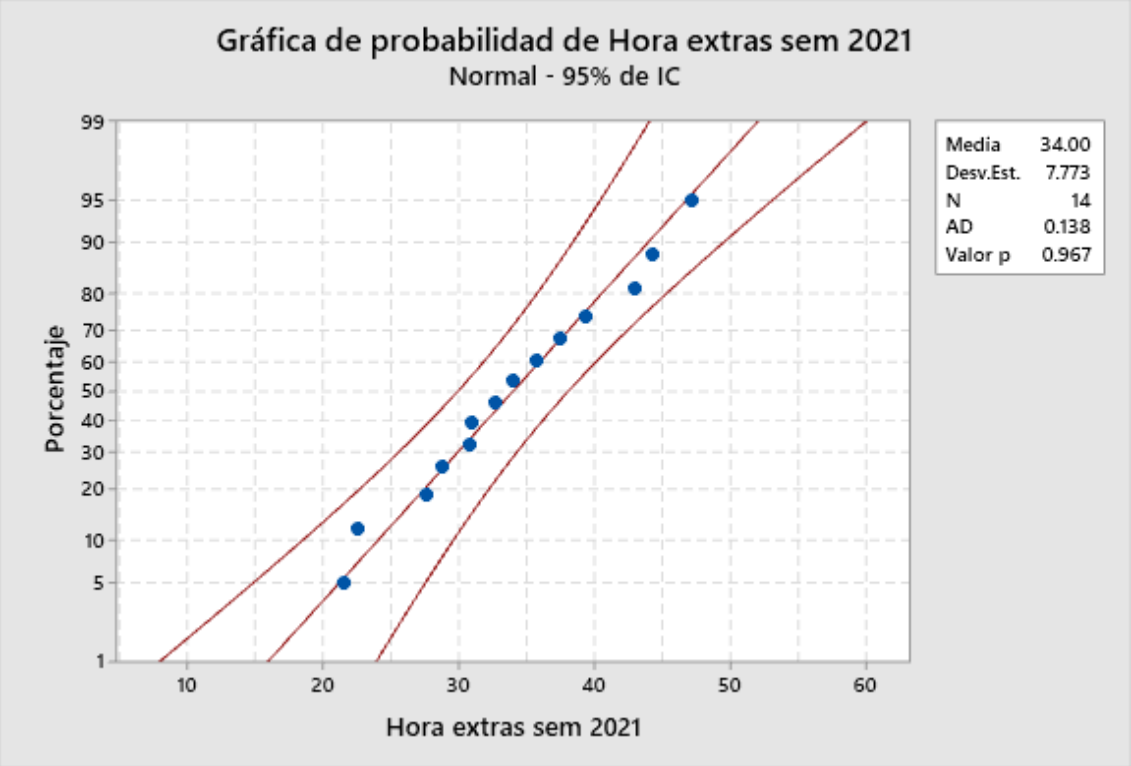
*Gráfica de probabilidad de Horas Extras sem 2020*




**AÑO 2021**: De la evaluación de datos mediante el test de Shapiro-Wilk, y apoyado en el programa estadístico Minitab, se tiene que el p-valor es 0.967 del año 2021, podemos decir que la distribución de datos **ES NORMAL**. A continuación, se adjunta grafica del estadístico del año 2021.

***Figura 52.***

*Gráfica de probabilidad de Horas Extras sem 2021*




**Paso 4:** Aplicar la prueba t-student y determinar el valor de p-valor.

De la evaluación de datos mediante el estadístico t-student, y apoyado en el programa estadístico Minitab 19, se tiene que el p-valor para las horas extras promedios semanales de producción es 0.000, respectivamente. Se adjunta resultados y gráfico de los resultados.

## Método

$\mu_1$: media de Horas Extras sem 2020
$\mu_2$: media de Hora extras sem 2021
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

*No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.*

## Estadísticas descriptivas

| Muestra | N | Media | Desv.Est. | Error estándar de la media |
|---|---|---|---|---|
| Horas Extras sem 2020 | 14 | 59.6 | 10.2 | 2.7 |
| Hora extras sem 2021 | 14 | 34.00 | 7.77 | 2.1 |

## Estimación de la diferencia

| Diferencia | IC de 95% para la diferencia |
|---|---|
| 25.64 | (18.56; 32.71) |

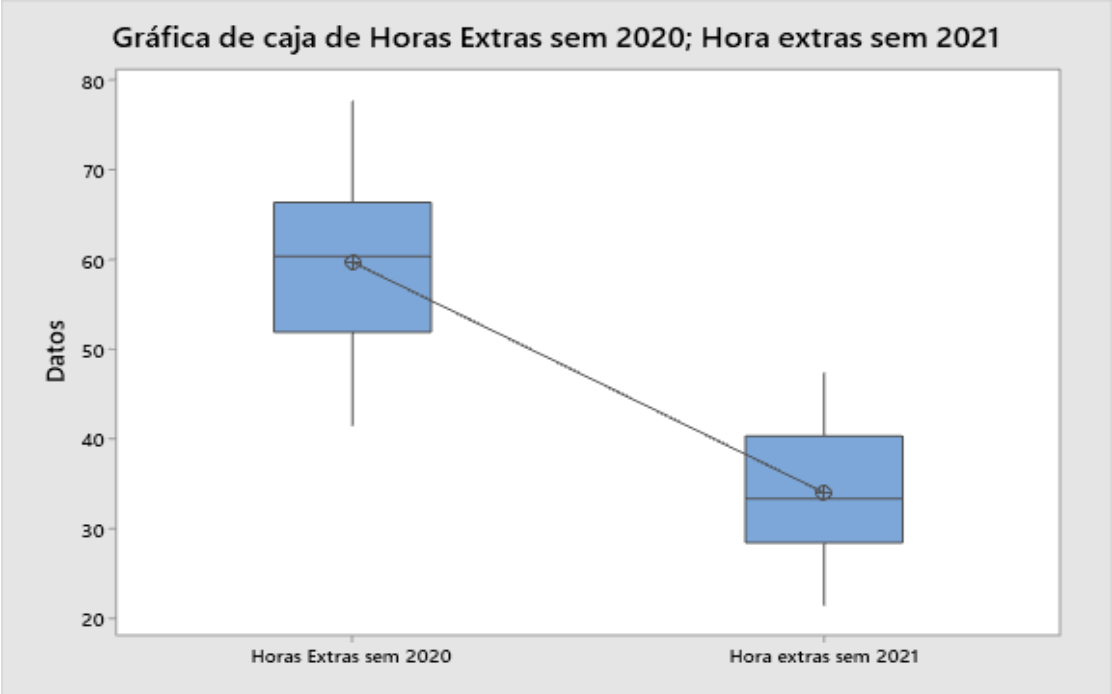
## Prueba

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

| Valor T | GL | Valor p |
|---|---|---|
| 7.48 | 24 | 0.000 |

***Figura 53.***

*Gráfica de caja de Horas Extras sem 2020; Horas Extra sem 2021*



Como se puede apreciar en el grafico existe una reducción de las horas extras promedios semanales después del balance de línea.

**Paso 5:** Decidir si se rechaza la hipótesis nula, con la siguiente regla:

Si p-valor ≤ 0.05, entonces se rechaza la Ho

Si p-valor > 0.05, entonces No se rechaza la Ha.

De la evaluación del valor p=0000, t =7.48 se entiende que las diferencias son relevantes, el balance de línea disminuyó la cantidad de horas extras en la producción de vidrio templado.

En conclusión, se rechaza la hipótesis nula Ho y **se toma como verdadera Ha** (p=0.0000<,0.05) es decir, el número de horas extras promedio de producción antes del balance de línea >Número de horas extras promedio de producción después del balance de línea.

#### 5.2.1.3. Prueba de Hipótesis para la eficiencia de producción

**Paso 1:** Planteamiento de la hipótesis nula (Ho) e hipótesis alternativa (Ha)

Ho: La media de la eficiencia general de la producción antes del balanceo de la línea = La media de la eficiencia general de la producción después del balanceo de la línea.

Ha: La media de la eficiencia general de la producción antes del balanceo de la línea < La media de la eficiencia general de la producción después del balanceo de la línea.

Donde el sentido de la hipótesis alternativa es de una cola a la izquierda debido al símbolo de menor (<).

**Paso 2:** Establecer el nivel de significancia Alpha (a), que usualmente es 0.05

**Paso 3:** Aplicar el test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos.

Ho: la cantidad producida de vidrio en el sistema tiene una distribución normal.

