



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Gestión Industrial

**APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE  
PUERTAS Y VENTANAS TIPO EUROPEAS, PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD  
INSTALADA**

**Esteban Abraham Santizo Sulecio**

Asesorado por el MSc. Ing. Nestor Alejandro Patzán Chitay

Guatemala, noviembre de 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE  
PUERTAS Y VENTANAS TIPO EUROPEAS, PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD  
INSTALADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ESTEBAN ABRAHAM SANTIZO SULECIO**

ASESORADO POR EL MSC. ING. NESTOR ALEJANDRO PATZÁN CHITAY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic Garcia
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León García
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

**JURADO EVALUADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DIRECTOR	Msc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
COORDINADOR	MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
COORDINADOR	Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
EVALUADOR	MSc. Ing. Pedro Miguel Agreda Giron
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

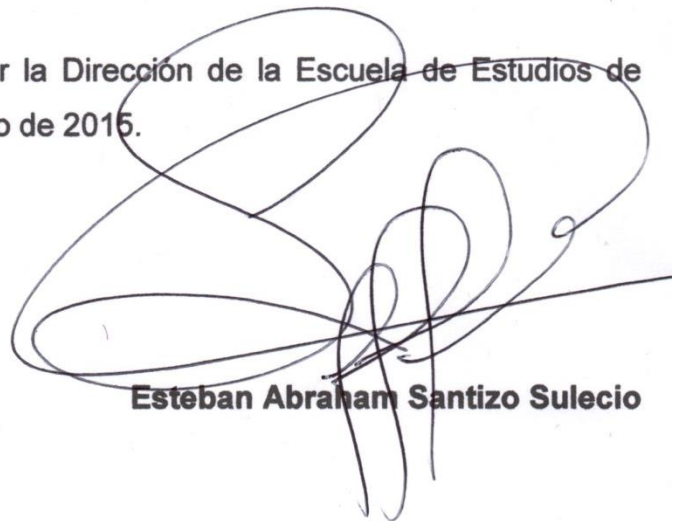


## HONORABLE JURADO EVALUADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PUERTAS Y VENTANAS TIPO EUROPEAS, PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 14 de febrero de 2015.

A large, stylized handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

**Esteban Abraham Santizo Sulecio**







FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

Ref. APT-2015-049

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Gestión Industrial titulado: **"APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PUERTAS Y VENTANAS TIPO EUROPEAS, PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA** presentado por el Ingeniero Industrial **Esteban Abraham Santizo Sulecio** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
DECANO

Guatemala, Noviembre de 2015.



Cc: archivo  
/la





FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2015-049

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de Graduación titulado **"APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PUERTAS Y VENTANAS TIPO EUROPEAS, PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA"** presentado por el Ingeniero Industrial **Esteban Abraham Santizo Sulecio**, correspondiente al programa de Maestría en Gestión Industrial; apruebo y autorizo el mismo.

*"Id y Enseñad a Todos"*

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Noviembre de 2015.

Cc: archivo  
/la






FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2015-049

Como Coordinador de la Maestría en Gestión Industrial y revisor del Trabajo de Graduación titulado "APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PUERTAS Y VENTANAS TIPO EUROPEAS, PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA" presentado por el Ingeniero Industrial **Esteban Abraham Santizo Sulecio**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

  
MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador de Maestría  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Noviembre de 2015.

Cc: archivo  
/la



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios todopoderoso</b>	Por sus infinitas bendiciones y misericordia.
<b>Mi patria</b>	Guatemala, tierra a la que amo y debo tanto.
<b>Mi padre</b>	Eduardo Santizo, quien con su irrefutable integridad impone en mí, el reto de ser como él.
<b>Mi madre</b>	Yolanda Sulecio, por ser el medio que Dios ha utilizado para bendecirme en esta tierra. Eternamente estaré en deuda.
<b>Mis hermanos</b>	Enoc, Hiram, Ester, Aída y Pablo Santizo Sulecio.
<b>Mis sobrinos</b>	Josué, Rodrigo y Camila Santizo Álvarez; Marissa Santizo de Matta; Sofía y Jimena Estrada Santizo; Andrés y Adrián Santizo Hernández y Marcela Mejía Santizo.





## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haberme concedido el privilegio de formarme académicamente en tan prestigiosa casa de estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por su magnánimo aporte en mi formación profesional.
<b>Escuela de Estudios de Postgrado</b>	Por haberme proporcionado herramientas y técnicas competitivas.
<b>Dra. Rodríguez</b>	Por su valiosa enseñanza y apoyo en los cursos de seminario.
<b>Ingeniero</b>	Nestor Patzán, por haberme asesorado en el planteamiento y desarrollo de la investigación.
<b>Ingeniero</b>	Álvaro Moreira, por darme la oportunidad de desarrollar el trabajo de graduación en la compañía que dirige, desde el área de operaciones.

**Compañeros y amigos**

Ramón Juárez, Fernando Aguilar, Ligia Martínez, Karla Reyes, Javier Ponce y Ricardo Paz; porque su compañía en la maestría enriqueció mi perspectiva laboral.



	1.3.2.1.	Distancia mínima a mover .....	8
	1.3.2.2.	Circulación o flujo de materiales.....	8
	1.3.2.3.	Satisfacción y seguridad.....	8
	1.3.2.4.	Flexibilidad .....	9
1.4.		Factores que inciden en un bajo rendimiento de la producción.....	9
	1.4.1.	Control para el suministro de materiales .....	9
	1.4.2.	Uso de la máquina y equipo .....	10
	1.4.3.	Capacidad de los operarios.....	10
	1.4.4.	Control de calidad en el proceso .....	10
2.		MANUFACTURA ESBELTA .....	11
	2.1.	Definición de la manufactura esbelta .....	11
	2.2.	Los cinco principios de la manufactura esbelta.....	12
	2.2.1.	Valor desde la perspectiva del cliente .....	12
	2.2.2.	Identificación, estudio y mejora del valor del proceso.....	13
	2.2.3.	Flujo de proceso simple, uniforme y libre de errores.....	13
	2.2.4.	Producción a requisición del cliente .....	13
	2.2.5.	Esfuerzo en la perfección .....	14
	2.3.	Los siete desperdicios del proceso .....	14
	2.4.	El balance de tiempo en las operaciones.....	19
	2.4.1.	<i>Takt time</i> .....	19
	2.4.2.	Pared de balanceo .....	19
	2.5.	Control del flujo con el sistema <i>Kanban</i> .....	21
	2.6.	<i>Kaizen</i> o mejoramiento continuo .....	22
	2.7.	Cambios de la distribución física.....	23

2.7.1.	La evolución hacia grupo tecnológico (GT) o manufactura celular .....	23
2.8.	Mapeo de la cadena de valor .....	23
2.8.1.	Simbología utilizada en el mapeo de la cadena de valor .....	25
2.9.	Garantía de la calidad.....	27
3.	CAPACIDAD INSTALADA.....	29
3.1.	Definición de capacidad instalada .....	29
3.2.	Indicador de la capacidad instalada .....	30
3.3.	Tipos de capacidad en un sistema productivo.....	31
3.3.1.	Capacidad máxima .....	31
3.3.2.	Capacidad ociosa .....	31
3.3.3.	Capacidad de operación .....	32
3.3.4.	Capacidad excedente .....	32
3.3.5.	Capacidad insuficiente.....	32
4.	INGENIERÍA DE MÉTODOS.....	33
4.1.	Definición y objetivos de la ingeniería de métodos.....	33
4.1.1.	Definición de la ingeniería de métodos .....	33
4.1.2.	Objetivos de la ingeniería de métodos.....	35
4.2.	Análisis del proceso.....	36
4.2.1.	Diagrama de procesos de flujo .....	36
4.2.2.	Diagrama de recorrido o de circulación .....	37
4.3.	Análisis del método de trabajo.....	38
4.3.1.	Técnicas para el análisis del trabajo.....	38
4.4.	Estudio de tiempos y estándares.....	39
4.4.1.	Tiempo cronometrado.....	39
4.4.1.1.	Método regreso a cero.....	39

	4.4.1.2.	Método continuo.....	40
4.4.2.		Tiempo normal .....	40
	4.4.2.1.	Métodos para la calificación del método de trabajo .....	41
4.4.3.		Tiempo estándar o tipo.....	41
	4.4.3.1.	Holgura y suplementos.....	41
4.4.4.		Muestreo del trabajo.....	42
5.		DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	43
5.1.		Descripción del proceso de fabricación de puertas y ventanas tipo europeas.....	43
	5.1.1.	Corte .....	43
	5.1.2.	Troquel .....	44
	5.1.3.	Ensamble .....	46
	5.1.4.	Montaje de vidrio .....	48
	5.1.5.	Gama de productos.....	50
		5.1.5.1. Puertas.....	50
		5.1.5.2. Ventanas .....	50
		5.1.5.3. Ventilación.....	51
	5.1.6.	Diagnóstico de la situación actual .....	51
5.2.		Determinación de la capacidad instalada.....	56
	5.2.1.	Criterio para la determinación de aumento significativo en la capacidad instalada .....	57
	5.2.2.	Selección de productos con mayor frecuencia de ventas reales .....	58
5.3.		Determinación del proceso restrictivo del sistema de producción.....	59
	5.3.1.	Cronometración de tiempos de operación.....	59
		5.3.1.1. Área de corte.....	59

	5.3.1.2.	Área de troqueles .....	62
	5.3.1.3.	Área de ensamble.....	66
	5.3.1.4.	Área de montaje de vidrio .....	74
	5.3.2.	Normalización y estandarización .....	76
	5.3.3.	Análisis de pared de balanceo.....	77
5.4.		Identificación de desperdicios generados en el proceso de producción.....	79
	5.4.1.	Levantamiento, recolección y análisis de información sobre desperdicios en el personal del taller .....	79
	5.4.2.	Mapeo de la cadena de valor para la identificación de desperdicios en el proceso.....	82
5.5.		Elaboración de plan piloto .....	86
	5.5.1.	Análisis de las operaciones .....	86
	5.5.2.	Conformación de célula de manufactura .....	88
	5.5.3.	División de las operaciones, balance de línea .....	89
	5.5.4.	<i>Layout</i> de la célula de manufactura .....	92
	5.5.4.1.	Cambios implícitos en la conformación de la célula de manufactura.....	92
	5.5.5.	Priorización de proyectos de mejora.....	93
	5.5.6.	Planificación de mejoras en el proceso .....	95
	5.5.6.1.	Alternativa D. Accesorios repartidos de forma diferente / rápida.....	95
	5.5.6.2.	Alternativa G. Dispensadores de felpa y empaque acoplados a estaciones de ensamble .....	96

5.5.6.3.	Alternativa F. Carretilla tipo panel para transporte de perfiles cortados y troquelados a ensamblar .....	97
5.5.7.	Selección de lote a trabajar en plan piloto.....	99
5.5.8.	Variables cualitativas y cuantitativas a controlar en ensayo de solución.....	102
6.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	105
6.1.	Mejoras implementadas en el proceso.....	105
6.1.1.	Nuevo sistema de transporte de inventario .....	105
6.1.2.	Nuevo sistema de dispensadores para felpa y empaque .....	107
6.2.	Ejecución de plan piloto .....	108
6.3.	Reporte del plan ensayado .....	111
6.4.	Análisis takt time de plan piloto .....	112
6.5.	Mapeo de la cadena de valor plan piloto.....	114
6.6.	Plan de aseguramiento de las mejoras implementadas .....	115
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	117
7.1.	Comparación de desperdicios.....	117
7.2.	Incremento de la capacidad instalada .....	119
7.3.	Factores restrictivos para el incremento de la capacidad instalada.....	121
7.4.	Consecuencias de la investigación .....	122
7.5.	Propuestas afines al tema de investigación .....	123



CONCLUSIONES .....	125
RECOMENDACIONES .....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
APÉNDICE.....	135
ANEXOS .....	139



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Esquema del sistema de gestión de la empresa en estudio .....	XXII
2.	Esquema del sistema productivo .....	XXII
3.	Definición de variables de la productividad .....	4
4.	Identificación y eliminación de desperdicios.....	17
5.	Descomposición del tiempo de fabricación .....	18
6.	Gráfico pared de balanceo 1 .....	20
7.	Gráfico pared de balanceo 2.....	21
8.	Descomposición del tiempo de fabricación .....	35
9.	Estación de trabajo en el área de corte.....	44
10.	Almacenaje actual de perfiles .....	46
11.	Estación de trabajo en el área de ensamble .....	48
12.	Estación de trabajo en el área de montaje de vidrio .....	49
13.	Ventanas proyectables.....	51
14.	Paros provocados por áreas en ensamble.....	52
15.	Diagrama de recorrido.....	54
16.	Historial de producción.....	56
17.	Frecuencia de productos en demanda real .....	58
18.	Diagrama de operaciones del área de corte .....	61
19.	Diagrama de operaciones del área de troqueles.....	65
20.	Diagrama de operaciones ensamble de marco proyectable .....	69
21.	Diagrama de operaciones ensamble de hoja y marco de ventana proyectable.....	70
22.	Diagrama de operaciones ensamble ventana fija .....	71
23.	Diagrama de operaciones ensamblaje de hoja corrediza .....	72
24.	Diagrama de operaciones ensamblaje de marco corrediza .....	73

25.	Diagrama de operaciones montaje de vidrio.....	75
26.	Pared de balanceo empresa productora de puertas y ventanas europeas.....	78
27.	Resultados de encuesta realizada al sector operativo.....	81
28.	Mapeo de la cadena de valor situación actual .....	82
29.	Distribución del tiempo en el proceso .....	84
30.	Flujo de la cadena de valor con mejoras identificadas.....	85
31.	Análisis de campo de fuerzas célula de manufactura .....	88
32.	Layout propuesto de célula de manufactura .....	92
33.	Vista en tres dimensiones de dispensadores en estación de ensamble .	96
34.	Plano parte lateral y vista de planta carretilla tipo panal .....	98
35.	Estructura en tres dimensiones de carretilla tipo panal.....	98
36.	Vista final en tres dimensiones de carretilla tipo panal .....	99
37.	Carretilla tipo panal construida .....	106
38.	Dispensadores para felpa y empaque .....	108
39.	Colocación de inventario en carretillas .....	109
40.	Conformación de célula de manufactura .....	109
41.	Flujo de la célula de manufactura .....	110
42.	Área de montaje de vidrio durante el ensayo.....	111
43.	Análisis pared de balanceo de plan piloto.....	113
44.	Mapeo de la cadena de valor en plan piloto .....	114

## TABLAS

I.	Variables de la productividad .....	3
II.	Las siete formas de desperdicio .....	15
III.	Simbología en el mapeo de la cadena de valor .....	26
IV.	Clasificación de acciones en un proceso .....	37
V.	Comprobación de análisis.....	38
VI.	Paros observados en el área de ensamble.....	52
VII.	Cuadro de resumen del diagrama de recorrido.....	55
VIII.	Cálculo de la capacidad instalada máxima .....	57
IX.	Tiempo cronometrado en el área de corte .....	60
X.	Tiempo cronometrado agujeros de ensamble.....	62
XI.	Tiempo cronometrado agujeros de drenaje .....	63
XII.	Tiempo cronometrado agujeros para mecanismo flexible.....	64
XIII.	Tiempo cronometrado total .....	64
XIV.	Tiempo cronometrado ensamble de ventana proyectable .....	66
XV.	Tiempo cronometrado ensamble de ventana fija .....	67
XVI.	Tiempo cronometrado ensamble ventana corrediza .....	68
XVII.	Tiempo cronometrado ensamble de vidrio en ventanas y puertas.....	74
XVIII.	Calificación del trabajo .....	76
XIX.	Holguras o suplementos .....	76
XX.	Tiempos de operación estándar corte, troquel y montaje de vidrio....	77
XXI.	Tiempos de operación estándar ensamble .....	77
XXII.	Análisis AV o NAV .....	83
XXIII.	Balance de líneas para fijos, proyectables y corredizas .....	90
XXIV.	Distribución de operaciones ensamble proyectable.....	91
XXV.	Distribución de operaciones ensamble corrediza.....	91
XXVI.	Alternativas de proyectos <i>kaizen</i> .....	93

XXVII.	Matriz de priorización de proyectos <i>kaizen</i> .....	94
XXVIII.	Cronograma de fabricación plan piloto .....	100
XXIX.	Costeo de insumos utilizados en la construcción de carretillas .....	107
XXX.	Costeo de insumos utilizados en los dispensadores .....	108
XXXI.	Tiempo corte y troquel prueba piloto .....	111
XXXII.	Tiempo ensamble prueba piloto .....	112
XXXIII.	Tiempo de montaje prueba piloto .....	112
XXXIV.	Plan de aseguramiento de las mejoras implementadas .....	115
XXXV.	Seguimiento de desperdicios felpa y empaque .....	116
XXXVI.	Extrapolación de producción del plan piloto .....	120

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>E</b>	Eficiencia
<b>GT</b>	Grupo tecnológico
<b>IP</b>	Índice de productividad
<b>TC</b>	Tiempo cronometrado
<b>TE</b>	Tiempo estándar
<b>TEP</b>	Tiempo efectivo en el proceso.
<b>TN</b>	Tiempo normal
<b>TPS</b>	<i>Toyota Production System.</i> Sistema de Producción Toyota.
<b>TTP</b>	Tiempo total del proceso.
<b>VSM</b>	<i>Value Stream Map.</i> Mapeo de la cadena de valor.
<b>%</b>	Porcentaje





## GLOSARIO

<b>Accesorios</b>	Mecanismos varios utilizados para el ensamble de las ventanas y puertas.
<b>Ancho</b>	Pieza de perfil de aluminio que se coloca en posición horizontal en un marco.
<b>ASME</b>	<i>American Society of Mechanical Engineers.</i> Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos
<b>Capacidad instalada</b>	Cantidad de artículos que se pueden obtener en un sistema productivo, considerando la dimensión tiempo.
<b>Célula de manufactura</b>	Arreglo de gente, máquinas, materiales y métodos, con procesos secuenciales a través de las cuales pueden ser procesadas artículos en flujo continuo.
<b>Cuello de botella</b>	Proceso, políticas o recursos que restringe la cantidad de artículos fabricados en un sistema productivo.
<b>Desperdicio</b>	Cualquier actividad o recurso utilizado en un proceso que no agrega valor al producto, más si costos.