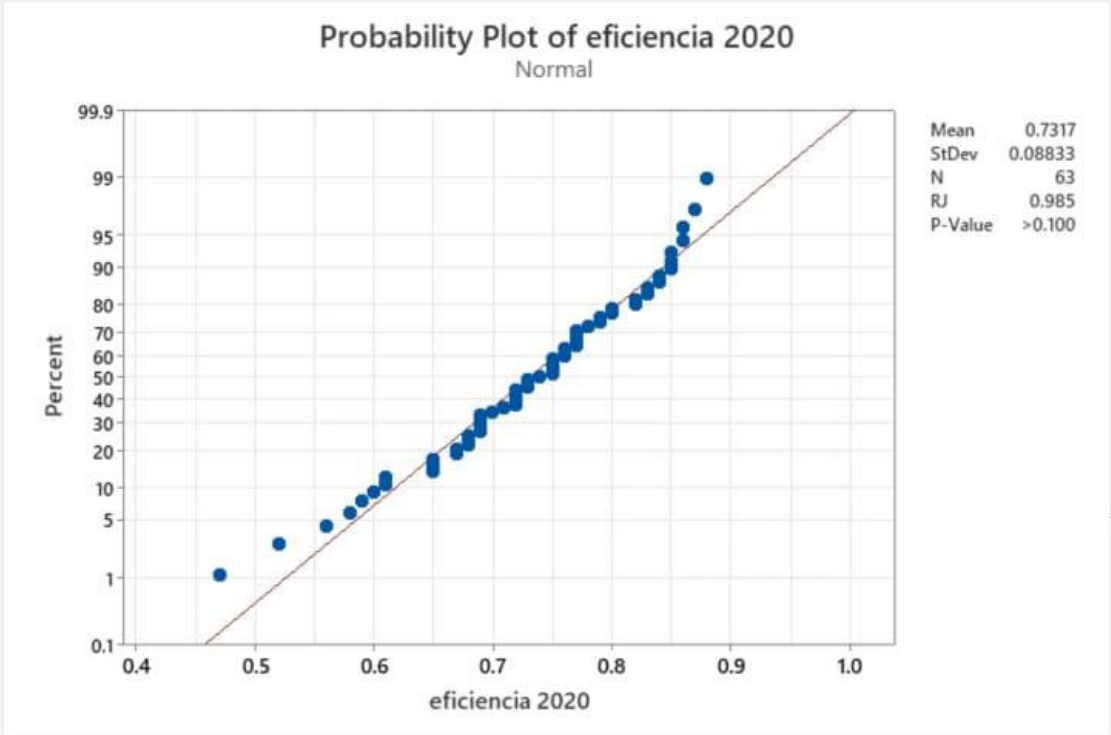
Ha: la cantidad producida de vidrio en el sistema no tiene una distribución normal.

Si p-valor < 0.05, entonces se rechaza la Ho, Si p-valor > 0.05, entonces No se rechaza la Ho.

**AÑO 2020**: De la evaluación de datos mediante el test de Shapiro-Wilk, y apoyado en el programa estadístico Minitab 19, se tiene que el p-valor es 0.100 es mayor a 0.05 en el año 2020, entonces podemos decir que la distribución de datos es normal. A continuación, se adjunta grafica del estadístico del año 2020.

***Figura 54.***

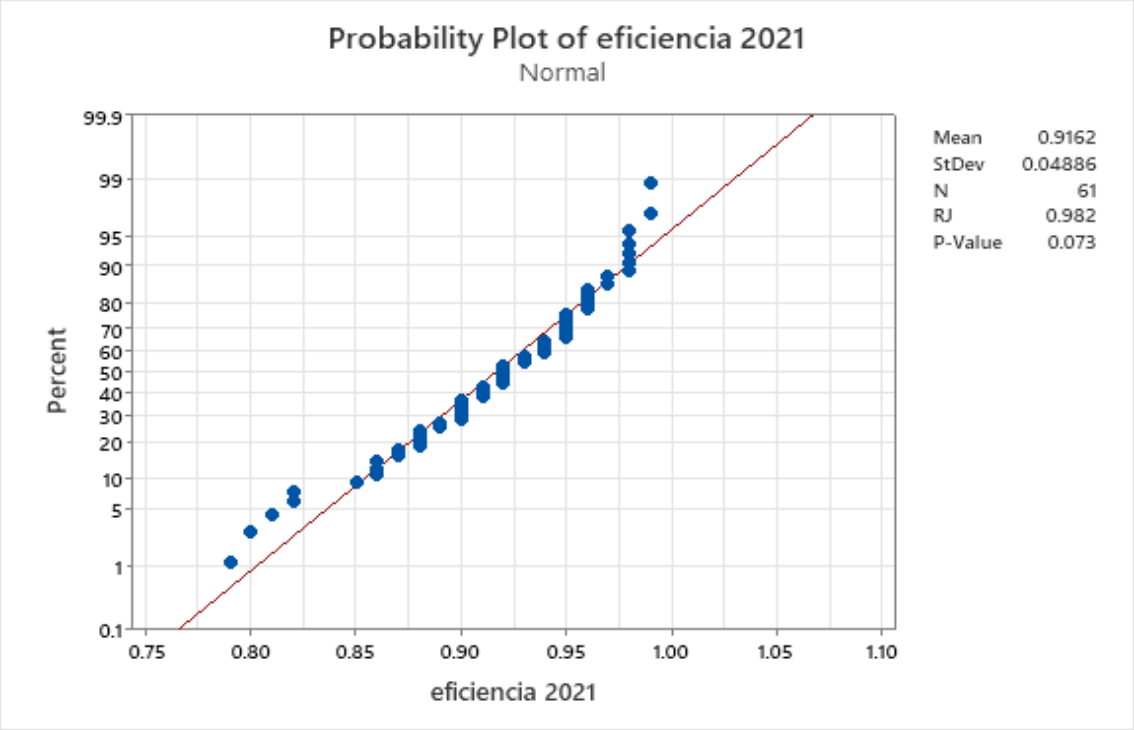
*Probability Plot  of eficiencia 2020*



**AÑO 2021**: De la evaluación de datos mediante el test de Shapiro-Wilk, y apoyado en el programa estadístico Minitab, se tiene que el p-valor es 0.073 es mayor a 0.05 en el año 2021, el cual podemos decir que la distribución de datos **ES NORMAL**. A continuación, se adjunta grafica del estadístico del año 2021.

***Figura 55.***

*Probability Plot of eficiencia 2021*




**Paso 4:** Aplicar la prueba t-student y determinar el valor de p-valor.

De la evaluación de datos mediante el estadístico t-student, y apoyado en el programa estadístico minitab 19, se tiene que el p-valor para la producción promedio del horno 0.0000. Respectivamente. Se adjunta resultados y gráfico de los resultados.

**Método**

$\mu_1$: media de eficiencia 2020
$\mu_2$: media de Horneado 2021
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

*No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.*

## Estadísticas descriptivas

| Sample | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Eficiencia 2021 | 62 | 0.9162 | 0.0489 | 0.0063 |
| Eficiencia 2020 | 62 | 0.7317 | 0.0883 | 0.011 |

## Prueba

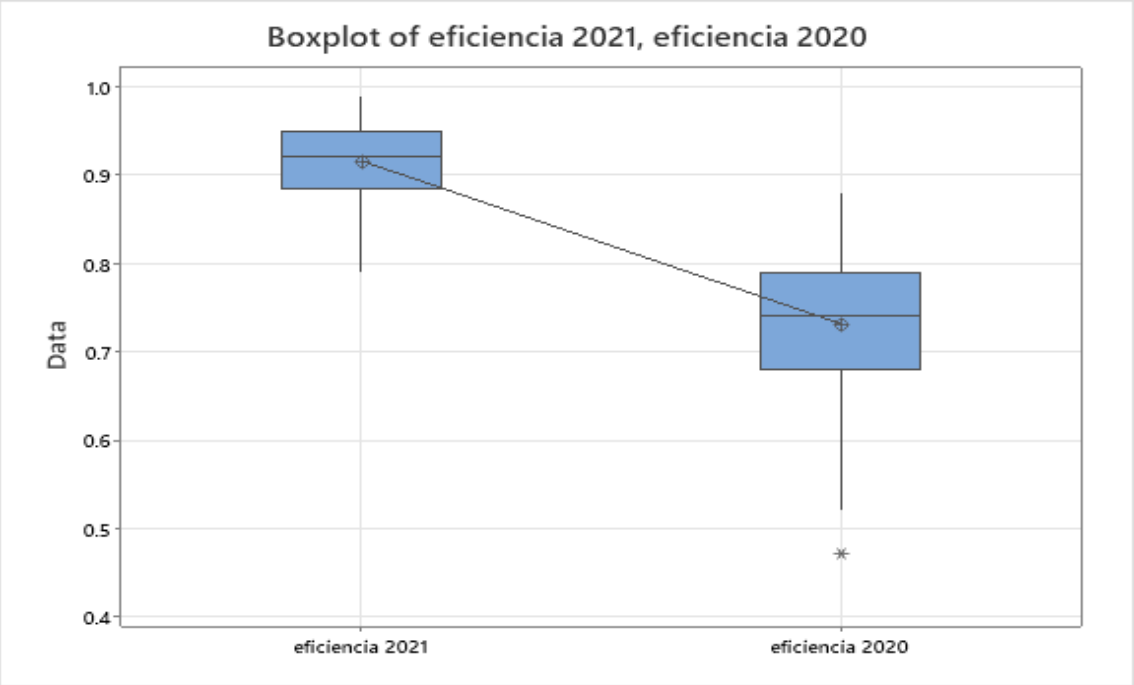
Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$

| Valor T | GL | Valor p |
|---|---|---|
| 14.45 | 122 | 0.000 |

Como se puede apreciar en el grafico existe un incremento de acuerdo a la producción aplicando 5 estaciones.