<b>Empaques</b>	Polímeros en formas tubulares irregulares utilizados para el sellado hermético de las puertas y ventanas.
<b>Familia de productos</b>	Grupo conformado por artículos que tienen características afines.
<b>Felpa</b>	Cintillo con superficie de pelusa, que inhibe la entrada de polvo a través de ranuras.
<b><i>Kanban</i></b>	Mecanismo utilizado para liberar materiales de un proceso anterior al subsecuente.
<b>Largo</b>	Pieza de perfil de aluminio que se coloca en posición vertical en un marco.
<b>Manufactura esbelta</b>	Metodología utilizada para eliminar desperdicios en un proceso.
<b>Marco</b>	Medida de productividad del sistema de producción de puertas y ventanas europeas. Consiste en el ensamble de dos anchos y dos largos.
<b>Muda</b>	Palabra japonesa, con la que es referido el desperdicio.
<b>Lote u obra</b>	Es el sinónimo utilizado para referirse a la orden específica de un cliente.

<b>Proceso</b>	Conjunto de actividades interrelacionadas que son realizadas para producir un resultado.
<b><i>Rack</i></b>	Facilitador sobre el cual se carga inventario ya sea de materia prima, de producto en proceso o terminado
<b><i>Takt Time</i></b>	Se refiere a la tasa de producción a la cual deberá producirse considerando el tiempo disponible y la demanda.
<b>Vano</b>	Agujero en una pared de construcción donde se ensambla una puerta o ventana.



## RESUMEN

La investigación que se presenta posee la ventaja de ser teórico-práctica, a través del marco teórico se exploran los fundamentos que conducen a la toma de acciones en la ejecución de la investigación, en la que se responde la interrogante: ¿en qué medida la aplicación de la manufactura esbelta en la empresa productora de puertas y ventanas europeas puede incrementar su capacidad instalada?

La manufactura esbelta, nacida del milagro japonés de Toyota provee de muchos beneficios en los sistemas de producción. Se presenta la aplicación de herramientas como células de manufactura y ejecución de proyectos *kaizen*, con el fin de reducir los desperdicios en un proceso para incrementar la capacidad instalada. Haciendo notar, que para la conformación de células de manufactura es necesario emplear la ingeniería de métodos, para conseguir la estandarización y división de las operaciones.

Estructurada en cinco partes, la investigación describe el proceso de producción que se somete a estudio, se determina la capacidad instalada a través de intervalos de confianza. Posteriormente, se determinará el proceso restrictivo del sistema sobre el cual se centra la optimización de tiempos y reducción de desperdicios, que se logra empleando la técnica del mapeo de la cadena de valor.

Por último, se planifica y ejecuta un plan piloto que pone en evidencia el aumento de la capacidad instalada, con una configuración diferente de producción, políticas y distribución de materiales; que sin lugar a duda servirá

de referencia para empresas que deseen incrementar su capacidad instalada, retando el *statu quo* de sus procesos, a través del análisis que da la aplicación de la manufactura esbelta.

La investigación concluye que el proceso restrictivo del sistema es el área de ensamble, proceso identificado en el que se centra la investigación, porque incrementar la capacidad de producción en un recurso tipo cuello de botella que equivaldría a incrementar; la del sistema en su totalidad. El estudio de estandarización de tiempos complementa a la técnica del mapeo de la cadena de valor donde se hacen evidentes los almacenajes innecesarios traducidos a tiempo inmovilizado de inventario, paros de producción entre cambios de lotes, políticas de distribución de materiales deficientes y desperdicio de materia prima por concepto de perfiles de aluminio, felpa y empaque.

Se suma a los diversos análisis, los proyectos de mejora o *kaizen* implementados durante el desarrollo de la investigación. Los proyectos de corta duración son: carretillas tipo panal –que permite la movilización de perfiles por lotes en los tres primeros procesos, similar al método *kanban*-, dispensadores de felpa y empaque –para reducir los desperdicios por estos materiales- y por último, la división del trabajo y artículos fabricados en la célula de manufactura.

Los proyectos *kaizen* en el plan piloto contribuyen a alcanzar resultados significativos que dejan de ser teóricos y se comprueban en la dimensión de la realidad objetiva. Así finalmente, se obtiene un porcentaje puntual de incremento en la capacidad instalada del sistema productivo de la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas.

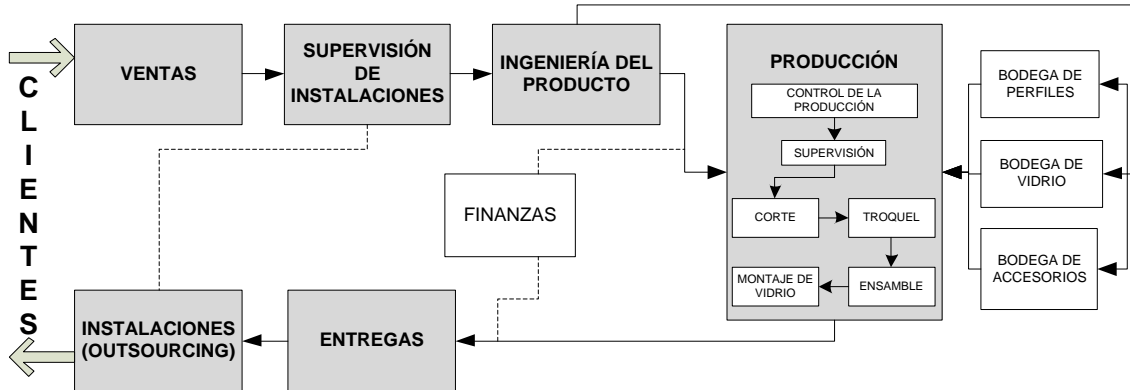
## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

La empresa dedicada a la fabricación de puertas y ventanas tipo europeas, de capital extranjero tiene más de veinte años de existir en el mercado guatemalteco. Nace en Guatemala al encontrar la oportunidad de ofrecer diseños innovadores en puertas y ventanas que solo eran conocidos en Europa a un mercado potencial en Centro y Sur América. De allí deriva la distinción “ventanas y puertas tipo europeas” para diferenciar a estos de los que ya se ofrecían en el sector construcción. Donde las diferencias principales radican en: perfil texturizado de aluminio –que por sus propiedades fisicoquímicas no permite la corrosión-, accesorios fabricados en Italia y Francia necesarios para la apertura de las puertas y ventanas, cortes a 45° en las uniones que contrasta con los cortes a 90° en las ventanas de PVC, etc.

Por la naturaleza de los bienes que provee se encuentra sujeta a los cambios estacionales del sector construcción, enfocándose al segmento de personas de ingresos medios-altos como proyectos de gran prestigio.

A nivel macro, la organización cuenta con siete departamentos: ventas busca y concreta los pedidos, supervisión de instalaciones toma las medidas en la obra de construcción, ingeniería del producto genera las órdenes de producción, diseños y listas de materiales necesarios, la gerencia de operaciones programa las órdenes de producción. Al contar con el aval de pago por finanzas se despacha la orden por medio del departamento de entregas, instalaciones (*outsourcing*) bajo la supervisión interna de la empresa instala las ventanas y puertas en la obra de construcción.

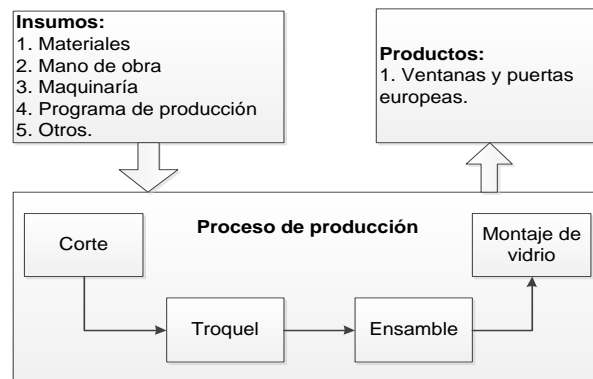
Figura 1. Esquema del sistema de gestión de la empresa en estudio



Fuente: elaboración propia.

La configuración de fabricación para la empresa en estudio toma como sistema de producción, un taller de operaciones (intermitente). Su gama de productos es extensa, dividiéndose en tres categorías: puertas, ventanería y ventilación. Con las áreas de corte, troquel, ensamble y montaje de vidrio. Cuenta con operadores distribuidos en las áreas mencionadas que sobrepasa de treinta trabajadores. La secuencia se muestra en la figura 2.

Figura 2. Esquema del sistema productivo



Fuente: elaboración propia.



La empresa opera a nivel regional, con proyectos en los cuales el cliente busca puertas y ventanas sofisticadas; absorbe en su mayor parte los proyectos que se generan en el país como en la región que va desde el Caribe, pasando por Centroamérica y llegando a ciertos países del cono Sur. Es una empresa con productos altamente diferenciados y exclusivos en el medio de la construcción.

### **Descripción del problema**

Basado en la observación sistemática del proceso productivo de puertas y ventanas tipo europeas, se puede argumentar que existen deficiencias que son susceptibles de ser superadas.

Las deficiencias se traducen a la realidad objetiva del sistema de producción de las puertas y ventanas en desperdicios de tiempo por diversas razones, como: recorridos innecesarios, desperdicio de materiales así como manipulación excesiva de los mismos, flujo de materiales que entorpecen el ensamble, políticas de despachos de materiales, accesorios que retrasan el ensamble, paros de producción con lapsos de duración significativos en la jornada, retrasos en los procesos por fallas en la maquinaria que sumados al final del día se traducen en la cantidad de puertas y ventanas, la productividad.

Las deficiencias descritas que se generan en el proceso y que pasan inadvertidas ya sea por la cotidianidad o porque representa efectuar cambios en el sistema, pueden ser corregidas para reducir el tiempo de manufactura, simplificación del proceso y otros factores que sumados darán como resultado el incremento de la capacidad instalada.

En aras del planteamiento de una solución integral a la problemática, se debe tomar en cuenta que un sistema de producción no puede someter a un solo elemento del proceso, a estudio y análisis. Porque de acuerdo a la teoría general de los sistemas, los resultados que se obtienen son el fruto de la interrelación de los elementos que lo componen; y la interrelación lleva implícita la interacción entre dos elementos o más. (Bertalanffy, 1976)

“Mientras un sistema sea un todo unitario, una perturbación irá seguida del alcanzamiento de un nuevo estado estacionario debido a interacciones dentro del sistema. El progreso solo es posible por subdivisión de una acción inicialmente unitaria en acciones de partes especializadas” (Bertalanffy, 1976, p. 86.). Por lo anterior es que el sistema de producción debe ser analizado (descompuesto en partes) en cada uno de sus elementos para corregir las deficiencias actuales. Y cada una de las partes especializadas, que figuran ser las cuatro áreas del sistema de producción en el taller, deberá ser analizada con el fin de conducir a acciones que mejoren en su totalidad al sistema bajo la medida de la capacidad instalada.

### **Formulación del problema**

¿En qué medida, la aplicación de la manufactura esbelta en la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas aumentará su capacidad instalada?

### **Preguntas auxiliares de investigación**

Para la solución del problema de investigación se enuncian preguntas que direccionan y hacen sentido a la resolución del problema:

- ¿Cuáles son las características del sistema de producción de puertas y ventanas tipo europeas?
- ¿Cuál es la capacidad instalada con la que opera la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas al comenzar la investigación?
- ¿Cuál es el área en el proceso productivo que restringe la capacidad instalada del sistema?
- ¿Cuáles son los desperdicios generados en cada una de las áreas que conforman el proceso productivo de la empresa productora de puertas y ventanas europeas?
- Al aplicar la manufactura esbelta ¿existirá un incremento significativo de la capacidad instalada?

### **Alcance**

Si bien los resultados una vez corregidas las deficiencias serán más visibles en un área en específico, habrá que someter a estudio la forma de operar de cada uno de los elementos que en su conjunto marcan un ritmo de producción diario que en el mediano y largo plazo acorde a los pronósticos del repunte de crecimiento económico en la región y en el sector construcción - 5%- (Charles, 2013, p. 38.) al cual la unidad de análisis de esta investigación está fuertemente ligada; pone en duda el cumplimiento de la demanda por parte de la empresa. Tomando como unidad de observación o análisis, el sistema de producción que incluye las áreas de corte, troquel, ensamble y montaje de vidrio.

El estudio con alcance descriptivo, utiliza técnicas cualitativas y cualitativas que permiten exponer las características observables, recolectando datos que conducen a posteriori a las conclusiones de la investigación.

## **Delimitación**

La investigación se llevó a cabo en la empresa cuyo giro comercial es la fabricación y comercialización de puertas y ventanas de diseño europeo en Guatemala, en el período junio-diciembre 2014.

## **Justificación**

La investigación busca demostrar cómo hacer internamente competitiva a la empresa referida en una industria, incrementando su capacidad instalada. Tomando en cuenta que las empresas que estudien este caso no tendrán condiciones iguales, pero sí marcará un punto de partida y referencias de las acciones a tomar, emulando los resultados obtenidos.

Responder las preguntas de investigación exige revisar bases teóricas para encontrar causas reales y aspectos vinculantes a la solución, incremento de la capacidad instalada. La empresa en la que se realiza la investigación se beneficia de un ensayo que le demuestra cómo incrementar su tasa de producción sin invertir en ampliación de la configuración actual del sistema productivo, únicamente a través de la reducción de los desperdicios en los procesos.

Al incremento de la demanda mencionado en el alcance se suma la oportunidad que surge tras contactos con directivos del sector construcción estadounidense, que ven una opción vanguardista en las ventanas y puertas tipo europeas para incorporar en su empresa dedicada al mercado de construcción inmobiliario. El volumen de bienes a demandar será a gran escala de concretarse los acuerdos y por ello se justifica la búsqueda del incremento de la capacidad instalada para hacerle frente a este aumento no previsto por la demanda regional.

La supervisión del taller argumenta, que es necesario producir más rápido en épocas de demanda alta, pero que las instalaciones del sistema no se pueden ampliar y la mano de obra no puede aumentarse y contraerse a voluntad, no si se necesita a personal especializado en cada área y la curva de aprendizaje es lenta; tanto que los operarios que se consideran experimentados poseen de tres años en adelante de experiencia.

La opción de inventariar en épocas de demanda baja no puede ser considerada, debido a las ventas reales del sistema. Por lo anterior, se debe incrementar la capacidad instalada en épocas en las cuales es necesario cumplir con los plazos establecidos de entrega con los clientes, haciendo uso de los mismos recursos disponibles en el sistema.

### **Viabilidad**

Con un problema identificado y una metodología planteada para la búsqueda de la solución, existieron recursos necesarios para llevar a cabo la investigación. Estos son:

- Información asociada al proceso
- Observación e interacción con el proceso productivo
- Recursos monetarios y de tiempo

Y para argumentar viabilidad de llevar a cabo la investigación, se menciona que se contó con la disponibilidad de los recursos por parte del investigador, la apertura y colaboración de la gerencia de operaciones, supervisión del taller y con la información localizada en los registros y la disposición para ser usada de forma discreta.



# OBJETIVOS

## General

Determinar el incremento de la capacidad instalada en la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas al aplicar la manufactura esbelta.

## Específicos

1. Describir el proceso de fabricación de la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas.
2. Determinar la capacidad instalada a través de un historial de producción.
3. Determinar el proceso restrictivo del sistema productivo, empleando el estudio de tiempos en cada una de las áreas que conforman el sistema.
4. Identificar los desperdicios generados en el proceso de producción de puertas y ventanas tipo europeas, utilizando el mapeo de la cadena de valor.
5. Establecer si existe incremento significativo en la capacidad instalada, midiéndola a partir de la aplicación de la manufactura esbelta.





## RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

La metodología aplicada para desarrollar la investigación se estructuró con base a los objetivos planteados. A continuación se describe por cada fase las actividades realizadas.

En la descripción del proceso se observó la forma de operar de cada área que integra el sistema de producción, asimismo la información se presentó en el diagrama de recorrido con su resumen de actividades a nivel macro. Y en la determinación de la capacidad instalada se utilizó el histograma de frecuencia para agrupar la producción de los meses anteriores en semanas, en el que luego a través de la estadística inferencial se estimó la capacidad máxima del sistema, a través de intervalos de confianza.

Para establecer el proceso restrictivo fue necesario estudiar cada área por separado y en cada área hacer una lista de los elementos que conformaban el proceso del área, posterior a ello se cronometraron los elementos agrupados en ciclos y por último se calificó y estandarizó los tiempos de operación.

En búsqueda de los desperdicios, se empleó el mapeo de la cadena de valor que implicó la integración de los tiempos de operación de la fase anterior, así como la cronometración de tiempos desperdiciados entre procesos, las que posteriormente fueron clasificadas como actividades que agregan valor o no. Asimismo, las encuestas a los operadores indicó las oportunidades de mejora en el sistema.

Por último, para probar si la aplicación de la manufactura esbelta incrementaría significativamente la capacidad instalada, fueron implementados

proyectos *kaizen* y a continuación se dividieron las operaciones en una célula de manufactura integrada por tres operarios. Mejoras que se aunaron a la ejecución de un plan piloto, aquí se midieron los resultados entregados por esta célula de trabajo en términos de unidades producidas acotados por la variable tiempo.

## INTRODUCCIÓN

Construir procesos esbeltos o depurar los desperdicios de los mismos, es una estrategia que fue utilizada por distintas empresas, sean estas de bienes o servicios, sean procesos continuos o intermitentes, la aplicación es universal. Comenzando con Toyota, cuya estandarización y depuración de los procesos a través de diferentes técnicas, concentrándose en lo necesario ha logrado posicionarla como empresa líder en la industria de automotores, con una calidad irrefutable. También el caso de *Windows and Doors* en Minnesota quienes al reducir los procesos a lo esencial han ahorrado en costos innecesarios (Andersen, 2009). Más representativo es la investigación planteada por Cano (2009) en una empresa de engobes cerámicos, que al haber planteado reducciones de tiempo en los procesos a través del *Value Stream Map* logró incrementar la capacidad instalada por encima del doble de su capacidad inicial.

El presente trabajo de investigación se circunscribe en la línea de investigación de metodologías de producción de la Maestría en Gestión Industrial. Mismo que plantea la aplicación de la manufactura esbelta como herramienta para incrementar la capacidad instalada. Se hace la aclaración en adelante que se entiende como capacidad instalada a la medida de la productividad de un sistema cuando solo se considera la variable tiempo – Unidades Producidas / Tiempo -. Lo que se pone a prueba a través de un plan piloto en el que la reducción de desperdicios y división de las operaciones es clave para la obtención de bienes en una menor cantidad de tiempo.

La empresa en estudio, pertenece a la industria de puertas y ventanas tipo europeas en Guatemala. Se toma su sistema productivo como unidad de análisis. La investigación busca resolver el problema planteado: ¿En qué medida la aplicación de la manufactura esbelta incrementa la capacidad instalada de la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas?

El primer capítulo proporciona un panorama de los sistemas de producción. En el segundo capítulo, se hace una reseña de la manufactura esbelta, desde su origen, definición, filosofía y principios. El tercer capítulo versa sobre la definición de capacidad instalada. La sección de ingeniería de métodos se presenta en el capítulo cuatro.

La ejecución de la investigación es dada a conocer en tres capítulos; en el capítulo cinco se documenta el desarrollo de la investigación por fases que responde a los objetivos específicos planteados; a continuación en el sexto capítulo se presenta los resultados alcanzados y en el séptimo se discuten, contrastando con el punto de vista de otros autores los resultados alcanzados al concluir la investigación.

# **1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

De acuerdo a la teoría general de sistemas, puede ser definido como un complejo de elementos interactuantes. Interactuantes significa que los elementos están en relaciones. ( Bertalanffy, 1976)

“El sentido de la expresión algo mística - el todo es más que la suma de sus partes - reside sencillamente en que las características constitutivas no son explicables a partir de las características de partes aisladas. Sin embargo, si conocemos el total de partes contenidas en un sistema y la relación que hay entre ellas, el comportamiento del sistema es derivable a partir del comportamiento de las partes.” (Bertalanffy, 1976, p. 55.) Es decir, los resultados obtenidos de un sistema son el resultado de la interacción de los procesos que lo integran.

## **1.1. Elementos de un sistema productivo**

Torres (2013) argumenta que sin importar el modelo productivo empleado en una planta de manufactura, existirán siempre los mismos elementos que lo integren, siendo:

### **1.1.1. Proyecciones de venta**

Conocido también por el término: pronósticos de ventas “son el enlace entre los factores externos e incontrolables de la economía y los asuntos internos de una empresa” (Valdez, 2000, p. 40).

Las proyecciones de venta son el norte de la organización, porque estiman la cantidad de bienes o servicios que se requerirán para cumplir la demanda de los clientes en un horizonte de tiempo. La cantidad de bienes o servicios son el punto de partida para planear las operaciones, pues con base a esto es posible calcular el presupuesto de materiales, recurso humano, etc., e inclusive esbozar el escenario financiero de la empresa, haciéndolo menos incierto y más acercado a la realidad.

Torres (2013) además menciona, que en el caso particular del sistema de producción intermitente, se parte de ventas reales para la programación de la producción. No así, el sistema de producción continuo, con productos estandarizados y demanda determinística en el corto plazo, ligada a los hábitos de consumo de la población como el precio ofrecido en el mercado.

### **1.1.2. Capacidad instalada**

Torres (2013) advierte que la capacidad instalada es un tema coyuntural en los sistemas de producción. Porque permite conocer el alcance del sistema, hasta qué punto se puede abastecer la demanda del mercado y por lo tanto, buscar modificar la capacidad instalada en la medida que sea posible para alinearse con los factores externos de la empresa. En el tercer capítulo se amplía este tema.

### **1.1.3. Inventario de materia prima y producto terminado**

Son los insumos que se emplean en el proceso de producción, materia prima, y que bajo un proceso de cambio físico, químico o térmico aporta un valor adicional a los insumos y los convierte en artículos listos para ser vendidos, producto terminado (Torres, 2013).

## 1.2. Productividad, eficiencia y capacidad instalada

Niebel & Freivalds, (2009, p. 1) exponen lo siguiente: “La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. La mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida”.

Es importante enlazar la relación de productividad, eficiencia y capacidad instalada; a fin de evitar cualquier interpretación errónea en esta investigación. La productividad es el grado de rendimiento de los recursos invertidos en el proceso y los productos obtenidos. La productividad según García, (2005, p. 19) queda definida por medio de la eficiencia y la eficacia (Tabla I.)

Tabla I. **Variables de la productividad**

<b>Variables</b>	<b>Definición</b>	<b>Indicadores</b>
Eficiencia	Forma en que se usan los recursos de la empresa; humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempos muertos</li><li>• Desperdicio</li><li>• Porcentaje de utilización de la capacidad instalada</li></ul>
Eficacia	Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, etcétera.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grado de cumplimiento de los programas de producción o ventas.</li><li>• Demoras en los tiempos de entrega.</li></ul>

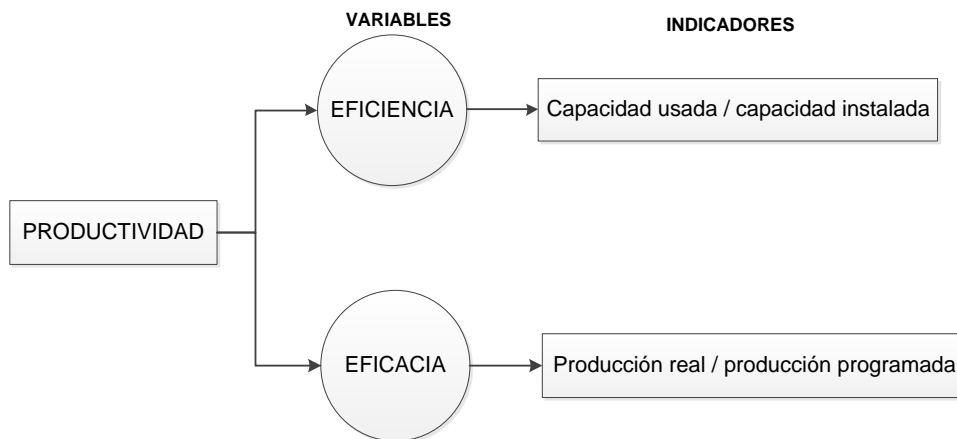
Fuente: García (2005), p. 19.

Además este autor, esclarece la forma de calcular la eficiencia y eficacia del sistema:

“Porcentaje de eficiencia = (Capacidad usada / Capacidad disponible) X 100 %  
Porcentaje de eficacia = (Producción real / Producción programada) X 100 %”

La eficiencia define la forma de utilizar los insumos de la empresa y la eficacia es el grado de cumplimiento del programa de producción.

Figura 3. **Definición de variables de la productividad**



Fuente: elaboración propia.

La figura 3 explica la relación entre productividad, eficiencia y capacidad instalada, este último que se obtiene a partir del indicador de la variable eficiencia. Es entonces la capacidad instalada, una variable indirecta de la productividad general del sistema de producción.

Sin embargo, desde distintas perspectivas la eficiencia puede ser calculada. Por ejemplo, en cuanto a las materias primas utilizadas, desperdicios



generados, tiempo, recurso monetario, etc. (Que en la jerga ingenieril se llama productividad parcial.) En la que el numerador es la cantidad de artículos obtenidos y el denominador, el tipo de insumo utilizado. Por lo que la capacidad instalada es el sinónimo de la productividad parcial cuando se acota la cantidad de artículos por la variable tiempo. Permitiendo dimensionar la cantidad de bienes obtenidos al día, semana, mes o año por un sistema productivo.

### **1.3. Distribución en planta**

“Distribución de planta es la colocación física ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje, además de conservar el espacio necesario para la mano de obra y servicio auxiliares” (García, 2005, p. 143-144).

La conjugación física de los factores productivos en un sistema, que se adapta a los volúmenes de producción es lo que se llama distribución de planta. Es decir, la adecuación o configuración de la maquinaria, estaciones de trabajo para el recurso humano, rutas para el flujo del artículo fabricados, almacenajes, etc. Cuya interacción permitirá obtener las salidas del sistema, bienes.

#### **1.3.1. Tipos de distribución**

El arreglo de la mano de obra, materiales y proceso se da acorde a las necesidades del sistema, el cumplimiento y nivel de demanda, pudiendo ser:

### **1.3.1.1. Por producto**

“Las distribución se orienta con base al producto que se desea obtener, adecuándose a la fabricación de un producto estándar, generalmente con volúmenes grandes en la que continuamente se hacen los mismos productos, cambiando únicamente las cantidades a producir, mes con mes” (López, 2000, p. 2).

El mejor exponente es la fabricación de automóviles. En la que los materiales se colocan sobre un transportador o *conveyor* y en el camino se le añaden componentes hasta que el producto es terminado.

### **1.3.1.2. Por proceso**

Torres (2008) indica que este tipo de producción se adapta a una extensa gama de productos, que contiene diferentes procesos distinguibles; en el que cada uno está dedicado a muy pocas tareas y especializadas. La mayor ventaja es la adaptabilidad para la elaboración de distintos productos. La desventaja radica en el espacio amplio utilizado para depositar el material de las órdenes o lotes de producción, así como en los tiempos muertos ocasionados por el cambio en el procesamiento entre lote y lote.

La producción en órdenes o lotes significa que se identifica el inicio y fin de la orden o lote, de aquí el nombre intermitente. Porque al comenzar a procesar un lote se enciende el sistema y que a su término se apaga. El problema no es la intermitencia, sino el cambio entre un pedido y otro que genera pérdidas sustanciales de tiempo.

### **1.3.1.3. Por punto fijo**

“La distribución por punto fijo se emplea cuando no se puede mover el producto debido a su peso, forma, volumen, tamaño o alguna característica similar que lo impida. De esta forma, lo que se desplaza es el personal, la maquinaria y las herramientas hacia el producto” (Vásquez, 2009, p. 9-10).

Se adapta a un sistema en el que se define un lugar fijo de producción y todos los demás elementos se reúnen y organizan alrededor para su proceso de fabricación. El ensamblaje de aviones, barcos, son ejemplos de este tipo de distribución de planta.

### **1.3.1.4. Tecnologías de grupo o manufactura celular**

“La característica esencial que distingue este tipo de distribución, es la distribución y agrupación del trabajo para los distintos productos en familias, seguido de la generación de una línea, capaz de producir en cualquier momento los artículos asignados dentro de la familia” (García, 2005, p. 146).

La manufactura celular tiene implicaciones como la del balanceo del trabajo y división de operaciones. La ventaja primordial de este sistema es su flexibilidad, ya que la elaboración de un producto en particular puede realizarse en el grupo (familia) correspondiente.

## **1.3.2. Principios para una distribución de planta**

Cuando se trata de lograr optimización del lugar para el proceso son varios los criterios que rigen el ordenamiento de los elementos productivos.

### **1.3.2.1. Distancia mínima a mover**

“Se debe minimizar en lo posible los movimientos de los elementos entre operaciones” (García, 2005, p. 144). Minimizando la distancia recorrida se mejora el proceso, debido a que implica una menor manipulación de materiales con una menor probabilidad de estropeo de los mismos por parte del personal.

### **1.3.2.2. Circulación o flujo de materiales**

“La pérdida de tiempo en los procesos productivos se da en ocasiones al trasladar los materiales entre estaciones de trabajo o de la bodega de materia prima hacia las áreas de producción” (Vásquez, 2009, p. 13).

Es por ello que definir un flujo de materiales que no entorpezca el proceso y que además simplifique el manejo de los materiales es un criterio que no puede pasar desapercibido dentro de los principios para la distribución de planta, logrando una mayor fluidez en el proceso.

### **1.3.2.3. Satisfacción y seguridad**

Es necesario recordar que el lugar donde convergen los componentes necesarios para transformar la materia, también debe considerar la interacción del recurso humano, de lo anterior deriva que la distribución deberá minimizar los riesgos de accidentes y proporcionar al operario un ambiente agradable de trabajo.

#### **1.3.2.4. Flexibilidad**

Es importante tomar en cuenta que al momento de configurar la distribución de planta se consideren futuras ampliaciones de planta con crecimientos sustanciales de la demanda en el futuro; sin tener para ello que gastar exorbitantemente en nuevas instalaciones. El principio asegura que al momento de ajustarla o modificarla la inversión será a bajo costo y sin mayores inconvenientes (Vásquez, 2009).

#### **1.4. Factores que inciden en un bajo rendimiento de la producción**

Se listan cuatro razones atribuibles a un rendimiento bajo en la producción.

##### **1.4.1. Control para el suministro de materiales**

“Un estudio realizado por el Instituto de Manejo de Materiales reveló que entre 30 y 85 % del costo de introducir un producto al mercado está asociado con el manejo y control de materiales” (Niebel & Freivalds, 2009, p. 78).

“En instalaciones orientadas al proceso, se tiene una gran diversidad de productos, el trabajo fluye dentro de patrones que cambian día a día y debe manejarse un volumen relativamente grande de materiales” (Torres, 2008, p. 121). Se observan en su mayoría, para los sistemas de producción intermitente la elevada cantidad de materiales, entorpeciendo el flujo del proceso al no estar estandarizada la producción.

#### **1.4.2. Uso de la máquina y equipo**

“La mayoría de las veces, los sistemas productivos son restringidos en su capacidad por máquinas en las que forzosamente deben procesarse los materiales” (López, 2000, p. 60).

#### **1.4.3. Capacidad de los operarios**

“Para las operaciones manuales que realizan los operarios, es necesario capacitarlos en los movimientos necesarios para efectuar sus actividades, eliminando esfuerzo y fatiga innecesarios, agilizando el ritmo de producción” (López, 2000, p. 61).

Dependiendo de la complejidad de las operaciones y de la falta de automatización del proceso o de la necesidad de la mano de obra adicional en el proceso; puede atribuirse baja producción por el recurso humano.

#### **1.4.4. Control de calidad en el proceso**

La existencia como la inexistencia del control de la calidad puede entorpecer la producción. En la existencia de demasiados puntos de verificación del proceso, se retrasará el flujo de trabajo. Y en la inexistencia del control de calidad, sin ningún punto de control asociado se darán errores, que implicarán reprocesos (López, 2000).

## 2. MANUFACTURA ESBELTA

Conocida también por su nombre en inglés como *lean manufacturing*, la manufactura esbelta es una metodología diseñada para crear valor y reducir o eliminar los desperdicios en un proceso de bienes y/o servicios.