***Figura 56.***

*Bloxplot of eficiencia 2021, eficiencia 2020*




**Paso 5:** Decidir si se rechaza la hipótesis nula, con la siguiente regla:

Si p-valor ≤ 0.05, entonces se rechaza la Ho

Si p-valor > 0.05, entonces No se rechaza la Ha.

De la evaluación del valor p=0000, t 14.45 se entiende que las diferencias son significativas, el balance de línea incrementó la media de la eficiencia general.

En conclusión, se decide rechazar Ho y **se toma como verdadera Ha** (p=0.0000<,0.05) es decir la media de la eficiencia general de la producción antes del balanceo de la línea es menor a la media de la eficiencia general de la producción después del balanceo de la línea.

#### 5.2.1.4. Prueba de Hipótesis General para la productividad

**Paso 1:** Planteamiento de la hipótesis nula (Ho) e hipótesis alternativa (Ha)

Ho: La Productividad general antes del balanceo de la línea = La Productividad general después del balanceo de la línea.

Ha: La Productividad general antes del balanceo de la línea < La Productividad general después del balanceo de la línea.

Donde el sentido de la hipótesis alternativa es de una cola a la izquierda debido al símbolo de menor (<).

**Paso 2:** Establecer el nivel de significancia Alpha (a), que usualmente es 0.05

**Paso 3:** Aplicar el test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos.

Ho: la cantidad producida de vidrio en el sistema tiene una distribución normal.

Ha: la cantidad producida de vidrio en el sistema no tiene una distribución normal.

Si p-valor < 0.05, entonces se rechaza la Ho, Si p-valor > 0.05, entonces No se rechaza la Ho.

**AÑO 2020**: De la evaluación de datos mediante el test de Shapiro-Wilk, y apoyado en el programa estadístico Minitab 19, se tiene que el p-valor es 0.249 es mayor a 0.05 en el año 2020, entonces podemos decir que la distribución de datos es normal.

**AÑO 2021**: De la evaluación de datos mediante el test de Shapiro-Wilk, y apoyado en el programa estadístico Minitab, se tiene que el p-valor es 0.066 es mayor a 0.05 en el año 2021, el cual podemos decir que la distribución de datos es normal.

**Paso 4:** Aplicar la prueba t-student y determinar el valor de p-valor.

De la evaluación de datos mediante el estadístico t-student, y apoyado en el programa estadístico minitab 19, se tiene que el p-valor para la producción promedio del horno 0.0000. respectivamente. Se adjunta resultados y gráfico de los resultados.

## Método

$\mu_1$: media de productividad2020
$\mu_2$: media de productividad 2021
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

*No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.*

## Estadísticas descriptivas

| Sample | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Productividad 2021 | 62 | 78.14 | 3.46 | |
| Productividad 2020 | 68 | 48.73 | 3.32 | 0.40 |

## Prueba

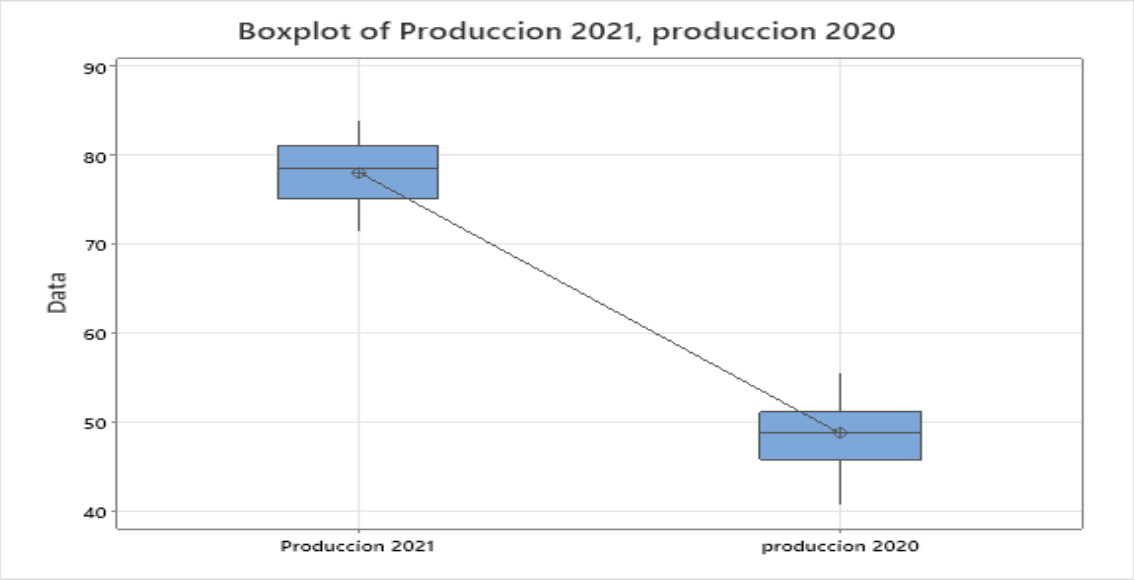
Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$

| Valor T | GL | Valor p |
|---|---|---|
| 49.34 | 125 | 0.000 |

Como se puede apreciar en el grafico existe un incremento de la Productividad luego del balance de la línea.

***Figura 57.***

*Gráfico Boxplot of Producción 2021, producción 2020*




**Paso 5:** Decidir si se rechaza la hipótesis nula, con la siguiente regla:

Si p-valor ≤ 0.05, entonces se rechaza la Ho

Si p-valor > 0.05, entonces No se rechaza la Ha.

De la evaluación del valor p=0000, t 49.34 se entiende que las diferencias son significativas, el balance de línea incrementó la Productividad.

En conclusión, se decide rechazar Ho y **se toma como verdadera Ha** (p=0.0000<,0.05) es decir la Productividad general de la producción antes del balanceo es menor a la Productividad general de la producción después del balanceo de la línea.

La 3 variables específicas: cantidad de vidrio producido, número de horas extras y eficiencia dieron por resultado p=000, rechazando las hipótesis Nulas Ho que les corresponden, dando por resultado que las variables tuvieron incrementos significativos debido a la implementación del Balance de línea en una fábrica de vidrio templado , sumado con la hipótesis General de Productividad que también obtuvo p=000, reafirman

la hipótesis General :la implementación del balance de línea incrementa la Productividad en una fábrica de vidrio templado .

### 5.3. Discusión de resultado

Luego de la validación de las pruebas de hipótesis, se confirma que la implementación del Balance de línea tuvo impacto relevante en la cantidad producida de vidrios templados, la eficiencia, la reducción de horas extras y la productividad, el cual es obtenido luego de los estudios de tiempos y mejoras en la línea, pues se incrementó la capacidad de los procesos a la misma vez que se balanceo la línea.

El resultado encaja con lo que Muñoz Ramírez (2018) en su tesis en la cual, mediante tiempos estándar, reasignación de actividades, nuevas secuencias de trabajo y estandarización de tiempos y el balance de línea concluye un incremento de la cantidad producida de vehículos de 7% (2 unidades), en este trabajo se incrementó la cantidad producida en 67%.

Sobre la reducción de horas extras Domínguez Tafur (2020), reduce mediante la implementación del balance de línea el 41% los sobretiempos del personal, lo cual concuerda con lo presentado en este trabajo, la reducción de horas extras luego del balance de línea es de 48%. Además, en la tesis de Domínguez Tafur (2020) se incrementa la eficiencia en 33% en el módulo de pijamas, mientras en nuestro caso de estudio fabricación de vidrio templado se incrementa la eficiencia en 25%.

Diaz Acte (2004) en su tesis presenta un incremento de 26% a 60% mediante la implementación del balance de línea, análisis de ciclos de trabajo, capacitaciones, en nuestro caso la eficiencia va desde 73% a 91% que es congruente con lo que el autor menciona.

Según Caruajulca Benavides (2017) en su tesis con la aplicación del balance de línea y el incremento de la capacidad productiva mediante nuevas secuencias de trabajo logra un incremento de productividad 81% de y un incremento en la cantidad producida de 17% de polos camiseros, en esta tesis los incrementos son de 60% en la productividad y 60% en la cantidad producida a diario.

La fortaleza del presente estudio, fue la accesibilidad de la información que la organización tuvo y tiene para ser estudiada gracias a contar con una implementación de un ERP a medida, aunado a que tiene implementado un sistema de gestión de la calidad certificado en la norma ISO 9001: 2015, ello ayudó a que todos los procesos sean trazables, sin duda una organización que tiene menos de 10 años de iniciada sus operaciones comerciales y productivas, además de sus integrantes, la Gerencia General de la empresa no fue un limitante dentro del estudio, muy por el contrario, cuando se le propuso realizar el balance de línea para no solo aumentar la productividad de los procesos, sino también podíamos aumentar el volumen de la producción, esta sin duda fue la llave para poder concretar esta implementación y dar como resultado la presente tesis.