### 2.1. Definición de la manufactura esbelta

La manufactura esbelta inicio en Japón por los creadores del Sistema de Producción Toyota: Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda y otros exponentes de esta filosofía (G. Schroeded et al, 2005).

Gutiérrez (2010, p. 96) hace hincapié en que la manufactura esbelta está enfocada en: “rediseñar un proceso en el cual el flujo del mismo tiene la mínima cantidad de actividades a la vez que elimina todas aquellas que no agregan valor y que impiden el flujo. Lo contrario al resultado entregado por la aplicación de la manufactura esbelta es un proceso en el que no fluye el trabajo por las obstrucciones, tiempos de espera, altos inventarios, actividades que se hacen por rutina y tradición, pero que no agregan valor al producto”.

La manufactura esbelta se convierte en una herramienta para depurar los procesos que entorpecen la tasa de producción y que solo agregan costos que no se traducen en incremento de valor.

Sayer & Williams (2007) informan que la manufactura esbelta es un enfoque amplio que permite entender de forma holística y sustentable la

utilización de menos recursos para producir más. Además la denotan como una estrategia de negocios basada en la satisfacción del cliente, al entregar justo lo que el cliente necesita, en la cantidad que requiere mientras se usa la cantidad mínima de materiales, equipo, espacio, mano de obra y tiempo.

En la aplicación de la manufactura esbelta, las organizaciones se ven dotadas para reducir el tiempo ciclo de sus operaciones, producir con altos estándares a costos bajos y utilizar recursos de forma eficiente.

Rodríguez (2006) informa de las ventajas que pueden ser obtenidos de la implementación de la manufactura esbelta:

- Reducción de desperdicios
- Reducción de inventarios
- Creación de sistemas apropiados para el despacho y recibimiento de materiales.
- Mejoras en la distribución de planta para incrementar la capacidad de producir diferentes productos.

## **2.2. Los cinco principios de la manufactura esbelta**

Aunque existen pequeñas diferencias entre autores en cuanto a los principios que guían la acción de la manufactura esbelta, en esta investigación se parte de los principios propuestos por Womack y Jones (2003).

### **2.2.1. Valor desde la perspectiva del cliente**

“Definir con claridad por qué el bien o servicio que proporciona la organización es valioso para el cliente final” (Gutiérrez, 2010, p. 98). Se logra



comprender de mejor forma, al recordar que el valor depende de la perspectiva del cliente, por lo que está dispuesto a pagar. Por lo tanto, es necesario tenerlo en consideración al aplicar la manufactura esbelta, porque orienta a los cambios que sean necesarios, creando solamente valor.

### **2.2.2. Identificación, estudio y mejora del valor del proceso**

Es necesario identificar como el valor se añade en el proceso que es conocido como corriente de valor. Con todas las tareas y procesos que se ejecutan para proporcionar un servicio de principio a fin. La posterior eliminación de cualquier tipo de desperdicio, constituye una mejora en el proceso (G. Schroeder, *et al*, 2005).

### **2.2.3. Flujo de proceso simple, uniforme y libre de errores**

“Se refiere a la introducción de mejoras una vez identificados los desperdicios. Que requieren de soluciones planteadas para eliminar los desperdicios. Asegurando un flujo ininterrumpido del proceso por lo que a este principio también se le conoce como, crear flujo” (Gutiérrez, 2010, p. 102). A mayor complejidad, mayor probabilidad de errar en un proceso.

### **2.2.4. Producción a requisición del cliente**

Cuando han sido aplicados los tres primeros principios, lo siguiente es crear un sistema que funcione bajo pedido del cliente. Es decir que el cliente sea el que requiere el producto y no se creen inventarios. Se da principalmente en el tipo de demanda del mercado que no es constante. Así el desafío es tener un sistema lo suficientemente capaz de adaptarse a la demanda en el corto plazo (Gutiérrez, 2010).

Derivado de la palabra inglesa *pull* (halar), implica que la empresa produzca bajo las órdenes del cliente. “La forma de cumplir con este principio es haciendo que el proceso funcione de acuerdo con el sistema *Kanban*, en el que cada operación, comenzando por embarque y remontándose al proceso, va halando el producto necesario de la operación anterior, únicamente cuando lo necesite” (Cano, 2009, p. 16).

### **2.2.5. Esfuerzo en la perfección**

“Implica un mejoramiento continuo de todos los procesos, así como un cambio radical cuando ello es necesario. Cuando esto se hace, puede aportarse más valor en la búsqueda de la perfección definitiva para el cliente” (G. Schroeder, et al, 2005, p. 135). Perseguir la perfección en los procesos, una vez se alcanzan los cuatro pasos anteriores significa darle seguimiento al proceso y trabajar en la filosofía de la mejora continua.

### **2.3. Los siete desperdicios del proceso**

Cano (2009) expone que, bajo la premisa de la manufactura esbelta que pregona la eliminación de desperdicios, estos se pueden denotar como: cualquier insumo que no sea absolutamente necesario, en lo que cabe categorizar a maquinaria, materiales, espacio, esfuerzo, etc., o proceso para efectuar un trabajo que no agrega valor al producto y por lo que el cliente no está dispuesto a pagar.

Por otro lado, Gutiérrez (2010, p. 96) define al desperdicio como “cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto”. Según Cano (2009, p. 31) “los desperdicios son el principal factor para el

aumento de los costos de fabricación”. En el lenguaje japonés se hace referencia al desperdicio a través de la palabra *Muda*.

Tabla II. **Las siete formas de desperdicio**

<b><i>Forma de desperdicio</i></b>	<b><i>Explicación</i></b>
Transporte	El movimiento de producto o materiales entre dos procesos de transformación es desperdicio. Mientras más se mueve, más oportunidad tiene de dañarse. Las pobres distribuciones de planta y su desorganización son causas comunes del desperdicio de transporte.
Espera o demora	Espera en todas las formas de desperdicio. En un ambiente de producción, cualquier tiempo en que las manos de un operador están sin hacer nada es un desperdicio de este recurso, sin importar si lo está por cambio de lote, trabajo no balanceado, necesita instrucciones o por diseño del trabajo.
Sobreproducción	Producir más de lo que el cliente requiere es desperdicio. Causa otros desperdicios como costos de inventario, mano de obra, consumo de materia prima, uso de capacidad y otros.
Defectos	Cualquier proceso, producto o servicio que falla en cumplir especificaciones es desperdicio. Cualquier procesamiento que no transforma el producto es considerado una actividad que no añade valor. No reúne el criterio de hacerlo bien a la primera vez.
Inventario	El inventario en cualquier lado en el mapeo de la cadena de valor es un desperdicio. Ya que cualquiera sea su necesidad se ve amarrado a los recursos financieros. En el riesgo de daño, obsolescencia, deterioro y problemas de calidad. Ocupa espacio y otros recursos. Además, grandes cantidades de inventario pueden cubrir otros problemas en el proceso como mal balanceo del trabajo, problemas de equipo, etc.

Movimiento	Cualquier movimiento de las personas que no añade valor al proceso es desperdicio. Esto incluye caminar, agacharse, levantar, girar y alcanzar. También incluye cualquier ajuste o alineación hecho antes que el producto se transforme.
Reprocesamiento	Cualquier procesamiento que no añade valor al producto es el resultado de la tecnología inadecuada, materiales muy sensibles o prevención en calidad que es desperdiciada.

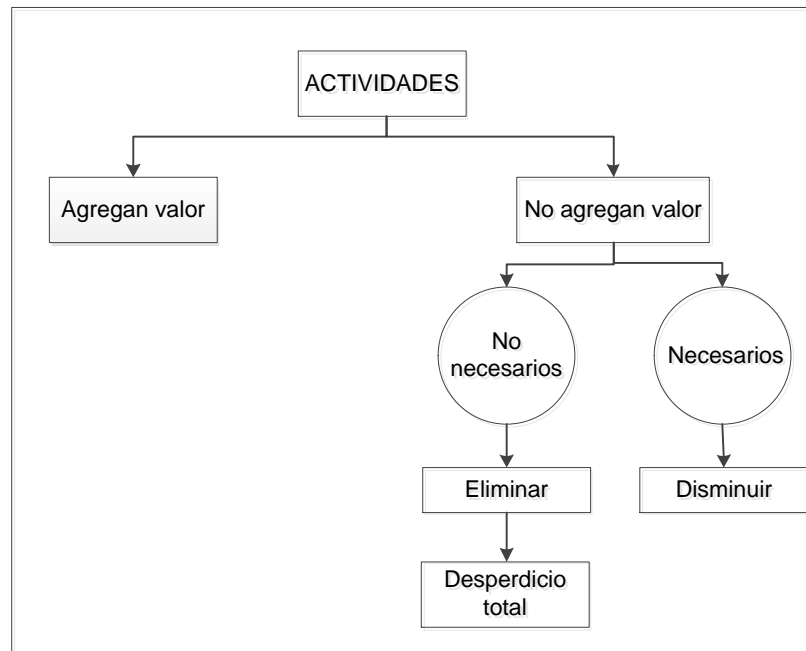
Fuente: Sayer & Williams, (2007), p. 44-45.

Además de las siete formas, el desperdicio se puede dividir en dos clasificaciones según Sayer & Williams, (2007, p. 45) :

- *Muda* tipo 1: incluye acciones que no añaden valor, pero son por alguna razón necesarias para la compañía. Estas formas de desperdicio usualmente no pueden ser eliminadas inmediatamente.
- *Muda* tipo 2: son aquellas actividades que no añaden valor y que no son necesarias para la compañía. Estas son el primer objetivo para la eliminación.

Es necesario establecer un punto de equilibrio en cuanto a la eliminación de desperdicios, ya que existirán siempre en alguna forma de despilfarro, e inclusive algunos enmarcados en los conceptos expuestos anteriormente, existirán inevitablemente en el proceso. La figura 4 esquematiza el orden de decisiones para disminuir o eliminar los desperdicios.

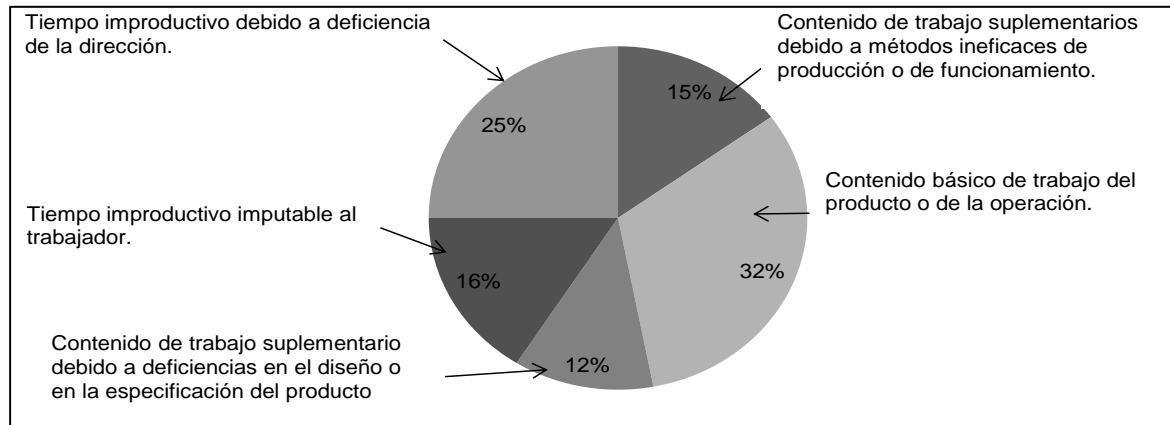
Figura 4. **Identificación y eliminación de desperdicios**



Fuente: Cano (2009), p. 31.

García (2005) da a conocer la distribución del tiempo de fabricación, en la que asociado a la reducción de desperdicio, denota un despilfarro del 25,0 % del tiempo disponible en una jornada laboral con el factor o causa asignable, “deficiencias de la dirección”. Este porcentaje representa una oportunidad de mejora, al identificar estas deficiencias eliminándolas o minimizándolas.

Figura 5. **Descomposición del tiempo de fabricación**



Fuente: García (2005), p. 15.

El Instituto Aragonés de Fomento (2008) plantea diez preguntas con las que se puede evidenciar el desperdicio en un proceso al responderlas:

- ¿Se pierde tiempo en el proceso, buscando algo?
- ¿Son excesivas las existencias de materiales en el proceso?
- ¿Se están utilizando recursos individuales, que podrían ser compartidos?
- ¿Existe deterioro de artículos por no estar correctamente almacenados?
- ¿Se pierde tiempo esperando a que lleguen las instrucciones?
- ¿Se mezclan materiales que luego han de ser separados?
- ¿Existen herramientas que se guardan con el pretexto de por si acaso?
- ¿Se podrían reducir las distancias entre las operaciones?
- ¿En pruebas o ajustes se desperdicia material?
- ¿Utilizamos con prioridad los recursos más antiguos?

## 2.4. El balance de tiempo en las operaciones

Cano (2009) expone que uno de los objetivos a alcanzar con la manufactura esbelta es entregar el producto en el tiempo acordado por el cliente. Esto implica marcar un ritmo al cual se debe trabajar; logrando así la entrega del producto en el plazo especificado.

### 2.4.1. *Takt time*

“*Takt* es una palabra de vocablo alemán, que alude a la batuta que el director de una orquesta blande para regular la velocidad de la música” (G. Schroeder, et al, 2005, p. 138). Cano (2009) define el ritmo de producción como (1):

$$Takt\ time = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda del cliente}} \quad (1)$$

El *takt time* es entonces, la velocidad o ritmo de producción a la cual cada operación debe avanzar; que garantiza el cumplimiento al cliente en el tiempo con el que cuenta la organización para trabajar los bienes o servicios demandados.

### 2.4.2. Pared de balanceo

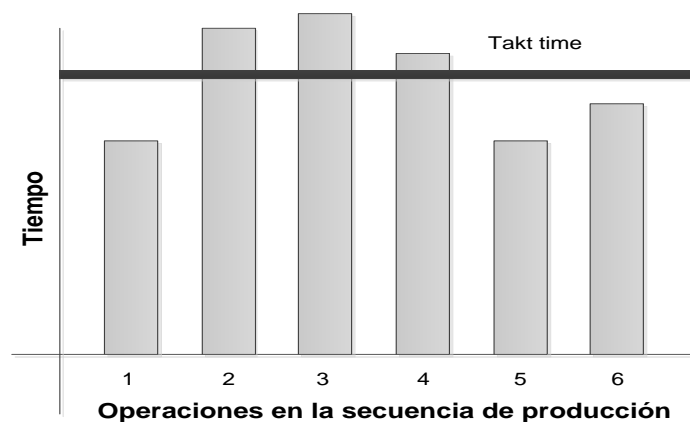
La pared de balanceo se utiliza para lograr el equilibrio en cuanto al tiempo requerido por cada operación. Para que todos estén bajo la misma capacidad y que cada operación se alinee con el objetivo que es cumplir con la producción en el plazo establecido (Cano, 2009).

Es importante mencionar que el límite o pared de balanceo de las operaciones lo constituye el valor del *takt time*.

Antes de implementar la manufactura esbelta, existen operaciones con tiempos en el proceso que sobrepasa el ritmo de producción o *takt time*. Estas operaciones son las restricciones del proceso.

La figura 6 muestra un gráfico, en el que sobre el eje de las abscisas se encuentran enumeradas y colocadas de forma secuencial las operaciones de un proceso. En el eje de las ordenadas se cuantifica la duración de cada operación. Y la pared de balanceo se ejemplifica con la línea en color negro. Este es el límite, para que la producción fluya a la tasa que lo requiere el mercado. Sin embargo, es evidente que las operaciones 2, 3 y 4 poseen una duración más extensa que el *takt time*. La reducción de las operaciones de los tiempos identificados, es el objetivo a conseguir.

Figura 6. **Gráfico pared de balanceo 1**

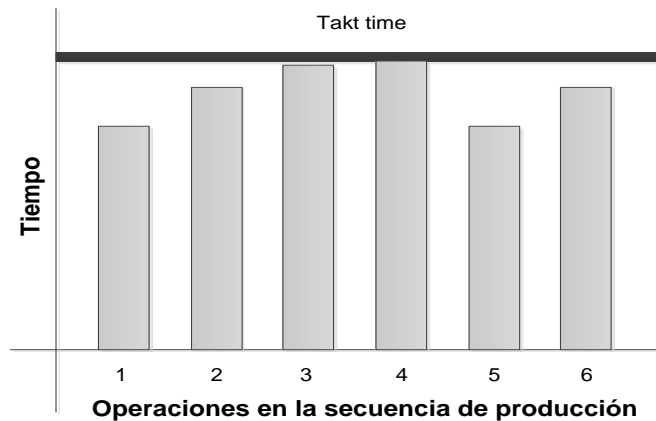


Fuente: elaboración propia.



La figura 7 muestra la gráfica anterior, después de haber reducido los tiempos en las operaciones acorde al ritmo de producción o *takt time*. Con lo cual el flujo del proceso está alineado con la tasa de demanda.

Figura 7. **Gráfico pared de balanceo 2**



Fuente: elaboración propia.

Si bien tiempos mayores al *takt time* derivan en incumplimiento de la demanda, tiempos demasiado cortos terminan por generar inventario en el proceso. De aquí que el equilibrio de las operaciones respecto al *takt time* se logre cuanto los valores sean lo más cercanos a la pared de balanceo.

## 2.5. **Control del flujo con el sistema *Kanban***

“Es un método de liberación y movimiento de materiales. En japonés la palabra *Kanban* hace referencia a una tarjeta, placa u otro dispositivo que se usa para controlar la secuencia de materiales liberados en el proceso” (G. Schroeder, et al, 2005, p. 139). Señalando el requerimiento de más partes y garantizar que se produzcan en el momento que se precisen y por consiguiente que exista inventario a procesar por el ensamble siguiente.

Por lo que tiene una relación importante con el *takt time*, ello porque en operaciones inferiores al *takt time* se deberá tener especial cuidado de liberar la cantidad de material que alimente al sistema y no genere exceso de inventario en el proceso.

## 2.6. ***Kaizen* o mejoramiento continuo**

La filosofía del *Kaizen* dentro de la manufactura esbelta fomenta el mejoramiento continuo, incrementa los cambios en todos los aspectos –personales, sociales, de trabajo, hogar, entre otros. El pensamiento occidental se puede resumir en: si no se rompe, no lo arregles. En contraste, *Kaizen* dice que aún si no se ha roto, puede y debe ser mejorado. Hazlo bien y mejóralo. (Seyer & Williams, 2007).

La filosofía *Kaizen* puede verse por dos lentes:

- *Kaizen* de mantenimiento: estableciendo las políticas y reglas que ayudan a mantener los niveles de desempeño.
- *Kaizen* de mejoramiento: centra los esfuerzos en el mejoramiento progresivo de los procesos o en la innovación de los actuales.

“*Kaizen* se centra en la eliminación de desperdicio en la cadena de valor. Cuando se examina la cadena de valor en todos los aspectos, se puede observar el desperdicio que no había sido visto antes. Así, de repente se puede observar movimiento extra, trabajo que puede ser hecho en una forma más eficiente, o el esfuerzo que no transforma verdaderamente el producto o servicio” (Sayer & Williams, 2007, p. 119-120). *Kaizen* puede definirse como la implementación de proyectos para la eliminación de desperdicio, en cualquiera de las siete formas existentes.

## **2.7. Cambios de la distribución física**

La metodología de la manufactura esbelta marca la diferencia en cómo se distribuyen los procesos. Porque al eliminar el inventario y operaciones que no añaden valor, como al replantear la secuencia de las operaciones para lograr alguna mejora específica, intuitivamente la distribución física sufre de modificaciones que dependerán de las modificaciones drásticas o mínimas que sean necesarias para hacer fluir las operaciones.

### **2.7.1. La evolución hacia grupo tecnológico (GT) o manufactura celular**

G. Schroeder, et al, (2005) exponen que al realizar el análisis de valor, se redefinen los centros de trabajo para que los productos puedan circular uniformemente de un centro de trabajo al posterior.

“Los grupos tecnológicos agrupan piezas de características comunes en familias y asigna una línea de producción capaz de producir cualquiera de las piezas de esta familia...la ventaja inmediata de este sistema es que no se pierde flexibilidad pues se puede fabricar casi cualquier pieza, asignándola a su grupo correspondiente” (García, 2005, p. 147-148).

## **2.8. Mapeo de la cadena de valor**

El mapeo de la cadena de valor o su acrónimo en inglés *VSM*, es una de las más útiles herramientas de la manufactura esbelta. Derivado de su filosofía antidesperdicio, “es el procedimiento que permite ubicar los desperdicios en cualquiera de sus formas en la cadena de valor” (G. Schroeder, et al, 2005, p. 132). Pero antes de entrar en detalles del método, es necesario definir qué es valor.

Cano (2009) afirma que el valor está definido por el cliente y que puede ser definido en el momento en el que las necesidades por el cliente estén identificadas y comprendidas. Todo aquello que no identifique el cliente como valor, es desperdicio.

Contextualizando, el valor en una ventana o puerta europea es definido por el cliente, en términos de funcionalidad, estética y durabilidad de la pieza adquirida. No obstante, si para entregar la pieza fue necesario reprocesarla, se desperdició material por mal manejo de perfiles o ensamble defectuoso, hubo recorridos innecesarios de materiales, etc. Ciertamente estas actividades no añaden valor y el cliente no paga por las mismas. Por lo que suprimir estas actividades deficientes es en lo que se concentra la manufactura esbelta.

Cano (2009) expone al *VSM*, como un método en el que se describen los procesos tal como se desarrollan en el momento de análisis de tal forma que se visualicen las mejoras en los procesos para un estado futuro.

Tomando como referencia a Sayer & Williams (2007), definiendo al mapa de la cadena de valor como la esquematización del curso de las entradas de la materia prima para conseguir bienes o servicios para el cliente. Los autores también esclarecen que el cliente al final de la cadena no es precisamente el consumidor, porque el cliente podría ser otro negocio o inclusive algún otro sector dentro de la empresa.

Cuando se han identificado las oportunidades de mejoras, los resultados se harán evidentes al dar pasos que conduzcan a reducir o eliminar las operaciones, actividades, políticas, desperdicios, etc., que no añaden valor en el proceso. Para mapear la cadena de valor, en su obra Cano (2009) propone la consideración de lo siguiente:

- Establecer el punto inicial y final del proceso a mapear.
- Establecer un indicador de rendimiento inicial que pueda servir para contrastar el estado final.
- Identificar el flujo de información, materiales y personas relacionadas en el proceso.
- Trasladar lo anterior a un diagrama.

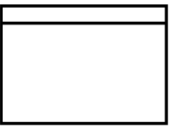

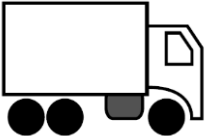




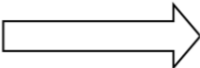
Y establece los pasos enumerados a continuación para realizar el mapeo en la cadena de valor:




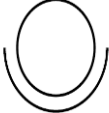
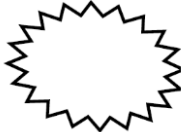
- Enumerar todos los pasos que dan flujo al proceso.
- Colocar los inventarios dentro del proceso (*WIP*) identificando el tipo de material y su tiempo de espera.
- Cuantificar en cada proceso el TEP, TMP y el TTP.
- Cuantificar los datos totales de la cadena.
- Considerar información adicional, que se obtenga durante el análisis.

### **2.8.1. Simbología utilizada en el mapeo de la cadena de valor**

En la siguiente tabla, se describen los símbolos utilizados para esquematizar el adición de valor en un proceso, así como la interpretación asociada a cada símbolo (Tabla III):

Tabla III. **Simbología en el mapeo de la cadena de valor**

Símbolo	Nombre	Descripción
	Caja de proceso	Describe una actividad in la cadena de valor. Incluye un título y descripción del proceso, así como información y tiempo.
	Fuente externa	Indica e identifica a los clientes y proveedores.
	Camión	Indica una entrega externa, así como a un cliente o de un proveedor.
	Información	Describe información transmitida a lo largo de la cadena de valor.
	Transmisión de información electrónica	Indica que la información es transmitida electrónicamente.
	Transmisión de información manual	Indica que la información es transmitida manualmente.
	Inventario	Identifica inventario almacenado, tanto materias primas, en proceso o producto terminado.
	Movimiento de producto terminado.	Se utiliza cuando los materiales en su estado terminado son movidos en la cadena de valor. Esto puede ser por un proveedor con su producto a una

		compañía o de una compañía hacia su cliente.
	Empuje de material	Indica que el material en la cadena de valor ha sido empujado en el proceso. Este empuje es usualmente el plan o programación de producción.
	Supermercado	Indica el almacenaje durante el proceso en un ambiente controlado, llamado supermercado.
	Tirar del material	Indica el movimiento en un sistema pull a través de la señal del kanban.
	Operador	Indica que uno o más operarios están presentes en el paso de un proceso.
	Oportunidad Kaizen	Indica la necesidad y oportunidad de un proyecto de mejora en la cadena de valor.

Fuente: Sayer & Williams, (2007), p. 78-79.

## 2.9. Garantía de la calidad

G. Schroeder, et al, (2005) alude a la aplicación de los principios y las técnicas de la manufactura esbelta, la garantía de calidad, ya que los defectos se develan rápidamente en el siguiente proceso. Se crea un sistema productivo esbelto para exponer errores y que se corrigen en la fuente, evitando encubrirlos con inventario.

Esto es sencillamente deducible, el primer principio de la manufactura esbelta, esboza al valor en términos del cliente. Entonces si se rediseña un proceso en el cual, lo que se pretende es crear únicamente valor, el cliente lo recibirá, lo cual es la satisfacción desde su perspectiva.



### **3. CAPACIDAD INSTALADA**

Usualmente se piensa que el tamaño de una planta o fábrica, así como la inversión realizada en maquinaria y las instalaciones define la capacidad instalada.

Lo anterior es relativamente cierto, relativo porque la capacidad instalada define en un sistema productivo la cantidad de artículos o unidades que es capaz de producir dicho sistema para abastecer a los pedidos. La definición no está completa si no se acota con la dimensional tiempo. Porque para planificar las operaciones y ventas se deberá hablar de tiempos específicos en los que se puede producir y proveer. El tamaño de una planta no dice nada, si no se obtiene una medida de rendimiento, de su habilidad marcada en el tiempo para transformar los insumos en productos terminados.

#### **3.1. Definición de capacidad instalada**

“Se define como capacidad instalada a la tasa máxima disponible de producción o de conversión por unidad de tiempo. No se puede especificar la capacidad instalada sin considerar la dimensión de tiempo” (Mejía, 2013, p. 1). El autor se refiere entonces al volumen de producción que es posible obtener, acotado por el recurso tiempo.

“Por ejemplo, algunas medidas erróneas de la capacidad instalada son: el número de camas en un hospital o los asientos en un restaurante. El número de camas de un hospital representa el tamaño de las instalaciones pero no es una

medida de producción. El número de camas debe combinarse con una estimación del tiempo que se permanece en el hospital para llegar a una medida de capacidad tal como el número de pacientes tratados al mes” (Solórzano, 1982, p. 7).

Cano (2009, p. 29) afirma que “la capacidad de todo proceso está determinada por la actividad que requiere más tiempo o más recursos (cuello de botella)”.

Por lo tanto, la capacidad instalada depende del tiempo trabajado efectivo y el tiempo empleado para producir una unidad en el proceso restrictivo del sistema productivo. De lo que se infiere que, centrar los esfuerzos en disminuir la duración del cuello de botella, significa aumentar la capacidad instalada.

### **3.2. Indicador de la capacidad instalada**

Beltrán (1990) define a la capacidad instalada máxima como el número de unidades que el sistema productivo dadas sus limitaciones puede atender en condiciones óptimas de operación en un período determinado.

Mejía (2013) expone que el indicador de la capacidad instalada queda definido como el porcentaje de utilización del sistema de producción. Dada la producción real en un período determinado de tiempo y teniendo el valor de la capacidad instalada máxima para el mismo período. Definido como el cociente de los dos valores anteriores.

### **3.3. Tipos de capacidad en un sistema productivo**

Aunque existe una capacidad instalada máxima que pocas o nulas veces se obtiene, porque depende de la alineación de todos los elementos del sistema, existirá también aquella que es responsable de no alcanzar ese desempeño, una promedio, una de superávit y otra de déficit. Cada concepto es ampliado a continuación.

#### **3.3.1. Capacidad máxima**

“Conocida como capacidad teórica o ideal, que se da cuando la fábrica puede vender todas las mercancías que es capaz de producir suprimiendo el tiempo ocioso o pérdidas de producción” (Beltrán, 1990, p. 55). Que rara vez se logra debido a las pérdidas necesarias, originadas por retrasos que impiden el trabajo continuo.

#### **3.3.2. Capacidad ociosa**

Beltrán (1990) alude a esta capacidad, la razón por la cual la capacidad máxima no puede ser alcanzada siempre. Esto porque se pierde tiempo en reparaciones, trabajos de mantenimiento, ausentismo, entre otros. La capacidad ociosa, representa la oportunidad en la que las empresas pueden centrarse para incrementar el volumen de producción, cuando la demanda se incrementa. Reducir todas aquellas causas asignables que la limitan, constituye una estrategia para alcanzar los niveles de venta demandado por el mercado.

### **3.3.3. Capacidad de operación**

“Se define como el diferencial de los dos conceptos anteriormente citados, capacidad máxima o teórica, restada la capacidad ociosa” (Beltrán, 1990, p. 57). Esta es una medida real de operación, ya que no contempla lo ideal de la capacidad máxima, en la que se trae al plano de la realidad restándole todas aquellas causas que merman su valor, capacidad ociosa.

### **3.3.4. Capacidad excedente**

“Se origina cuando el sistema productivo produce más de lo que alcanza a vender en el mercado” (Beltrán, 1990, p. 58). En otras palabras, la diferencia entre su capacidad de producir y su aptitud para vender.

### **3.3.5. Capacidad insuficiente**

“La capacidad insuficiente tiene lugar, cuando una fábrica vende más mercancías de las que puede producir” (Beltrán, 1990, p. 62). Ocasionando un déficit en las ventas. La única manera en que una compañía podría producir y vender la cantidad faltante es incrementando su capacidad instalada, sinónimo de eficiencia en el proceso productivo.

## **4. INGENIERÍA DE MÉTODOS**

Para la estandarización y mejora de los procesos, es la herramienta principal, la ingeniería de métodos. Centrándose en dos ejes principales: estudio del método de trabajo y cuantificación y reducción del tiempo empleado para realizar las operaciones.

### **4.1. Definición y objetivos de la ingeniería de métodos**

Saber a qué se refiere y que fines persigue su aplicación, permitirá conocer con antelación si su aplicación es requerida para la solución de un problema. Tema que se adaptará siempre que sean requeridas mejoras en un proceso.

#### **4.1.1. Definición de la ingeniería de métodos**

“Las herramientas fundamentales que generan mejora en la productividad incluyen métodos, estudio de tiempos estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo. La ingeniería de métodos se ocupa del diseño, la creación y selección de los mejores métodos de fabricación.” (Niegel & Freivalds, 2009, p. 1).

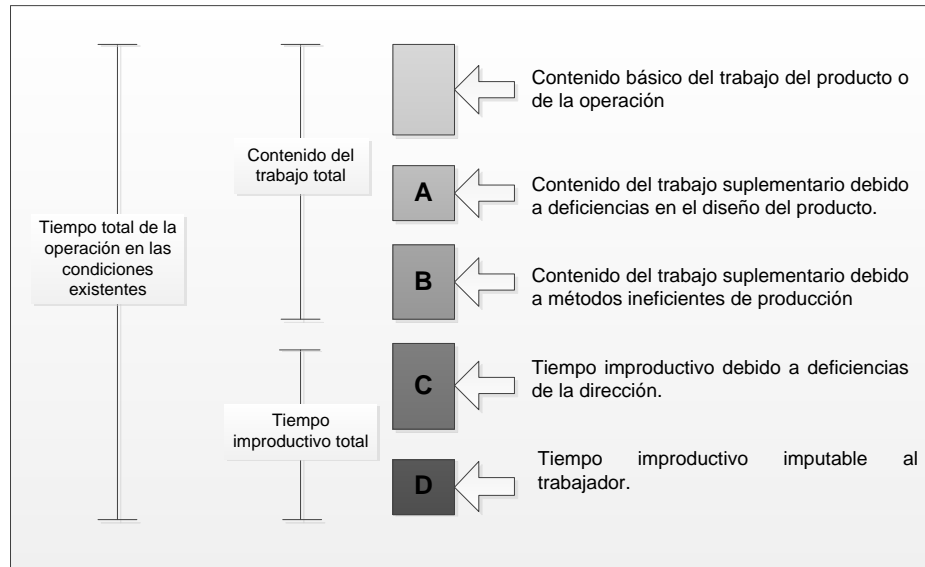
La ingeniería de métodos es el medio de análisis para obtener estas ansiadas mejoras de la productividad.

Niebel & Freivalds (2009) resumen en cada una de las siguientes etapas, la ingeniería de métodos:

- Seleccionar el proyecto: identificación del proceso susceptible de mejoras.
- Obtener datos y presentarlos: investigar información relevante del producto, cuyo proceso es sujeto de estudio.
- Análisis de datos: al tener desplegada la información, es necesario plantear una propuesta que generará una mejor forma de obtener el producto o servicio. Este método mejorado debe incluir las condiciones del trabajo tales como la configuración y distribución de planta, el manejo de materiales, el proceso de trabajo, etc.
- Desplegar el método ideal: ahora del proceso se pasa a la sub-división en operaciones.
- Presentar e implantar el método: explicar detalladamente el método propuesto a los involucrados.
- Análisis del trabajo: llevar a cabo un análisis del método, con el fin de seleccionar correctamente a los trabajadores, el entrenamiento y la recompensa.
- Establecer estándares de tiempo: determinar el tiempo justo para las operaciones del nuevo método.
- Seguimiento del método: auditar el método para determinar si ha alcanzado las mejoras en la productividad.