Si bien es cierto que los resultados obtenidos nos dan indicios grandes de que la estandarización de los procesos, nos permite gestionar con mayor eficacia un sistema de calidad, y logrando en el tiempo, modificaciones sobre las variables Secundarias, pero tenemos que tener en cuenta que el balance de línea es un sistema orgánico y en constante cambio a necesidad de la demanda en el tiempo, por ende resulta imprescindible que el balance de línea quede como método de control de la producción y se continúe midiendo los estándares en el tiempo, ya que todo lo que se mide, se controla y todo lo que se controla, se mejora.

# 6. Conclusiones y recomendaciones

## 6.1. Conclusión

- ✓ La implementación del balance de línea en la empresa Templados Limatambo resultó exitosa al incrementar significativamente la productividad. Antes de la implementación, la cantidad promedio de producción diaria era de 904 m², y tras el balance de línea, aumentó a 1445 m², lo que representa un incremento del 59.5%. Este incremento es una clara evidencia de que la optimización del flujo de trabajo y la mejor distribución de tareas han permitido a la empresa aumentar su capacidad productiva y, en consecuencia, satisfacer de manera más efectiva la demanda del mercado
- ✓ El aumento de 28.64 m2 en la productividad después de la implementación del balance de línea indica una mejora de la capacidad de producción. Esta mejora demuestra que el balance de línea ha optimizado los procesos, reducido tiempos de ciclo y recursos como mano de obra, maquinaria, permitiendo a la empresa producir más en el mismo período de tiempo.
- ✓ La implementación del balance de línea no solo aumentó la cantidad de producción diaria, sino que también redujo el número de horas extras. Antes del balanceo, el promedio semanal de horas extras era de 60 horas, que se redujo a 31 horas después de la implementación, marcando una reducción del 48.3%. Esta disminución en las horas extras no solo redujo los costos laborales, sino que también mejoró la moral y la productividad de los trabajadores al evitar la fatiga y el agotamiento.

- ✓ La disminución en el número de horas extras reduce los costos asociados con el pago de horas laborables en 35%, también puede mejorar la moral y la productividad de los trabajadores al evitar la fatiga laboral y el agotamiento.
- ✓ Después del balanceo de la línea, la eficiencia de producción aumentó en un 25.22%, pasando de 73.17% a 91.62%. Este incremento refleja una mejora importante en la utilización de los recursos y en la capacidad de respuesta de la empresa ante fluctuaciones en la demanda. La reducción de los cuellos de botella y la optimización del flujo de trabajo resultaron en una mayor eficiencia operativa y un incremento en la estabilidad de los procesos productivos.

## 6.2. Recomendaciones

- ✓ Establecer actualización de los tiempos estándar de los procesos continuamente y en periodos establecidos, para poder llevar el control de los procesos con sus respectivas métricas, además evaluar los rendimientos del balance pues puede haber algún cambio por especialización de los actores del proceso.
- ✓ Se debe continuar monitoreando de cerca los indicadores clave de desempeño, como la producción diaria, la eficiencia, la utilización de recursos y los costos asociados. Esto permitirá identificar cualquier área de mejora continua y asegurarte de que los beneficios obtenidos se mantengan a lo largo del tiempo.
- ✓ Se puede implementar prácticas de mejora continua, estableciendo un sistema formal de mejora continua en el que se fomenten la innovación y

la búsqueda constante de formas de optimizar los procesos y aumentar la eficiencia. Esto puede incluir la realización regular de análisis de procesos, la identificación de áreas de desperdicio y la implementación de soluciones para eliminar o reducir estos desperdicios.

- ✓ Se podría evaluar económicamente los beneficios de realizar monitoreos del balance de línea y su correcta implementación como método de mejora continua en el proceso productivo.

## 7. Bibliografía


Acté, D. (2004). *Incremento de eficiencia en la línea de producción en un cambio de estilo nuevo en KORAMSA.* Guatemala.

Avalos, A. (2018). *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora n el área de produccióndе vidrio templado en la Corporación Vidrio Glass SAC, con la finalidad de mejorar la productividad.* Corporación Vidrio Glass SAC, Perú.

Cajaculca. (2017). *Balance de línea para mejorar la productividad en el área de confección de la empresa Industries Fashion EIRL - Lima.* Industries Fashion EIRL.

CAPECO. (2020). *Sector inmobiliario.*

Chase, R., Jacobs, R., & Agilano, N. (2009). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros* (12 ed.). Mc Graw Hill.

Corella. (2016). *Mejoramiento productivo en la línea de picking en la empresa Yobel SCM mediante el balanceo de línea y carga de trabajo.* Yobel, Perú.

Corporación Furukawa. (2014).

Cruelles. (2013). *Estudio de métodos.*

Dominguez. (2020). *Propuesta de balance de línea para la mejora de la productividad y eficiencia del módulo de pijamas en una empresa de confecciones.*

Durán. (2016). *Estudio de tiempos.*

Durán, F. (2016). *Consultor del Ingeniero Industrial* (Vol. 1). Colombia: Grupo Latino.

Ecovidrio. (31 de marzo de 2021). *hablando en vidrio*. Obtenido de https://hablandoenvidrio.com/historia-del-vidrio-i/

García Criollo, R. (2005). *Estudio del Trabajo* (II ed.). Monterey: Mc Graw- Hill.

García, T. (2015). *La investigación.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

GlassGlobal. (2020). *Glassglobal*. Obtenido de https://plants.glassglobal.com/

Hernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación* (VI ed.). México: McGraw-Hill.

Mendoza Manuel. (2020). *Participación del mercado peruano.*

Meyers. (2020). *Estudio de movimientos.*

Meyers, F. E. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufacrura ágil* (II ed.). México: Prentice Hall.

Muñoz. (2018). *Balance de líneapara mejorar el flujo de producción de la linea BusStar.* Bus Car de Colombia SAS, Colombia.

Nievel. (2006). *Estudio del movimiento.*

Organización Internacional del trabajo [OIT]. (1996). *El estudio del trabajo.*

Perez, A. W. (2016). *Medición del impacto en la cultura organizacional, después de la implementación ISO 9001:2008 en base a las 6 dimensiones culturales de Hofstede, Minkov (2013) en la empresa Templados Limatambo S.A.C.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

trademap. (12 de 2020). *trademap*. Obtenido de https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx?nvpm=3

## 8. Anexos

**Tabla 33.**

*Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de pulido de agosto - octubre 2020*

| Hora → Día ↓ | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 65.29 | 105.3 | 119.6 | 142.1 | 16.91 | 124.8 | 88.48 |
| 2.00 | 93.5 | 93.15 | 91.91 | 91.71 | 31.72 | 70.8 | 35.83 |
| 3.00 | 130.7 | 111 | 75.05 | 91.3 | 28.24 | 105.2 | 108.8 |
| 4.00 | 69.87 | 59.42 | 35.34 | 106.7 | 35.42 | 68.91 | 88.32 |
| 5.00 | 71.64 | 82.66 | 108.4 | 81.44 | 29.31 | 84.41 | 62.99 |
| 6.00 | 37.25 | 72.89 | 41.84 | 70.76 | 101.1 | 116.6 | 79.52 |
| 7.00 | 113.4 | 95.57 | 73.13 | 161.5 | 27.61 | 106.6 | 88.56 |
| 8.00 | 79.82 | 77.25 | 48.92 | 68.38 | 83.04 | 109.3 | 109.8 |
| 9.00 | 88.21 | 46.73 | 44.82 | 107.5 | 58.1 | 96.05 | 110.8 |
| 10.00 | 51.56 | 193 | 98.82 | 33.55 | 42.23 | 49.21 | 114.4 |
| 11.00 | 65.47 | 80.5 | 79.23 | 61.45 | 33.14 | 40.72 | 81.81 |
| 12.00 | 131.6 | 87.88 | 46.98 | 63.43 | 94.13 | 58.25 | 48.02 |
| 13.00 | 104.2 | 63.43 | 134.5 | 141.9 | 75.85 | 178.8 | 196.3 |
| 14.00 | 27.94 | 92.95 | 87.26 | 61.63 | 26.62 | 121.2 | 113.2 |
| 15.00 | 101.2 | 88.1 | 108.8 | 68.54 | 43.52 | 142.3 | 96.27 |
| 16.00 | 43.79 | 76.88 | 85.22 | 53.98 | 39.91 | 69.15 | 161.7 |
| 17.00 | 78.26 | 86.35 | 118.6 | 85.57 | 33.34 | 110.4 | 133.5 |
| 18.00 | 44.74 | 97 | 59.95 | 93.2 | 61.91 | 126.3 | 96.13 |
| 19.00 | 44.28 | 67.68 | 87.87 | 98.74 | 48.43 | 135.2 | 151.8 |
| 20.00 | 87.47 | 114.6 | 94.69 | 64.73 | 62.19 | 67.02 | 107.1 |
| 21.00 | 32.34 | 64.34 | 60.02 | 88.07 | 43.39 | 104.4 | 127.2 |
| 22.00 | 76.71 | 111.3 | 78.16 | 70.69 | 8.34 | 74.83 | 119.1 |
| 23.00 | 95.25 | 115.5 | 97.2 | 117.6 | 44.06 | 122.1 | 92.47 |
| 24.00 | 56.75 | 81.6 | 30.9 | 57.65 | 114 | 105.6 | 50.84 |
| 25.00 | 74.78 | 105.4 | 46.61 | 84.47 | 49.57 | 92.45 | 158.1 |

**Tabla 34.**

*Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de taladro de agosto -octubre 2020*

| Hora → Día ↓ | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 23.26 | 18.97 | 25.96 | 14.17 | 15.42 |
| 2.00 | 17.16 | 7 | 13.95 | 10.99 | 14.71 |
| 3.00 | 19.3 | 10.33 | 7.22 | 9.46 | 7.58 |
| 4.00 | 9.56 | 4.52 | 15.14 | 15.88 | 12.93 |
| 5.00 | 11.39 | 10.65 | 4.55 | 13.52 | 8.68 |
| 6.00 | 13.8 | 7.59 | 13.26 | 9.76 | 7.51 |
| 7.00 | 23.12 | 21.31 | 12.5 | 11.46 | 19.03 |
| 8.00 | 9.51 | 8.12 | 9.78 | 9.53 | 19.94 |
| 9.00 | 11.7 | 4.18 | 20.92 | 10.43 | 20.29 |
| 10.00 | 15.66 | 9.94 | 26.17 | 29.31 | 22.82 |
| 11.00 | 14.22 | 11.11 | 17.22 | 5.91 | 3.22 |
| 12.00 | 18.57 | 16.51 | 14.85 | 17.06 | 13.78 |
| 13.00 | 6.62 | 15.08 | 14.04 | 19.61 | 13.28 |
| 14.00 | 9.52 | 12.91 | 15.33 | 4.06 | 11.51 |
| 15.00 | 8.15 | 6.64 | 3.49 | 17.49 | 14.62 |
| 16.00 | 9.16 | 1.48 | 22.45 | 17.01 | 18.01 |
| 17.00 | 8.51 | 12.17 | 9.24 | 13.6 | 11.3 |
| 18.00 | 21.34 | 16.22 | 18.8 | 21.52 | 15.49 |
| 19.00 | 9.33 | 9.91 | 19.09 | 12.73 | 8.92 |
| 20.00 | 19.7 | 19.38 | 31.6 | 11.06 | 16.48 |
| 21.00 | 9.01 | 18.98 | 15.95 | 15.69 | 8.22 |
| 22.00 | 13 | 14.69 | 13.34 | 7.08 | 13.57 |
| 23.00 | 14.64 | 12.32 | 8.71 | 9.58 | 4.81 |
| 24.00 | 19.85 | 13.21 | 24.27 | 17.15 | 3.09 |
| 25.00 | 14.56 | 11.45 | 12.14 | 18.22 | 4.1 |

**Tabla 35.**

*Promedio de $m^2$ acumulados por hora en proceso de Skill glass de agosto-octubre 2020*

| Hora → Día ↓ | 00 | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 15.45 | 29.12 | 17.46 | 14.36 | 21 | 16.03 |
| 2.00 | 16.52 | 6.85 | 11.97 | 27.1 | 17.54 | 25.01 |
| 3.00 | 14.04 | 22.74 | 33.23 | 20.79 | 7.36 | 33.65 |
| 4.00 | 14.06 | 42.38 | 37.97 | 14.61 | 27.81 | 14.42 |
| 5.00 | 14.28 | 34.89 | 4.85 | 13.28 | 0.8 | 22.03 |
| 6.00 | 45.5 | 12.02 | 12.54 | 22.73 | 8.95 | 17.95 |
| 7.00 | 27.98 | 21.03 | 36.57 | 14.46 | 17.77 | 25.08 |
| 8.00 | 21.56 | 36.6 | 18.5 | 26.26 | 37.59 | 23.62 |
| 9.00 | 35.2 | 26.42 | 7.55 | 22.11 | 10.95 | 15.34 |
| 10.00 | 35.02 | 16.4 | 17.29 | 0.62 | 1.23 | 34.34 |
| 11.00 | 6.45 | 47.37 | 27.49 | 36.6 | 20.33 | 24.57 |
| 12.00 | 53.32 | 8.95 | 18.28 | 12.11 | 13.94 | 22.41 |
| 13.00 | 23.62 | 10.07 | 14.55 | 20.84 | 30.05 | 16.64 |
| 14.00 | 40.33 | 26.58 | 14.59 | 25.95 | 33.16 | 38.45 |
| 15.00 | 6.13 | 10.72 | 26.95 | 14.97 | 24.62 | 47.58 |
| 16.00 | 33.11 | 26.42 | 4.83 | 9.57 | 8.95 | 39.34 |
| 17.00 | 53.38 | 20.87 | 26.03 | 4.56 | 21.59 | 23.32 |
| 18.00 | 29.68 | 26.98 | 22.9 | 35.82 | 38.45 | 8.99 |
| 19.00 | 18.64 | 4.65 | 26.92 | 33.73 | 41.9 | 65.08 |
| 20.00 | 37.81 | 33.31 | 30.75 | 27.78 | 50.31 | 44.99 |
| 21.00 | 20.16 | 13.71 | 40.79 | 39.47 | 34.75 | 30.76 |
| 22.00 | 9.64 | 24.77 | 15.02 | 7.13 | 20.81 | 25.75 |
| 23.00 | 32.71 | 9.1 | 0.26 | 10.67 | 8.98 | 11.96 |
| 24.00 | 43.79 | 33.76 | 32.74 | 25.05 | 22.55 | 1.55 |
| 25.00 | 9.37 | 42.05 | 51.36 | 11.18 | 33.12 | 31.96 |
| Cantidad de días | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Medía | 26.31 | 23.51 | 22.06 | 19.67 | 22.18 | 26.43 |

**Tabla 36.**

*Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de lavado de agosto - octubre 2020*

| Hora → Día ↓ | 07 | 09 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 94.12 | 61.39 | 94.14 | 81.39 | 121.9 |
| 2.00 | 59.98 | 47.42 | 87.44 | 40.66 | 45.14 |
| 3.00 | 0.85 | 7.21 | 24.36 | 37.26 | 115.5 |
| 4.00 | 38.79 | 43.26 | 110 | 112.1 | 72.65 |
| 5.00 | 1.58 | 100.8 | 111 | 92.09 | 74.84 |
| 6.00 | 115.6 | 81.86 | 104.4 | 68.94 | 17.2 |
| 7.00 | 18.5 | 8.46 | 65.21 | 136.1 | 97.28 |
| 8.00 | 43.69 | 80.09 | 109.9 | 125 | 81.18 |
| 9.00 | 39.4 | 28.65 | 91.4 | 79.85 | 125 |
| 10.00 | 32.29 | 55.97 | 68.72 | 132.1 | 179.9 |
| 11.00 | 34.95 | 10.22 | 71.61 | 86.63 | 84.39 |
| 12.00 | 93.59 | 61.15 | 102.6 | 94.92 | 22.26 |
| 13.00 | 152.7 | 52.68 | 55.63 | 75.92 | 53.96 |
| 14.00 | 33.01 | 58.25 | 89.83 | 81.8 | 72.19 |
| 15.00 | 48.54 | 45.41 | 78.6 | 87.57 | 67.22 |
| 16.00 | 16.91 | 25.91 | 61.85 | 98.1 | 81.15 |
| 17.00 | 1.97 | 23.6 | 60.71 | 82.56 | 69.76 |
| 18.00 | 90.02 | 51.75 | 76.57 | 101.3 | 209.7 |
| 19.00 | 138.3 | 103.5 | 105.3 | 113.1 | 71.26 |
| 20.00 | 95.17 | 53.46 | 121.9 | 51.58 | 145.6 |
| 21.00 | 73.2 | 127 | 164.8 | 114.3 | 75.38 |
| 22.00 | 90.97 | 42.03 | 118 | 94.43 | 93.28 |
| 23.00 | 70.26 | 77.2 | 71.11 | 57.55 | 122 |
| 24.00 | 23.66 | 23.12 | 16.65 | 49.65 | 24.7 |
| 25.00 | 111.5 | 29.4 | 75.45 | 73.73 | 159.4 |