La aplicación de la ingeniería de métodos cobra importancia cuando la duración de tiempo de un proceso se descompone de la siguiente forma:

Figura 8. **Descomposición del tiempo de fabricación**



Fuente: García (2005), p. 16.

Y solo la aplicación sistemática para evaluar el método como la medición del trabajo ayudará a eliminar o reducir los tiempos no productivos, representados por C y D.

#### 4.1.2. **Objetivos de la ingeniería de métodos**

García (2005) expone los fines que persigue la aplicación de la ingeniería de métodos:

- Mejorar los procesos
- Mejorar el diseño de la fábrica, taller, equipo, lugar de trabajo, etc.
- Reducir el esfuerzo humano y reducir la fatiga.
- Aumentar la seguridad en el puesto de trabajo.
- Crear mejores condiciones de trabajo.

Pero, ¿por qué se insiste en la aplicación de la ingeniería de métodos? En este mundo lo único constante es el cambio, la ciencia cambia con nuevos descubrimientos, lo que ayer era válido hoy puede que no lo sea. De igual forma, el método de trabajo empleado tiempo atrás, puede no ajustarse a los propósitos que la empresa persigue en el presente; aumentar la calidad, incrementar su capacidad instalada, reducir costos, etc. Y es la ingeniería de métodos, la que proporciona la evolución del método de trabajo.

## **4.2. Análisis del proceso**

El análisis del proceso consiste en aplicar las herramientas necesarias, que permitan visualizar y reducir o eliminar las deficiencias. Como resultado del análisis del proceso se obtiene la simplificación del mismo.







### **4.2.1. Diagrama de procesos de flujo**

Es una herramienta que representa de forma gráfica y cronológica las acciones en las que se descompone el proceso. Identificando si el elemento en que se divide el proceso es una operación propiamente dicha, transporte, inspección o revisión, demora, almacenaje o bien la combinación de operaciones (García, 2005).

La construcción de un diagrama de proceso del flujo es sumamente sencilla. Se trata de unir con una línea todos los símbolos listados en un proceso, en forma secuencial, es decir en el orden que se dan de acuerdo al proceso (Tabla IV).



Tabla IV. **Clasificación de acciones en un proceso**

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SÍMBOLO
<b>Operación</b>	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se planea algo.	
<b>Transporte</b>	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.	
<b>Inspección</b>	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualesquiera de sus características.	
<b>Demora</b>	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado.	
<b>Almacenaje</b>	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos no autorizados.	
<b>Actividad combinada</b>	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Los símbolos empleados para dichas actividades (operación-inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.	

Fuente: García (2005), p. 42.

#### 4.2.2. Diagrama de recorrido o de circulación

“Es una modalidad del diagrama de proceso del recorrido que se utiliza para complementar el análisis del proceso. Se elabora con base en un plano a escala de la fábrica, en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas” (García, 2005, p. 57). Documentando desde la entrada de los materiales, el proceso, transportes, almacenajes, demoras y finalmente el artículo producido.

### 4.3. Análisis del método de trabajo

Entender cómo se desarrolla un proceso, identificando no los problemas sino las oportunidades de mejora es solo el medio conducente a mejorar un proceso. Esto porque, basado en la información recolectada el analista deberá concebir soluciones factibles y que deberán ponerse a prueba en las áreas de oportunidad identificadas.

#### 4.3.1. Técnicas para el análisis del trabajo

García (2005, p. 114) propone dos técnicas para el análisis del método de trabajo:

- Técnica de la actitud interrogante. Consiste en el planteamiento de preguntas al presenciar el proceso, siendo estas: “¿Es necesaria la operación?, ¿puede eliminarse?, ¿puede combinarse con otra?, ¿puede cambiarse el orden?, ¿puede simplificarse?”.
- Lista de comprobación de análisis. Esta técnica es complementaria a la técnica de actitud interrogante.

Tabla V. Comprobación de análisis

Comprender	Analizar
¿Qué se logra?	¿Es necesario?
¿Dónde se hace?	¿Por qué ahí?
¿Quién lo hace?	¿Por qué esa persona?
¿Cómo se hace?	¿Por qué de esa manera?

Fuente: García (2005), p. 114.

#### **4.4. Estudio de tiempos y estándares**

“El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada” (García, 2005, p. 185).

Existen aspectos importantes a considerar, previo a cronometrar los tiempos, estos de acuerdo a García (2005) son: seleccionar la operación, dividir la operación en elementos, seleccionar al trabajador e informar al trabajador sobre el motivo del estudio de tiempo.

##### **4.4.1. Tiempo cronometrado**

“La cifra estadística comúnmente usada es la media aritmética, tendencia central seleccionada para representar los tiempos reales observados, tomados durante un estudio de tiempo” (López, 2000, p. 5).

El tiempo cronometrado es aquel que se obtiene de la observación y medición de tiempo que dura una operación, utilizando la observación directa del analista y apoyándose del dispositivo llamado cronometro para medir el tiempo empleado por un operador para ejecutar la operación. Los dos principales métodos para cronometrar son:

##### **4.4.1.1. Método regreso a cero**

Se toma el tiempo para cada elemento identificado en la operación, esperando que el ciclo de la operación termine para cronometrar nuevamente el elemento que se está trabajando. Por ello, una vez se ha medido y anotado la

duración del elemento analizado, se coloca la pantalla del cronometro en cero, esperando la siguiente oportunidad para tomar el tiempo del elemento.

García (2005, p. 196) lo define como aquel método que consiste en “oprimir y soltar inmediatamente la corona de un reloj de ‘un golpe’ cuando termina cada elemento”.

#### **4.4.1.2. Método continuo**

El analista, contrariamente al método anterior, mide la duración total del proceso desde que inicia hasta que termina. Anotando el marcaje del tiempo transcurrido en la frontera de cambio de un elemento a otro.

Al respecto García (2005, p. 196) menciona que con este método “el reloj se pone en marcha y permanece en funcionamiento durante todo el estudio y solo se detendrá una vez que el estudio haya concluido. El tiempo para cada elemento se obtendrá restando la lectura anterior de la lectura inmediata siguiente”.

#### **4.4.2. Tiempo normal**

Cuando se ha definido la duración del tiempo cronometrado de la operación, se deberá normalizar. Esta normalización es necesaria porque se debe evaluar el desempeño del operador al momento de realizar el estudio de tiempo. De lo anterior se define el tiempo normal como el producto del tiempo cronometrado y su respectiva calificación García (2005).

#### **4.4.2.1. Métodos para la calificación del método de trabajo**

- “Nivelación: consiste en dividir en cuatro categorías el desempeño del trabajador. Estos son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia” (García, 2005, p. 213).
- “Calificación de la velocidad: es un método de evaluación del desempeño que considera solo el ritmo de trabajo por unidad de tiempo” (Niebel & Freivalds, 2009, p. 357).
- “Calificación objetiva: es un método según el cual se califica el ritmo y la dificultad de trabajo” (García, 2005, p. 221).

Los valores utilizados para este estudio pueden consultarse en el anexo A2. Valores para calificación del trabajo. Método de nivelación.

#### **4.4.3. Tiempo estándar o tipo**

La estandarización del tiempo de una operación es el adiciónamiento de holguras sobre el tiempo normal (García, 2005). Estas holguras son las que trasladan el estudio de tiempos al plano de la realidad objetiva. Esto porque las condiciones ambientales de operación, la dificultad de la operación y las peculiaridades del factor humano influyen en la cantidad de productos obtenidos.

##### **4.4.3.1. Holgura y suplementos**

Al respecto existen muchas formas de calcular los suplementos. Sin importar qué método se seleccione, se deberá partir de las circunstancias en que se desarrolla la operación y luego aplicar el método seleccionado (Niebel &

Freivalds, 2009). El método convencionalmente aceptado, es el de suplementos predeterminados, el cual se basa en una tabla con valores en porcentajes. La tabla con los porcentajes de holgura están disponibles en el anexo A3. Calificación de holguras.

#### **4.4.4. Muestreo del trabajo**

“La técnica del muestreo de trabajo consiste en la cuantificación proporcional de una gran número de observaciones tomadas al azar”. (García, 2005, p. 250). Es una técnica en la ingeniería de métodos que puede aplicarse para conocer el movimiento de materiales, determinar la proporción de tiempo ocioso durante un día, entre otros.

No obstante, al no conocer la duración del tiempo de la operación a determinar, existe controversia sobre cuántos ciclos son los apropiados a tomar como base para llevar a cabo el estudio de tiempos. Al respecto *General Electric Company* estableció una tabla con la que al cronometrar la duración de la operación, puede conocerse la cantidad de ciclos a observar en el estudio. La misma se encuentra en la sección de anexos como A1. Número recomendado de ciclos de observación.

## **5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **5.1. Descripción del proceso de fabricación de puertas y ventanas tipo europeas**

La producción se da en un sistema intermitente o taller, consta de cuatro áreas claramente distinguibles. Corte, troquel, ensamble y montaje de vidrio. Se hace la aclaración en el inicio de este capítulo que las operaciones de corte, troquel y montaje de vidrio no tienen variación significativa en función de la ventana o puerta que se fabrica. Por ejemplo, en el área de corte los cortes se dan en cualquier producto, lo mismo en troquel, que en su mayoría de las piezas realiza los agujeros de instalación, escuadras, drenaje y brazo flexible. Y por último montaje de vidrio, el que sin importar la dimensión de la puerta o ventana se debe introducir el vidrio, colocar silicone y empaque.

#### **5.1.1. Corte**

El área de corte cuenta con dos estaciones de trabajo. Cada estación cuenta con dos sierras calibradas milimétricamente, un operador y un ayudante. El proceso comienza al recibir la orden de corte por el supervisor del taller. El operador de la sierra verifica que el tipo de perfil y color correcto este cargado en los racks. Los racks o acumuladores de perfiles, son cargados por el departamento de bodega de perfiles.

Al estar disponibles en los racks, el operador se encarga de tomar los perfiles y los traslada a los carretes de la sierra, verifica en la orden de corte la longitud y ángulo de la pieza a cortar, ingresa estos datos en la pantalla digital de la sierra y emite el corte.

El ayudante retira las piezas cortadas del carrito de corte y las traslada al banco de trabajo donde etiqueta las piezas, identificándolas si son largos o anchos. En caso de ser anchos coloca la etiqueta con borde amarillo que además tiene el nombre de la obra o lote del cliente y el tipo de pieza que conforma en el lote total.

En caso contrario, al ser un largo es identificado con la etiqueta color celeste con la misma información. Por último, almacena las piezas cortadas según la disponibilidad del lugar. En caso, los perfiles cortados sean el marco de instalación, el ayudante procede a barrenar los agujeros que cumplen con dicha función.

Figura 9. **Estación de trabajo en el área de corte**



Fuente: elaboración propia.

### **5.1.2. Troquel**

Al mismo tiempo que el supervisor del taller entrega la orden de corte, entrega un documento al área de troqueles. Es el área de troqueles responsable de hacer los agujeros, o como se le conoce entre los operarios “saques”, que permiten el ensamble de los accesorios y perfiles.



Los agujeros más comunes que se realizan en las piezas son:

4. Agujeros para escuadras, utilizados para marcos, hojas y corredizas.
5. Agujeros para drenajes, internos y externos.
6. Agujeros para instalación de chapas en ventanas corredizas y puertas.
7. Agujeros para instalación de brazos flexibles, utilizados en ventanas proyectables, oscilobatientes y abatibles.
8. Agujeros para cremona.
9. Hendido piezas, entre otros.

Los agujeros se hacen en máquinas copiadoras y troqueladoras. Las máquinas copiadoras permiten perforar un perfil al tiempo que también realizan perforación en sentido horizontal, este tipo de perforación se necesita para los brazos flexibles, chapas, etc.

Las máquinas troqueladoras funcionan con patrones establecidos de perforación y se utiliza la máquina dependiendo del agujero que se necesite; funcionan a base de presión ejercida por aire comprimido. Cuando los agujeros se han hecho en los perfiles, estos son devueltos al lugar donde fueron encontrados. El transporte de este proceso es manual en grupos de dos a cuatro piezas de perfiles. La figura 10 a continuación muestra la carreta donde se almacenan los perfiles en el área de corte y troquel.

Figura 10. **Almacenaje actual de perfiles**



Fuente: elaboración propia.

### **5.1.3. Ensamble**

Este proceso requiere un grado más alto de destreza para realizar las operaciones. De hecho, esta área concentra el capital humano más experimentado del proceso. El procedimiento y tiempo varía de tipo de producto a producto principalmente en la colocación de accesorios, perforaciones varias y colgado de hojas en marcos de instalación.

Cada obra procesada en el taller se compone de ventanas, puertas o bien la combinación de ambas. El departamento de ingeniería del producto genera los planos en dos dimensiones de cada una de las puertas y ventanas contenidas en la obra. En cada plano se especifica el tipo de ventana o puerta con un correlativo único, siendo comúnmente utilizado  $V_n$ , y  $P_n$ . Donde  $n$  representa el número de la pieza en el lote.

El supervisor descompone la obra en piezas individuales que son asignadas, según el nivel de experiencia entre los operarios de ensamblaje. Por lo tanto un ensamblador deberá identificar y reunir los perfiles de las piezas que se le hayan sido asignadas para ensamblar.

La identificación de piezas es posible, porque al principio se mencionó que en el proceso de corte, son identificados los perfiles cortados a través de calcomanías, que entre la información contenida posee el tipo de pieza que representa en la obra, Vn o Pn.

Continuando con la descripción del proceso en el área, recibida la asignación de las piezas a ensamblar, cada uno de los operarios busca en las carretas, los perfiles de las piezas a ensamblar. Simultáneamente, la bodega de materiales despacha los accesorios acorde al reporte generado por ingeniería del producto, en el que se detalla por obra los distintos tipos y cantidad de accesorios necesarios para completar las distintas piezas en la obra.

Identificados los perfiles, se buscan los accesorios asociados a las piezas a ensamblar. Otro componente del ensamble son los distintos empaques y felpas que dependen de la naturaleza de pieza que se vaya a ensamblar.

Cuando se han reunido todos los materiales, el procedimiento consiste en la colocación de empaques y felpas, seguidos de los accesorios, silicone y por último el ensamble; valiéndose en esta etapa de herramientas como llaves hexagonales de diferentes diámetros, barrenos, entre otros.

Cuando las piezas han sido ensambladas son colocadas en el área de almacenaje, donde serán trasladadas manualmente por los operarios de

montaje de vidrio. El área de ensamble cuenta con quince estaciones de trabajo.

Figura 11. **Estación de trabajo en el área de ensamble**



Fuente: elaboración propia.

#### **5.1.4. Montaje de vidrio**

También conocida como el área de envidriado. Corta y ensambla el vidrio en cada una de las puertas o ventanas. El proceso de esta área comienza con el traslado de las planchas de vidrio a granel que es cortado, según las especificaciones de ingeniería del producto en alguna de las cuatro estaciones de trabajo.

Previamente se verifica el tipo de vidrio a cortar pudiendo ser, templado o normal, el color y el espesor del mismo. Al terminar de cortar las distintas piezas de vidrio para una obra en particular, se identifican con una etiqueta que no posee color alguno, más si el correlativo de pieza y nombre de la obra.

Cuando todas las piezas de vidrio están cortadas e identificadas se trasladan las ventanas o puertas a las estaciones de trabajo. Se comienza desinstalando alguno de los dos anchos, identificado por aquel que no posee silicone. Regularmente se utilizan tacos plásticos, como medio de contacto interno entre el perfil de aluminio y el vidrio. Previniendo que en el uso de la puerta o ventana, se astille o quiebre el vidrio. A continuación se aplica silicone y se ensambla la pieza de aluminio faltante.

Este no es el fin del proceso, porque se debe colocar empaque para vidrio alrededor del perímetro del vidrio que se traslapa con el perfil. Las operaciones se consideran genéricas en el proceso por los operarios, ya que no se evidencia nivel de complejidad entre piezas diferentes de acuerdo a su experiencia. Se trasladan las piezas ensambladas al área de bodega de producto terminado donde se espera el despacho y carga de ventanas y puertas para ser instaladas en la obra.

Figura 12. **Estación de trabajo en el área de montaje de vidrio**



Fuente: elaboración propia.

### **5.1.5. Gama de productos**

Es evidente que el sistema de producción, taller, responde a la gama diversa de productos que provee esta empresa. Agrupándose en tres: puertas, ventanas y ventilación.