**Tabla 37.**

*Promedio de $m^2$ acumulados por hora en el proceso de horno de agosto - octubre 2020*

| Hora → Día ↓ | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 65.1 | 89.11 | 83.46 | 64.69 | 78.2 | 86.44 | 89.91 | 72.25 | 60.79 | 74.66 | 75.49 |
| 2.00 | 62.88 | 117.4 | 82.71 | 107.6 | 103.5 | 92.14 | 123.8 | 80.04 | 74.67 | 88.57 | 58.78 |
| 3.00 | 26.44 | 25.02 | 36.72 | 37.4 | 35.57 | 34.56 | 22.94 | 27.64 | 25.28 | 60.13 | 89.16 |
| 4.00 | 66.77 | 91.31 | 103.6 | 69.38 | 92.17 | 107.6 | 128.9 | 79.84 | 73.96 | 94.52 | 84.6 |
| 5.00 | 88.99 | 103.9 | 93.1 | 85.08 | 91.71 | 92.7 | 86.78 | 104.5 | 76.25 | 88.39 | 81.8 |
| 6.00 | 61.86 | 109.2 | 113.7 | 98.1 | 90.8 | 104.8 | 99.66 | 39.45 | 48.61 | 38.19 | 20.99 |
| 7.00 | 53.53 | 66.38 | 56.43 | 73.5 | 67.26 | 63.26 | 83.23 | 77.69 | 76.77 | 85.93 | 123.5 |
| 8.00 | 53.37 | 89.08 | 97.74 | 85.45 | 95.78 | 83.89 | 96.16 | 88.37 | 75.29 | 97.13 | 82.98 |
| 9.00 | 74.12 | 96.52 | 105.5 | 100.3 | 95.34 | 105.7 | 66.85 | 78.04 | 73.18 | 69.22 | 78.17 |
| 10.00 | 65.29 | 94.11 | 85.49 | 76.74 | 75.22 | 61.52 | 82.95 | 80.1 | 74.26 | 86.51 | 93.45 |
| 11.00 | 60.17 | 82.47 | 84.03 | 61.49 | 91.39 | 71.01 | 66.98 | 64.11 | 77.13 | 80.44 | 84.38 |
| 12.00 | 82.54 | 99.97 | 102.1 | 79.72 | 102.2 | 68.05 | 98.8 | 43.9 | 35.62 | 36.15 | 33.16 |
| 13.00 | 69.05 | 95.58 | 86.96 | 95.88 | 85.19 | 87 | 101.1 | 116.1 | 82.85 | 88.96 | 94.88 |
| 14.00 | 84.77 | 96.14 | 107 | 81.07 | 93.24 | 91.66 | 92.55 | 98.53 | 83.84 | 114.6 | 93.97 |
| 15.00 | 69.76 | 91.94 | 92.79 | 69.17 | 88.86 | 115.1 | 86.84 | 87.3 | 74.11 | 101.7 | 89.92 |
| 16.00 | 64.93 | 87.37 | 110.8 | 83.84 | 86.76 | 92.49 | 67.21 | 87.48 | 70.94 | 90.93 | 78.23 |
| 17.00 | 64.22 | 77 | 54.8 | 63.95 | 66.49 | 70.2 | 87.2 | 78.1 | 82.46 | 71.53 | 91.45 |
| 18.00 | 49.33 | 61.18 | 89.78 | 75.17 | 95.01 | 90.39 | 85.26 | 47.07 | 51.7 | 37.45 | 50.47 |
| 19.00 | 79.1 | 123.9 | 112.8 | 90.63 | 109.7 | 81.34 | 84.58 | 84.98 | 77.42 | 86.17 | 86.04 |
| 20.00 | 74.59 | 91.62 | 102.1 | 92.23 | 77.24 | 96.55 | 85.65 | 79.21 | 80.73 | 77.34 | 97.63 |
| 21.00 | 68.21 | 82.26 | 75.22 | 63.94 | 113.7 | 119.5 | 107.1 | 99.23 | 83.22 | 79.29 | 77.5 |
| 22.00 | 76.91 | 95.78 | 109.3 | 92.74 | 96.5 | 85.84 | 80.06 | 98.65 | 74 | 96.39 | 89.95 |
| 23.00 | 70.57 | 100.9 | 99.01 | 74.96 | 93.12 | 95.24 | 97.06 | 80.97 | 105.2 | 64.17 | 95.81 |
| 24.00 | 83.97 | 83.83 | 103.4 | 121.6 | 102.1 | 87.86 | 94.81 | 52.77 | 33.5 | 51.82 | 40.97 |
| 25.00 | 71.26 | 93.37 | 78.72 | 77.61 | 80.23 | 67.78 | 77.53 | 63.7 | 78.84 | 108.2 | 71.46 |

**Tabla 38.**

*Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de pulido de agosto-octubre 2021*

| Hora → Día ↓ | 00 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 9.3 | 21.36 | 7.41 | 76.53 | 82 | 72.45 | 71.54 | 66.15 | 128.6 | 169.8 |
| 2.00 | 38.48 | 44.04 | 24.49 | 68.3 | 65.98 | 67.85 | 108.3 | 74.85 | 137.9 | 98.89 |
| 3.00 | 50.81 | 65 | 19.01 | 70.28 | 67.93 | 97.39 | 82.29 | 93.78 | 138.8 | 75.97 |
| 4.00 | 29.91 | 54.01 | 12.75 | 52.86 | 61.13 | 72.55 | 52.75 | 15.81 | 63.83 | 101.6 |
| 5.00 | 78.16 | 58.94 | 21.46 | 43.31 | 69.45 | 91.84 | 97.29 | 19.48 | 133.7 | 92.02 |
| 6.00 | 204.5 | 60.87 | 29.01 | 66.9 | 118.2 | 32.4 | 87.6 | 83.87 | 91.53 | 45.09 |
| 7.00 | 6.55 | 47.95 | 83.68 | 87.33 | 157.7 | 94.6 | 100.6 | 50.93 | 97.77 | 136.8 |
| 8.00 | 99.5 | 39.12 | 87.09 | 92.91 | 41.8 | 143.7 | 119 | 37.62 | 54.03 | 77.24 |
| 9.00 | 40.71 | 33.01 | 80.43 | 130.6 | 109.4 | 99.4 | 83.55 | 41.38 | 102.2 | 106.1 |
| 10.00 | 87.9 | 46.68 | 60.78 | 74.58 | 57.55 | 49.74 | 179.8 | 26.31 | 143.9 | 170.7 |
| 11.00 | 108 | 56.87 | 1.46 | 46.62 | 137.9 | 112 | 89.04 | 23.39 | 53.73 | 92.88 |
| 12.00 | 132 | 26.4 | 78.62 | 66.36 | 44.08 | 16.41 | 25.64 | 57.45 | 42.19 | 30.09 |
| 13.00 | 67.25 | 8.69 | 55.3 | 98.72 | 109.1 | 95.16 | 93.56 | 66.68 | 69.92 | 57.77 |
| 14.00 | 7.09 | 41.25 | 63.45 | 16.47 | 102.9 | 85.84 | 135.3 | 10.06 | 144 | 124 |
| 15.00 | 44.31 | 30.08 | 45.52 | 107.6 | 76.72 | 64.08 | 70.97 | 35.33 | 83.25 | 99.75 |
| 16.00 | 70.02 | 65.92 | 61.11 | 83.67 | 83.7 | 45.47 | 143.5 | 24.46 | 127.9 | 91.34 |
| 17.00 | 34 | 36.87 | 47.63 | 121.8 | 126.6 | 92.73 | 60.37 | 10.89 | 97.14 | 117.8 |
| 18.00 | 119.9 | 61.38 | 80.72 | 109.2 | 147.3 | 22.87 | 14.49 | 81 | 59.61 | 33.46 |
| 19.00 | 5.28 | 74.59 | 36.82 | 107.8 | 109.2 | 109.9 | 76.25 | 27.28 | 73.46 | 136.6 |
| 20.00 | 65.95 | 15.27 | 50.62 | 65.78 | 102.1 | 92.27 | 34.46 | 14.37 | 66.11 | 85.1 |
| 21.00 | 34.43 | 74.49 | 25.62 | 83.53 | 133.3 | 67.64 | 126.1 | 20.17 | 42.4 | 107.2 |
| 22.00 | 33.14 | 105.4 | 16.99 | 85.47 | 110.3 | 101 | 78.24 | 36.93 | 80.79 | 128.5 |
| 23.00 | 40.57 | 86.9 | 39.92 | 100.9 | 88.7 | 96.86 | 95.04 | 29.06 | 89.74 | 56.18 |
| 24.00 | 57.81 | 5.15 | 26.11 | 57.87 | 37.5 | 56.28 | 60.67 | 79.46 | 86.97 | 30.11 |
| 25.00 | 59.54 | 146.4 | 33.22 | 123.3 | 94.76 | 114.9 | 74.8 | 23.9 | 57.93 | 69.27 |
| 26.00 | 1.58 | 41.56 | 39.66 | 66.46 | 71.53 | 55.11 | 100.9 | 1.46 | 37.57 | 100.1 |

**Tabla 39.**

*Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de taladro de agosto-octubre 2021*

| Hora → Día ↓ | 08 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|
| 1.00 | 8.31 | 2.55 | 1.94 |
| 2.00 | 14.35 | 11.08 | 1.82 |
| 3.00 | 19.32 | 9.74 | 10.76 |
| 4.00 | 22.42 | 14.7 | 7.76 |
| 5.00 | 11.84 | 7.32 | 8.53 |
| 6.00 | 26.95 | 19.35 | 9.78 |
| 7.00 | 12.86 | 8.78 | 9.15 |
| 8.00 | 11.47 | 12.14 | 12.63 |
| 9.00 | 14.84 | 17.26 | 5.95 |
| 10.00 | 13.87 | 16.67 | 9.74 |
| 11.00 | 32.78 | 29.55 | 29.59 |
| 12.00 | 17.03 | 14.01 | 8.03 |
| 13.00 | 13.13 | 8.17 | 9.45 |
| 14.00 | 4.58 | 11.22 | 12.18 |
| 15.00 | 14.97 | 9.36 | 0.24 |
| 16.00 | 14.39 | 8.3 | 6.37 |
| 17.00 | 5.84 | 7.21 | 14.32 |
| 18.00 | 5.59 | 11.53 | 9.33 |
| 19.00 | 8.29 | 3.24 | 13.79 |
| 20.00 | 12.14 | 7.43 | 7.47 |
| 21.00 | 22.8 | 11.63 | 7.98 |
| 22.00 | 13.05 | 9.58 | 8.27 |
| 23.00 | 8.06 | 4.92 | 12.42 |
| 24.00 | 15.84 | 11.14 | 7.09 |
| 25.00 | 10.45 | 15 | 12.92 |
| 26.00 | 17.82 | 16.01 | 16.12 |

**Tabla 40.**

*Promedio de m2 acumulados por hora en proceso de Skill glass de agosto-octubre 2021*

| Hora → Día ↓ | 11 | 13 | 14 | 16 |
|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 18.08 | 31.53 | 22.28 | 36.69 |
| 2.00 | 26.58 | 32.21 | 32.86 | 29.85 |
| 3.00 | 32.15 | 15.57 | 21.24 | 12.15 |
| 4.00 | 28.4 | 14.76 | 38.46 | 13.49 |
| 5.00 | 21.11 | 23.18 | 12.17 | 48.8 |
| 6.00 | 16.85 | 26.36 | 11.62 | |
| 7.00 | 26.83 | 24.34 | 23.12 | 16.82 |
| 8.00 | 28.87 | 24.44 | 24.91 | 25.94 |
| 9.00 | 32.41 | 18.65 | 14 | 27.84 |
| 10.00 | 24.33 | 7.593 | 23.33 | 16.38 |
| 11.00 | 40.04 | 6.199 | 31.23 | 24.65 |
| 12.00 | 10.18 | 40.22 | 31.13 | 18.9 |
| 13.00 | 34.23 | 18.17 | 33.1 | 16.38 |
| 14.00 | 12.07 | 28.17 | 8.397 | 36.46 |
| 15.00 | 29.22 | 37.15 | 20.91 | 21.76 |
| 16.00 | 37.68 | 22.36 | 43.51 | 24.65 |
| 17.00 | 14.01 | 18.8 | 18.91 | 29.03 |
| 18.00 | 30.68 | 25.17 | 35.79 | 25.86 |
| 19.00 | 24.75 | 45.55 | 18.88 | 15.1 |
| 20.00 | 28.4 | 10.87 | 18.1 | 23.95 |
| 21.00 | 38.58 | 23.11 | 20.8 | 18.1 |
| 22.00 | 23.69 | 21.13 | 28.36 | 30.73 |
| 23.00 | 25.34 | 20.14 | 15.02 | 18.07 |
| 24.00 | 14.67 | 40.33 | 28.32 | 18.59 |
| 25.00 | 25.57 | 34.44 | 16.97 | 12.69 |
| 26.00 | 8.589 | 37.48 | 38.33 | 28.47 |

**Tabla 41.**

*Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de lavado de agosto -octubre 2021*

| Hora → Día ↓ | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 6.59 | 14.66 | 27.33 | 40.3 | 90.63 | 54.7 | 71.7 | 96.77 |
| 2.00 | 44.79 | 60.08 | 32.92 | 84.6 | 101.4 | 130 | 96.27 | 128.2 |
| 3.00 | 41.08 | 105.8 | 95.08 | 67.75 | 76.9 | 79.08 | 135.6 | 77.26 |
| 4.00 | 35.38 | 62.05 | 75.15 | 30.9 | 161.4 | 88.5 | 6.95 | 34.76 |
| 5.00 | 116.5 | 129.9 | 34.7 | 137 | 104.1 | 30.69 | 109.4 | 70.01 |
| 6.00 | 81.28 | 150.6 | 32.16 | 60.37 | 196.9 | 78.08 | 61.45 | 120.3 |
| 7.00 | 106.7 | 104.8 | 22.09 | 94.52 | 143 | 46.11 | 129.7 | 106.2 |
| 8.00 | 72.64 | 146 | 99.7 | 85.68 | 109.9 | 54.31 | 158.7 | 106.4 |
| 9.00 | 107.5 | 39.95 | 48.85 | 100.9 | 155.1 | 61.21 | 121.8 | 90.24 |
| 10.00 | 147.1 | 172.4 | 72.31 | 63.46 | 68.63 | 50.27 | 148.6 | 88.27 |
| 11.00 | 29.88 | 154.6 | 36.65 | 82.87 | 83.22 | 67.03 | 163.9 | 116.3 |
| 12.00 | 77.93 | 158.2 | 76.61 | 113.8 | 95.26 | 45.91 | 67.8 | 14.19 |
| 13.00 | 69.42 | 188.2 | 44.99 | 38.66 | 66.95 | 44.26 | 127.7 | 87.43 |
| 14.00 | 136.7 | 46.32 | 64.52 | 62.01 | 89.78 | 116.1 | 73.97 | 143.2 |
| 15.00 | 85.34 | 60.39 | 47.99 | 34.63 | 49.39 | 79.82 | 70.64 | 57.57 |
| 16.00 | 47.05 | 19.77 | 41.12 | 34.98 | 56.79 | 35.58 | 101.2 | 119.8 |
| 17.00 | 77.59 | 139.2 | 18.02 | 70.79 | 43.01 | 43.61 | 105.6 | 78.14 |
| 18.00 | 76.89 | 78.2 | 78.94 | 94.25 | 190.5 | 83.16 | 40.66 | 35.99 |
| 19.00 | 118.7 | 84.65 | 88.93 | 70.13 | 83.38 | 85.96 | 107.4 | 137.9 |
| 20.00 | 115.5 | 111.2 | 103.4 | 133 | 32.27 | 44.21 | 88.91 | 33.73 |
| 21.00 | 123.3 | 76.96 | 89.76 | 41.02 | 76.51 | 39.65 | 112.1 | 112.2 |
| 22.00 | 105.4 | 63.59 | 89.65 | 46.51 | 49.14 | 54.37 | 48.47 | 53.46 |
| 23.00 | 27.02 | 33.41 | 67.19 | 58.94 | 124.3 | 36.38 | 62.76 | 93.65 |
| 24.00 | 85.52 | 124.1 | 58.76 | 19.15 | 35.47 | 42.05 | 8.57 | 104.3 |
| 25.00 | 56.28 | 90.66 | 58.16 | 74.33 | 104.4 | 79.89 | 148.5 | 88.58 |
| 26.00 | 121.2 | 97.58 | 27.54 | 63.29 | 38.86 | 70.55 | 136.1 | 90.66 |

**Tabla 42.**

*Promedio de m2 acumulados por hora en el proceso de horno de agosto - octubre 2021*