#### **5.1.5.1. Puertas**

- Corredizas de n hojas
- Puertas abatibles o tradicionales
- Puertas vaivén
- Puertas plegables
- Puertas corrugables
- Puertas elevables

#### **5.1.5.2. Ventanas**

- Proyectables simples y de n cuerpos
- Abatibles simples
- Abatibles de dos hojas
- Abatibles de dos cuerpos
- Oscilobatientes simples y de n cuerpos
- Fijos simples y de n cuerpos
- Fijos con forma (rolados o cortes diferentes de 45°)
- Fijos con uniones a hueso
- Mayorquinas
- Cedazos fijos
- Cedazos corredizos y enrollables

Figura 13. **Ventanas proyectables**



Fuente: elaboración propia.

### **5.1.5.3. Ventilación**

- Ventanas tipo sifón
- Sifones

### **5.1.6. Diagnóstico de la situación actual**

Basado en la observación del sistema se puede argumentar que existen días en los que existe acumulación de inventario por procesar en el área de ensamblaje, así como fechas de entrega que se sobrepasan como resultado del atraso de todo el proceso de producción.

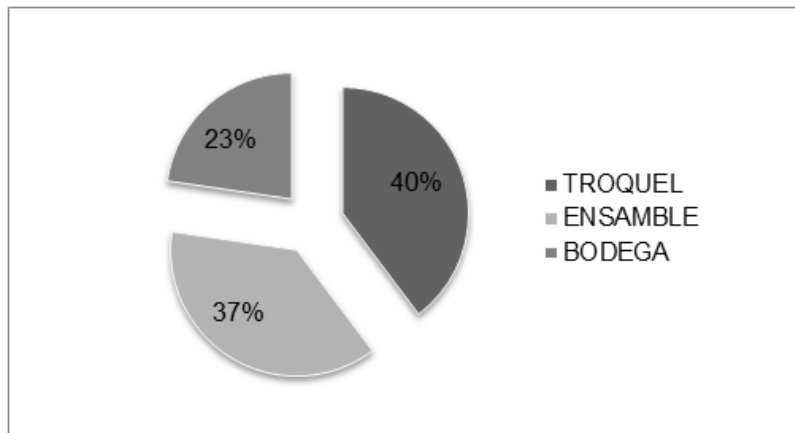
Además, se hace énfasis en un sistema de producción no continuo. En el que existen paros de producción entre cambio de obra de duración considerable en el área de ensamble. Y para ejemplificar se tomó datos en una semana del tiempo de estudio, arrojando la información que se resume en la tabla presentada.

Tabla VI. **Paros observados en el área de ensamble**

PAROS			(min)	CAUSA	AREA
08-jul	10:25	11:15	50	No se habían repartido las piezas a ensamblar.	Ensamble
08-jul	13:45	14:26	41	Troquel se atrazó en la entrega de perfiles.	Troquel
09-jul	11:15	12:00	45	Bodega no había despachado los accesorios correctos.	Bodega
09-jul	14:30	14:56	26	Cambio de broca en copiadora. Retrazo en piezas.	Troquel
11-jul	9:30	10:15	45	Troquel se atrazó en la entrega de perfiles.	Troquel
11-jul	15:05	16:01	56	No se habían repartido las piezas a ensamblar.	Ensamble
12-jul	8:36	8:55	19	No habían escuadras de 45° en el lote de accesorios.	Bodega

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Paros provocados por áreas en ensamble**



Fuente: elaboración propia.

De los 282 minutos totales observados como paros en el estudio, el 23% fue provocado por inconvenientes en bodega de accesorios, 37% por el área misma de ensamble y el 40% por troquel en la que dentro sus causas destaca atrasos provocados por el manejo manual de las piezas y cambio de broca, e inclusive por atraso del área de corte en el suministro de perfiles para este proceso.

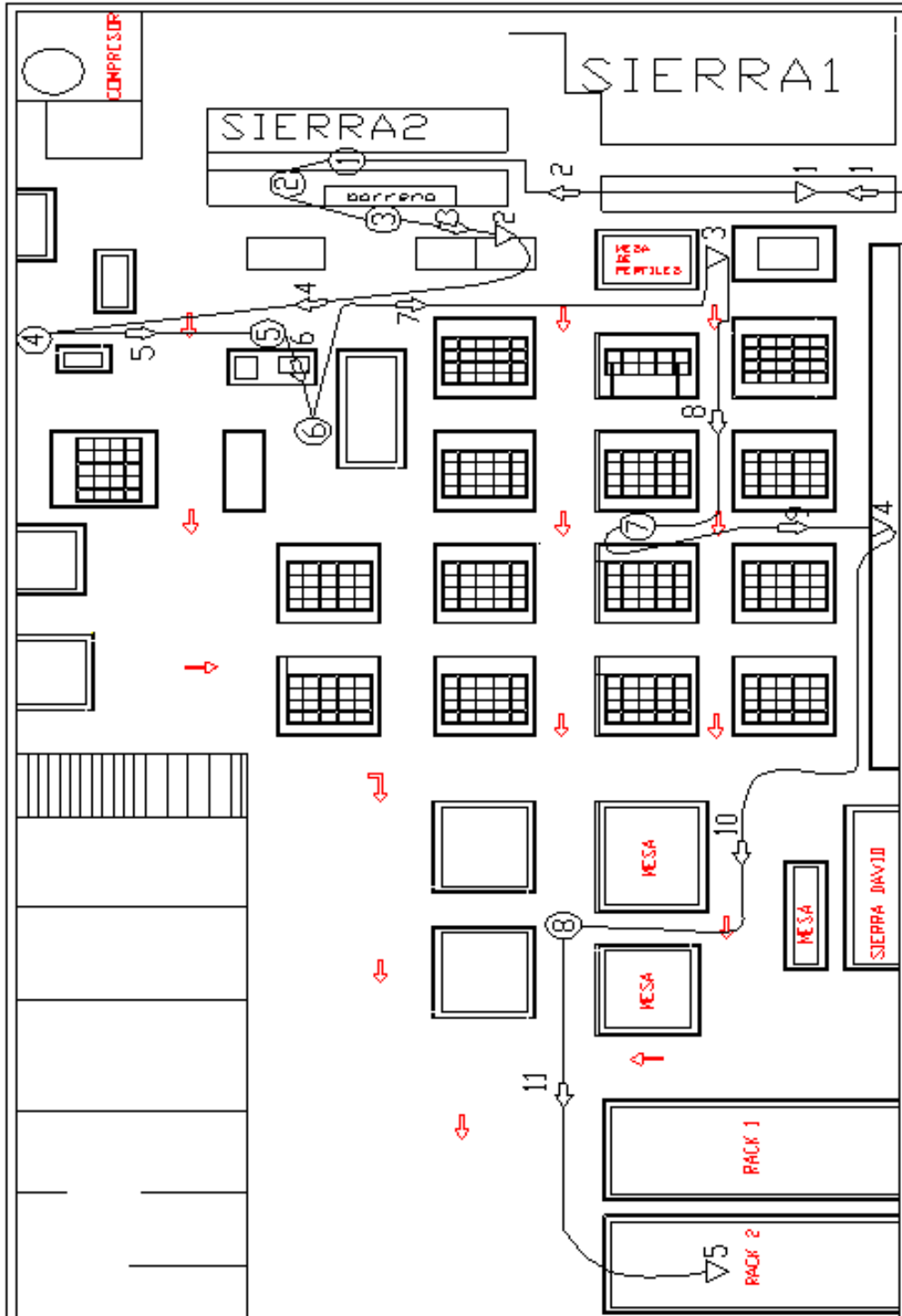


El tipo de demanda con que trabaja el sistema es real o a contrarremedida. Ello significa que cada ventana y puerta es producida con medidas específicas, tal cual se necesita en la obra de construcción, lo cual implica que no se produce a granel y que por lo tanto las ventas son reales. Existe un cliente, antes de ser fabricado el producto.

La medida de productividad en este sistema es la cantidad de marcos producidos al día. Entendido por marco el ensamble de cuatro piezas de perfil, dos anchos y dos largos respectivamente. Así por ejemplo, una ventana se compone de dos marcos, uno de instalación en el vano y el otro, la hoja de la ventana donde se instala el vidrio.


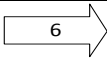

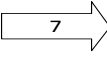

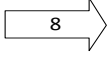

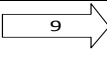

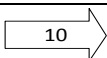

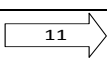

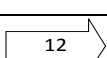


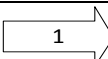

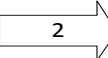

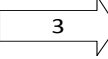

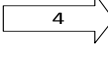

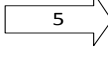
Tanto las operaciones, como la situación actual se pueden describir a través de un diagrama de recorrido en la figura 15. Al finalizar se provee de un resumen de las operaciones, transportes y almacenajes de forma generalizada.

Figura 15. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Cuadro de resumen del diagrama de recorrido

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Corte de perfiles		Troqueles de escuadra a troquel de drenaje interno
	Etiquetado de piezas		Troquel de drenaje a copiadoras
	Perforación de agujeros de instalación		Copiadoras a almacenaje de piezas troqueladas
	Perforación de agujeros de escuadra diversos		Almacenaje a bancos de trabajo
	Perforación de agujeros internos y externos de drenaje		Bancos de trabajo a ventanas y marcos ensamblados
	Saques de chapas y brazos flexibles		Ventanas y marcos ensamblados a mesas de montaje de vidrio
	Ensamble de piezas		Mesa de montaje de vidrio a racks producto terminado
	Montaje de vidrio		Racks de alimentación, sierras
	Bodega a rack		Almacenaje de piezas cortadas
	Rack a sierra		Almacenaje de piezas troqueladas
	Sierra a barreno		Almacenaje de ventanas y puertas ensambladas
	Barreno a almacenaje de piezas cortadas		Almacenaje de piezas terminadas
	Almacenaje a troqueles de escuadras		

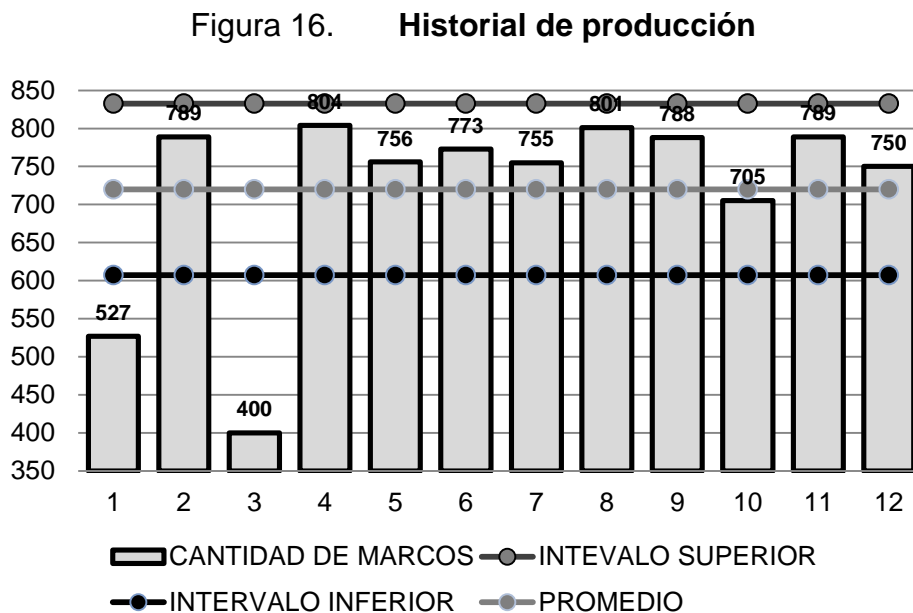
Fuente: elaboración propia.

El total de actividades entre operaciones, transportes y almacenajes es de veinticinco. La distancia recorrida es de 114 metros. La duración total del proceso depende de la pieza fabricada, en la que el proceso que hace variar la duración total es el área de ensamble por su nivel de complejidad en las operaciones, colocación de accesorios, entre otros factores.

## 5.2. Determinación de la capacidad instalada

Se hace la aclaración nuevamente, que las cantidades no se refieren a puertas y ventanas producidas, sino a marcos, que es la medida de productividad del sistema.

Por medio de un histograma de frecuencias, se deduce la cantidad de marcos por día que pueden producirse en el sistema. Siendo el período de análisis doce semanas. Además, la recolección de los datos es con base a la ejecución de los programas de producción del período de análisis consolidando las cantidades de distintos lotes en cada período de análisis.



Fuente: elaboración propia.

Para calcular la capacidad instalada se empleó la estadística inferencial a través de intervalos de confianza, donde el límite superior fue tomado como el indicador de capacidad instalada máxima y el promedio como capacidad

instalada media. Para lo que se presentan los datos resumidos del cálculo en la tabla siguiente.

Tabla VIII. **Cálculo de la capacidad instalada máxima**

Desviación de la muestra (s)	126	t 0.005	2.201
Media ( $\bar{x}$ )	720	Fórmula	
Número de datos, semanas (n)	12	$\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$	
Grados de libertad (n-1)	11	Intervalo superior (cap. máxima)	832
Int. Confianza	99%	Intervalo inferior (cap. mínima)	607

Fuente: elaboración propia.

Así, con un 99% de confianza se puede argumentar que la capacidad máxima del sistema de producción con base al estudio realizado son 832 marcos semanales, lo cual equivale a 167 marcos diarios. Y para la capacidad media: 720 marcos semanales o 144 marcos al día. Los meses intermedios del año, como los que se muestran son los que poseen la mayor demanda de puertas y ventanas, lo que hace representativo el estudio en dicho período.

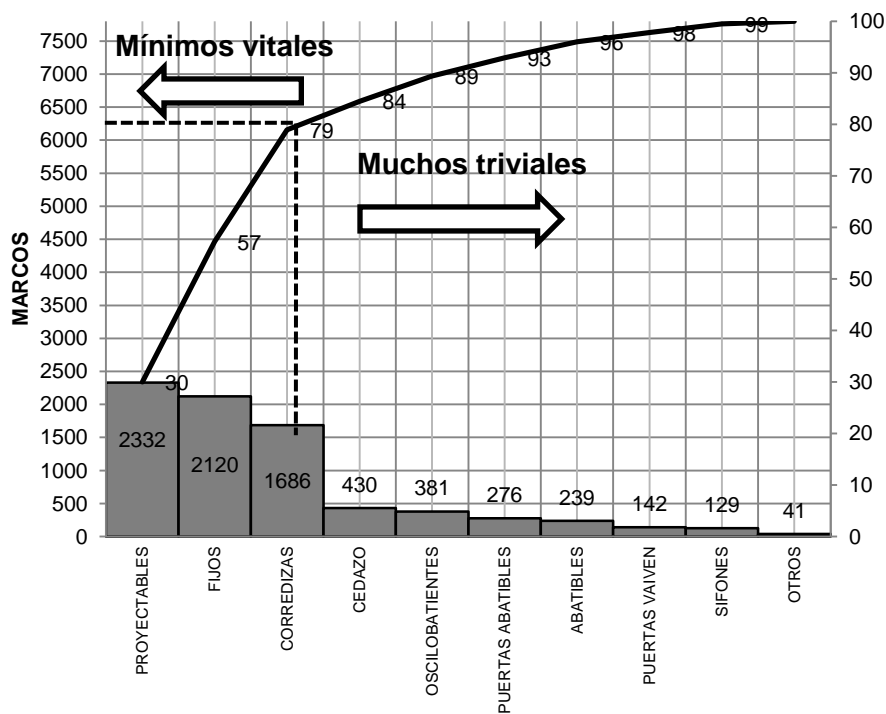
### 5.2.1. Criterio para la determinación de aumento significativo en la capacidad instalada

Con los anteriores límites normalizados, se estableció como significativo el incremento que supera al límite máximo de capacidad instalada – 832 marcos -. Ya que este dato se sitúa por encima de cualquier de los obtenidos en el estudio. Además, superar dicha capacidad instalada máxima solo puede ser por una causa asignable a cambios en el sistema que lo optimiza.

### 5.2.2. Selección de productos con mayor frecuencia de ventas reales

Con base a la demanda real, se tomó un horizonte de tiempo de tres meses para agrupar la demanda de acuerdo al tipo de producto. Para mostrar consistencia en la medición de estos datos, cada producto está expresado en cantidad de marcos.

Figura 17. Frecuencia de productos en demanda real



Fuente: elaboración propia.

El diagrama de Pareto anterior aporta información esencial sobre qué tipo de productos centrar los esfuerzos en el análisis de reducción o eliminación de desperdicios, dado que cuenta con una gama extensa de productos y cada uno varía en tiempo y complejidad del proceso.

El anterior diagrama de Pareto indica que la mayor parte de productos que abastece esta empresa productora está constituida por ventanas proyectables, fijas simples y corredizas. Por lo tanto, el análisis de tiempos en la siguiente fase se realizó sobre los tres productos mencionados.

### **5.3. Determinación del proceso restrictivo del sistema de producción**

Soportado por la teoría, al buscar incrementar la capacidad instalada se debe hallar el proceso con mayor área de oportunidad. El proceso se distingue por tener un ritmo de producción deficiente en comparación con los demás. Es así como se abordó este tema llegando a concluir con el área a centrar los esfuerzos a través de la metodología que se detalla.