| Hora → Día ↓ | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 63.46 | 89.77 | 60.41 | 87.51 | 64.52 | 73.3 | 73.89 | 104.3 | 74.1 | 62.36 | 73.35 |
| 2.00 | 77.38 | 102.7 | 89.56 | 70.35 | 72.52 | 93.09 | 70.29 | 64.02 | 68.34 | 70.83 | 68.46 |
| 3.00 | 43.12 | 64.35 | 75.8 | 43.1 | 41.54 | 29.94 | 31.97 | 54.69 | 34.23 | 35.85 | 46.39 |
| 4.00 | 71.02 | 91.52 | 106.3 | 75.78 | 77.65 | 62.32 | 76.69 | 85.81 | 73.18 | 74.47 | 86.34 |
| 5.00 | 73.95 | 88.85 | 70.96 | 78.24 | 83.97 | 81.8 | 89.33 | 83.5 | 46.1 | 68.52 | 80.89 |
| 6.00 | 63.71 | 91.66 | 98.02 | 73.24 | 100.7 | 84.32 | 82.76 | 76.7 | 38.62 | 45.12 | 36.26 |
| 7.00 | 46.07 | 71.72 | 81.51 | 56.32 | 62.32 | 81.43 | 64.5 | 81.87 | 73.84 | 84.57 | 82.1 |
| 8.00 | 78.39 | 71.59 | 66.68 | 70.99 | 78.2 | 71.15 | 61.73 | 68.64 | 63.99 | 70.72 | 77.31 |
| 9.00 | 61.63 | 78.08 | 84.8 | 83.31 | 84.38 | 63.08 | 83.45 | 79.97 | 62.75 | 67.16 | 83.74 |
| 10.00 | 55.56 | 74.78 | 84.53 | 85.63 | 68.83 | 94.46 | 79.41 | 90.36 | 67.76 | 86.76 | 79.22 |
| 11.00 | 61.22 | 65.14 | 99.73 | 50.41 | 94.69 | 81.79 | 82.08 | 95.92 | 81.76 | 95.49 | 60.63 |
| 12.00 | 58.93 | 74.52 | 100.7 | 70.64 | 61.79 | 79.68 | 79.75 | 59.45 | 39.56 | 36.42 | 34.58 |
| 13.00 | 52.05 | 76.4 | 69.45 | 61.41 | 86.31 | 73.15 | 77.89 | 88.49 | 65.62 | 76.72 | 74.12 |
| 14.00 | 57.38 | 78.29 | 104 | 88.19 | 62.74 | 71.32 | 70.53 | 69.66 | 77.36 | 56.25 | 73.93 |
| 15.00 | 57.99 | 69.94 | 117.9 | 72.47 | 71.31 | 87.19 | 77.74 | 84.58 | 51.87 | 89.43 | 58.5 |
| 16.00 | 63.25 | 66.14 | 79.06 | 79.38 | 65.23 | 86.42 | 69.39 | 72.07 | 68.98 | 71.35 | 89.41 |
| 17.00 | 43.36 | 72.48 | 82.87 | 44.79 | 63.83 | 50.44 | 79.1 | 71.91 | 48.92 | 73.28 | 65.21 |
| 18.00 | 69.29 | 78.15 | 80.69 | 77.76 | 67.91 | 84.04 | 62.05 | 59.03 | 54.12 | 46.66 | 36.63 |
| 19.00 | 56.83 | 80.98 | 65.33 | 62.46 | 70.22 | 75.89 | 82.17 | 61.88 | 73.55 | 88.55 | 84.21 |
| 20.00 | 70.7 | 111.5 | 91.72 | 85.11 | 88.27 | 89.78 | 53.39 | 63.86 | 74.2 | 69.27 | 60.16 |
| 21.00 | 68.96 | 79.9 | 70.64 | 56.8 | 75.09 | 80.03 | 87.52 | 101.2 | 65.96 | 75.52 | 84.73 |
| 22.00 | 52.46 | 80 | 77.98 | 62.14 | 79.51 | 72.84 | 69.86 | 74.44 | 51.7 | 77.62 | 53.72 |
| 23.00 | 55.11 | 89.58 | 64.91 | 92.21 | 85.49 | 69.38 | 76.75 | 64.34 | 60.67 | 88.97 | 64.17 |
| 24.00 | 54.97 | 73.32 | 70.34 | 61.4 | 64.47 | 85.08 | 74.48 | 55.07 | 57.58 | 63.4 | 48.48 |
| 25.00 | 60.74 | 74.37 | 60.69 | 82.74 | 67.19 | 64.37 | 62.99 | 71.22 | 45.56 | 71.47 | 91.84 |
| 26.00 | 37.65 | 84.39 | 68.29 | 61.18 | 58.04 | 59.25 | 71.94 | 91.31 | 63.54 | 76.13 | 75.11 |

**Tabla 43.**

*Condiciones iniciales del proceso corte en el 2020*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am - 2pm | 6 | 1 | 6 | 1 | 6 | 1 | 6 | 1 | 6 | 1 | 5.5 | 1 | | |
| 2pm - 10pm | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | | | | |
| 10pm-6am | | | | | | | | | | | | | | |
| Totales | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 5.5 | 1 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | | 48 |
| | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | | 11 |

**Tabla 44.**

*Condiciones iniciales del proceso pulido en el 2020*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am - 2pm | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | | |
| 2pm - 10pm | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | | |
| 10pm-6am | | | | | | | | | | | | | | |
| Totales | 16 | 6 | 16 | 6 | 16 | 6 | 16 | 6 | 16 | 6 | 16 | 6 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | | 96 |
| | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | | 36 |

**Tabla 45.**

*Condiciones iniciales del proceso taladro en el 2020*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am - 2pm | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 5.5 | 2 | | |
| 2pm - 10pm | 2.5 | 2 | 2.5 | 2 | 2.5 | 2 | 2.5 | 2 | 2.5 | 2 | | | | |
| 10pm-6am | | | | | | | | | | | | | | |
| Totales | 8.5 | 4 | 8.5 | 4 | 8.5 | 4 | 8.5 | 4 | 8.5 | 4 | 5.5 | 2 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | | 48 |
| | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | | 22 |

**Tabla 46.**

*Condiciones iniciales del proceso skill glass en el 2020*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am - 2pm | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | | |
| 2pm - 10pm | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | | |
| 10pm-6am | 8 | 1 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 8 | 1 | 8 | 1 | | |
| Totales | 24 | 5 | 16 | 4 | 24 | 5 | 16 | 4 | 24 | 5 | 24 | 5 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | | 128 |
| | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | | 28 |

**Tabla 47.**

*Condiciones iniciales del proceso lavado en el 2020*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am-2pm | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | | |
| 2pm-10pm | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | | | | |
| 10pm-6am | | | | | | | | | | | | | | |
| Totales | 16 | 2 | 16 | 2 | 16 | 2 | 16 | 2 | 16 | 2 | 8 | 1 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | | 88 |
| | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | | 11 |

**Tabla 48.**

*Condiciones iniciales del proceso horno en el 2020*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am-2pm | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | | |
| 2pm-10pm | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | | |
| 10pm-6am | 7 | 2 | 7 | 2 | 7 | 2 | 7 | 2 | 7 | 2 | | | 7 | 2 |
| | 19 | 6 | 19 | 6 | 19 | 6 | 19 | 6 | 19 | 6 | 11 | 4 | 7 | 2 |
| | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | | 113 |
| | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | | 36 |

**Tabla 49.**

*Condiciones finales del proceso corte en el 2021*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am - 2pm | 6 | 1 | 8 | 1 | 6 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | 7 | 1 | | |
| 2pm - 10pm | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | | | | |
| 10pm-6am | | | | | | | | | | | | | | |
| Totales | 8.5 | 2 | 10.5 | 2 | 8.5 | 2 | 10.5 | 2 | 10.5 | 2 | 7 | 1 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | | 55.5 |
| | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | | 11 |

**Tabla 50.**

*Condiciones finales del proceso pulido en el 2021*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am - 2pm | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | | |
| 2pm - 10pm | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 4 | 3 | 8 | 3 |
| 10pm-6am | 8 | 1 | 8 | 2 | 8 | 1 | 8 | 2 | 8 | 1 | | | 8 | 2 |
| Totales | 24 | 7 | 24 | 8 | 24 | 7 | 24 | 8 | 24 | 7 | 12 | 6 | 16 | 5 |
| | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | | 148 |
| | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | | 48 |

**Tabla 51.**

*Condiciones finales del proceso taladro en el 2021*

| **Horario** | **Lunes** | | **Martes** | | **Miércoles** | | **Jueves** | | **Viernes** | | **Sábado** | | **Domingo** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *Máquinas* |
| 6am-2pm | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 5.5 | 2 | | |
| 2pm-10pm | 2.5 | 2 | 2.5 | 2 | 2.5 | 2 | 2.5 | 2 | 2.5 | 2 | | | | |
| 10pm-6am | | | | | | | | | | | | | | |
| Totales | 8.5 | 4 | 8.5 | 4 | 8.5 | 4 | 8.5 | 4 | 8.5 | 4 | 5.5 | 2 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | 48 |
| | | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | 22 |

**Tabla 52.**

*Condiciones finales del proceso skill glass en el 2021*

| **Horario** | **Lunes** | | **Martes** | | **Miércoles** | | **Jueves** | | **Viernes** | | **Sábado** | | **Domingo** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am-2pm | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | | |
| 2pm-10pm | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 4 | 2 | 8 | 2 |
| 10pm-6am | 8 | 1 | | | 8 | 1 | 8 | 1 | | | | | 8 | 0 |
| Totales | 24 | 7 | 16 | 6 | 24 | 7 | 24 | 7 | 16 | 6 | 12 | 5 | 16 | 2 |
| | | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | 132 |
| | | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | 40 |

**Tabla 53.**

*Condiciones finales del proceso lavado en el 2021*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am-2pm | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | | |
| 2pm-10pm | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 4 | 1 | 8 | 1 |
| 10pm-6am | | | | | | | | | | | | | 2 | 1 |
| Totales | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 12 | 3 | 10 | 2 |
| | | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | 102 |
| | | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | 25 |

**Tabla 54.**

*Condiciones finales del proceso horno en el 2021*

| Horario | Lunes | | Martes | | Miércoles | | Jueves | | Viernes | | Sábado | | Domingo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* | *Horas* | *máquinas* |
| 6am-2:30pm | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 8.5 | 2 | 6.4 | 2 |
| 2pm-10pm | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 8 | 2 | 4 | 2 |
| 10pm-6am | 7 | 2 | 7 | 2 | 7 | 2 | 7 | 2 | 7 | 2 | | | 5 | 2 |
| | 23.5 | 6 | 23.5 | 6 | 23.5 | 6 | 23.5 | 6 | 23.5 | 6 | 16.5 | 4 | 15.4 | 6 |
| | | | | | | | | | | | | Total Horas Hombre | | 149.4 |
| | | | | | | | | | | | | Total Máquinas | | 40 |