#### **5.3.1. Cronometración de tiempos de operación**

Se aclara al lector que los datos muestrales de los tiempos son tomados como los poblacionales. Justificado por la duración de la investigación y los diferentes procesos a cronometrar. Que de haberse utilizado los datos presentados como muestrales para determinar los ciclos del estudio de tiempos poblacionales, habría derivado en un estudio más extenso, comprometiendo la terminación de la investigación.

##### **5.3.1.1. Área de corte**

Se enuncian la secuencia general de las operaciones en este proceso: Tomar perfiles de rack y trasladarlos al área de corte, marcar en máquina la longitud, chequear los cortes en listado, configurar medida en máquina y emitir corte, trasladar de sierra a mesa, marcar con etiqueta la pieza y trasladar al almacenaje.

Los resultados de las siguientes mediciones toman en consideración la observación de las operaciones en el área de corte, en un día de trabajo normal y de acuerdo a la tabla del número de ciclos recomendados, puede consultarse en el área de anexos (Erie Works General Electric, 1972, p. 325.).

El procedimiento consistió en medir la duración del ciclo total del procedimiento en el área, se comparó con la tabla que define en función del tiempo la cantidad de ciclos a cronometrar. Esta metodología se utilizó en la cronometración de las áreas restantes (Tabla IX.).

Tabla IX. **Tiempo cronometrado en el área de corte**

Ciclo	Duración (seg)	Ciclo	Duración (seg)	Ciclo	Duración (seg)
1	76	11	74	21	91
2	41	12	63	22	110
3	51	13	71	23	104
4	76	14	63	24	104
5	81	15	71	25	95
6	74	16	60	26	101
7	69	17	56	27	92
8	91	18	63	28	119
9	146	19	89	29	122
10	97	20	105	30	103
<b>Tiempo cronometrado promedio</b>					<b>86</b>

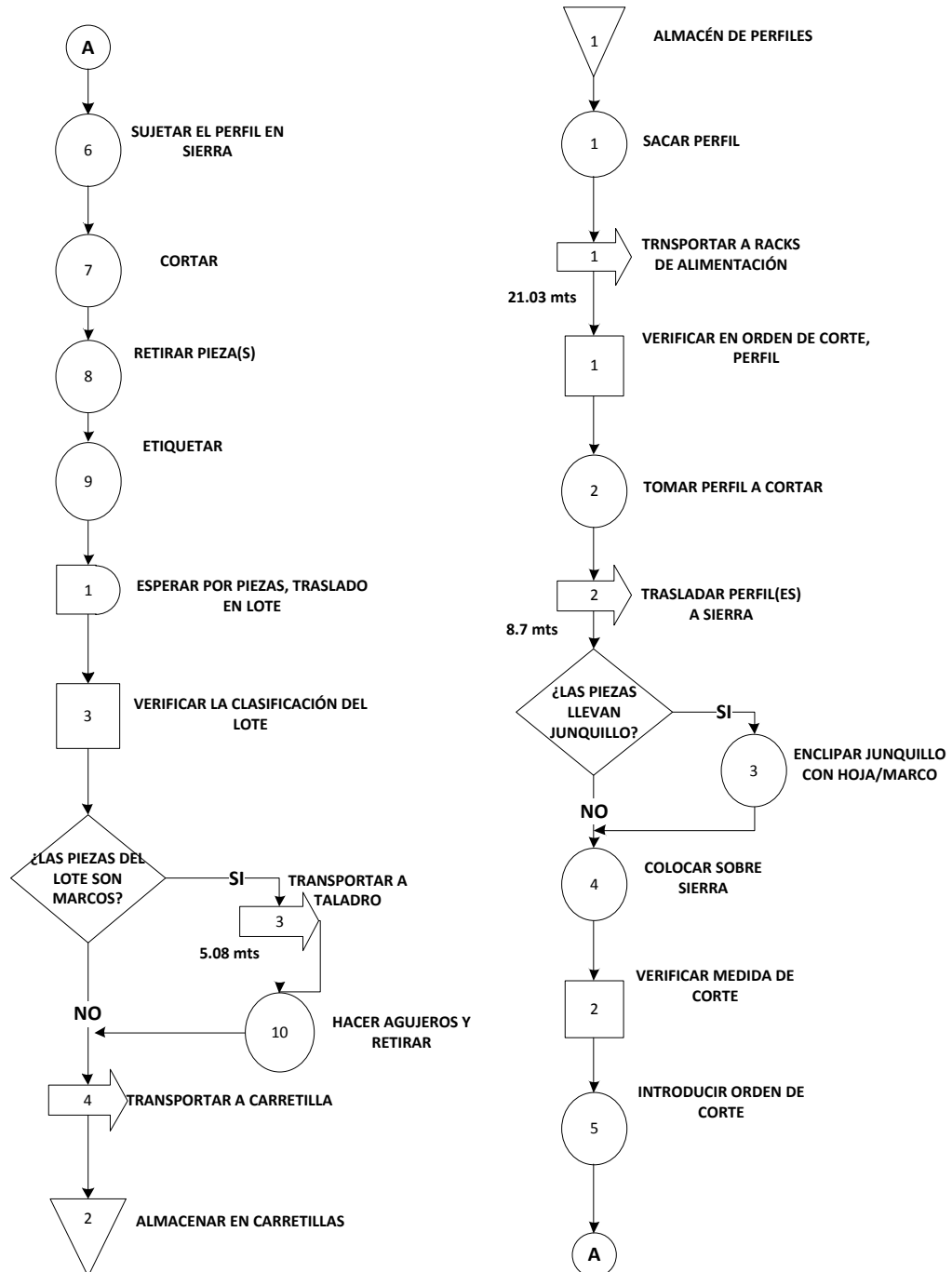
Fuente: elaboración propia.

La cantidad de perfiles cortados en este proceso, son cuatro piezas individuales en promedio, la cantidad necesaria para ensamblar un marco. Se esquematiza este proceso, a través de un diagrama de flujo de operaciones.



Figura 18. Diagrama de operaciones del área de corte

EMPRESA: PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS	DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	REVISÁ: GERENTE DE OPERACIONES
FECHA: 11/09/2014	ÁREA: CORTE	ANALISTA: ESTEBAN SANTIZO SULECIO
TIEMPO CRONOMETRADO: 86 segundos	MAQUINARÍA: SIERRAS	PAG: 1/1



Fuente: elaboración propia.

### 5.3.1.2. Área de troqueles

Se tomó el criterio de incluir en esta área para el estudio tres tipos diferentes de agujeros que son regularmente constantes para todas las piezas ensambladas en el taller. Estos son: agujeros para ensamble de escuadras, drenaje y ranura para brazos flexibles o chapa. Cada uno se cronometró por separado (Tabla X.).

La secuencia de las operaciones para los agujeros para el ensamble de escuadras es:

- Tomar pieza del área de almacenaje y trasladar al área de troquel.
- Remover cinta adhesiva
- Troquela pieza

Tabla X. **Tiempo cronometrado agujeros de ensamble**

Ciclo	Duración (seg)	Ciclo	Duración (seg)	Ciclo	Duración (seg)
1	63	6	57	11	112
2	59	7	93	12	107
3	63	8	100	13	117
4	85	9	132	14	109
5	151	10	155	15	119
<b>Tiempo cronometrado promedio</b>					<b>101</b>

Fuente: elaboración propia.

El tiempo cronometrado corresponde a los agujeros necesarios para ensamblar un marco, en cada una de las cuatro piezas de perfil que lo conforman.

A continuación se enumera la secuencia de las operaciones para los agujeros para drenaje interior y exterior con su respectiva tabla de observaciones tomadas. Este agujero se da en el ancho inferior de la pieza por marco y de ser grande necesita más de dos agujeros (Tabla XI.).

- Tomar pieza a troquelar y transportar a troquel de drenaje.
- Troquelar agujeros necesarios según tamaño de pieza

Tabla XI. **Tiempo cronometrado agujeros de drenaje**

Ciclo	Duración (seg)	Ciclo	Duración (seg)	Ciclo	Duración (seg)
1	13	6	16	11	14
2	10	7	18	12	16
3	11	8	19	13	18
4	13	9	17	14	17
5	11	10	16	15	13
<b>Tiempo cronometrado promedio</b>					<b>15</b>

Fuente: elaboración propia.

Y por último, en esta área se cronometró la perforación de los agujeros en forma rectangular para la instalación del mecanismo flexible. Este mecanismo de flexión permite que tanto una ventana como puerta pueda abrirse y cerrarse hasta un ángulo permitido. La secuencia de operaciones y los datos recolectados se presentan (Tabla XII.).

- Tomar perfil con agujeros troquelados (escuadras y drenaje) y trasladar a máquina copiadora.
- Según patrón del agujero necesario ajustar máquina.
- Perforar agujeros y limpiar rebabas de aluminio.

- Trasladar pieza troquelada a lugar de almacenamiento o a la siguiente operación en troquel.

Tabla XII. **Tiempo cronometrado agujeros para mecanismo flexible**

Ciclo	Duración (seg)	Ciclo	Duración (seg)	Ciclo	Duración (seg)
1	36	6	32	11	36
2	35	7	33	12	31
3	41	8	42	13	37
4	36	9	37	14	37
5	36	10	39	15	41
<b>Tiempo cronometrado promedio</b>					<b>37</b>

Fuente: elaboración propia.

Los tres anteriores procesos se detallan en el diagrama de flujo de operaciones (Tabla XIII.).

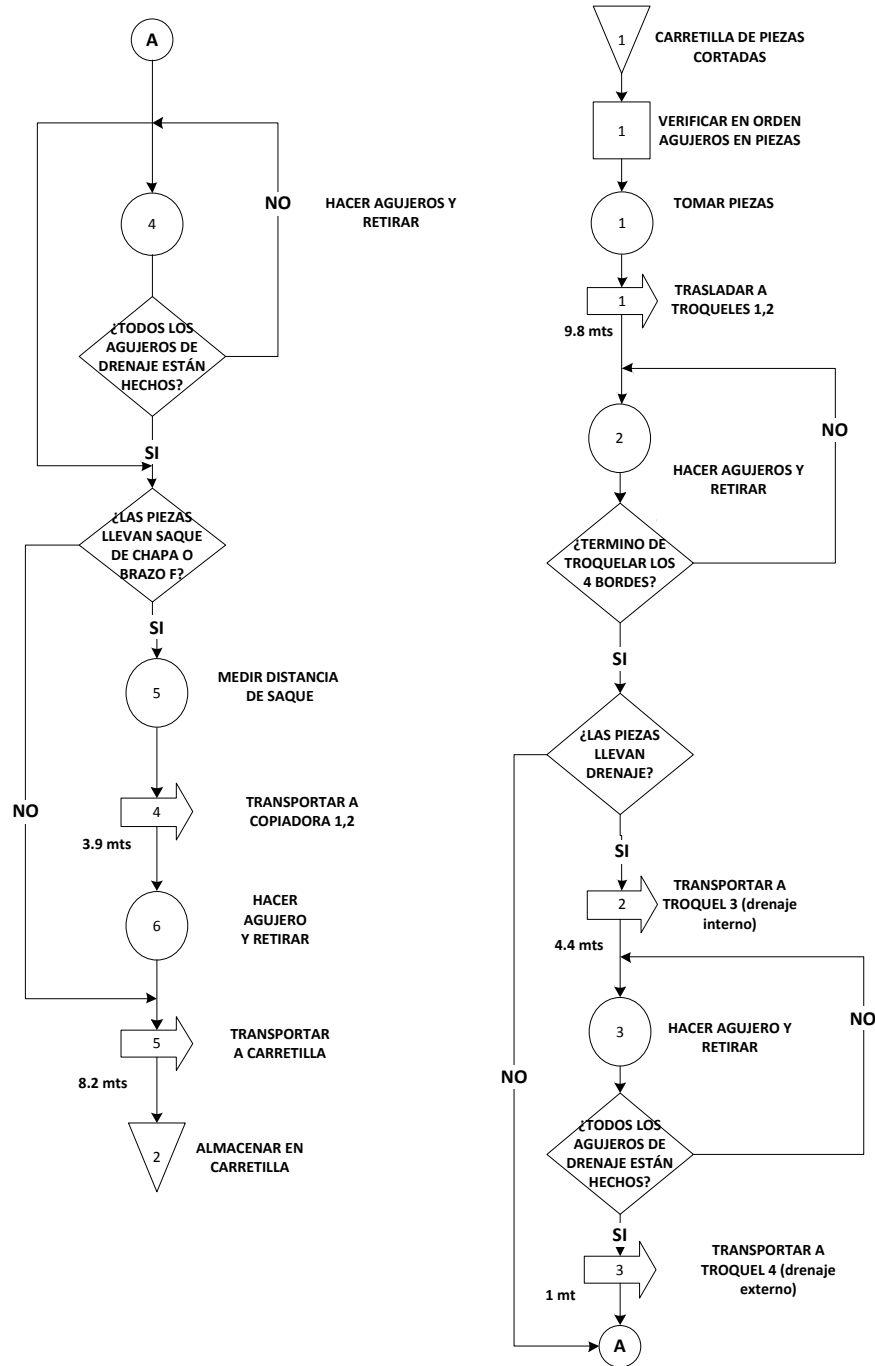
Tabla XIII. **Tiempo cronometrado total**

Operación troquel	Duración (seg)
Troquelado agujeros de ensamble	101
Troquelado agujeros de drenaje	15
Troquelado agujeros para mecanismo flexible	37
<b>Tiempo cronometrado total</b>	<b>153</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Diagrama de operaciones del área de troqueles

EMPRESA: PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS	DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	REVISIA: GERENTE DE OPERACIONES
FECHA: 11/09/2014	ÁREA: TROQUEL	ANALISTA: ESTEBAN SANTIZO SULECIO
TIEMPO CRONOMETRADO: 153 segundos	MAQUINARIA: TROQUELES HIDRAULICOS	PAG: 1/1



Fuente: elaboración propia.

### 5.3.1.3. Área de ensamble

En el futuro cercano los tres principales productos a fabricar son ventanas proyectables, ventanas fijas y ventanas o puertas corredizas. Con base a ello, se cronometraron las operaciones de ensamblaje, a un solo operario, utilizando el método de cronometración regreso a cero.

Se entra a un nivel mayor de detalle del proceso en el diagrama de flujo de operaciones de cada producto. Los tiempos cronometrados no incluyen el tiempo desperdiciado para reunir las piezas de perfiles de cada ventana (Tabla XIV.). Esto para diferenciar el tiempo que agrega valor del que no. La Tabla VI. contiene un breve estudio en el que se cronometraron los desperdicios en las áreas de corte, troquel y ensamble.

Tabla XIV. **Tiempo cronometrado ensamble de ventana proyectable**

Ciclo	Operaciones (seg)								Total (min)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	188	258	206	271	102	86	172	223	25.1
2	144	266	198	206	120	82	174	235	23.75
3	180	266	200	258	100	92	180	317	26.55
4	148	268	201	234	99	82	184	323	25.65
5	149	272	193	253	123	98	196	314	26.63
6	196	293	187	300	165	89	204	349	29.72
7	187	321	208	261	167	101	207	305	29.28
8	220	281	204	231	122	105	181	256	26.67
9	183	330	210	241	126	92	183	330	28.25
10	171	291	208	282	165	87	238	290	28.87
<b>Tiempo cronometrado promedio</b>									<b>27.05</b>

Fuente: elaboración propia.

Secuencia de operaciones para el ensamble de ventana proyectable:

- Colocar empaque flexible en perfil de marco (1).
- Colocar empaque central en perfil de la hoja (2).
- Armar hoja (3).
- Armar marco (4).
- Instalar de cierre de presión en hoja (5).
- Instalar recibidor de cierre de presión en marco (6).
- Instalar mecanismo de flexión (7).
- Montar hoja en marco (8).

Tabla XV. **Tiempo cronometrado ensamble de ventana fija**

Ciclo	Operaciones (seg)		Total (min)	Ciclo	Operaciones (seg)		Total (min)
	1	2			1	2	
1	231	222	7.55	6	261	338	9.98
2	197	260	7.62	7	161	329	8.17
3	394	247	10.68	8	264	243	8.45
4	330	222	9.2	9	234	250	8.07
5	295	371	11.1	10	228	208	7.27
<b>Tiempo cronometrado promedio</b>							<b>8.81</b>

Fuente: elaboración propia.

Secuencia de operaciones para el ensamble de ventana fija:

- Colocación de empaque flexible (1).
- Armado de ventana (2).

Tabla XVI. **Tiempo cronometrado ensamble ventana corrediza**

Ciclo	Operaciones (seg)					Total (min)
	1	2	3	4	5	
1	315	303	249	201	313	23.01
2	367	315	184	222	318	23.42
3	327	397	218	248	192	23.03
4	332	436	137	258	328	24.84
5	320	347	134	181	208	19.83
6	419	374	175	227	306	25
7	289	372	169	251	241	22.03
8	325	338	153	297	165	21.29
9	346	328	195	218	198	21.41
10	336	371	181	222	280	23.16
<b>Tiempo cronometrado promedio</b>						<b>22.7</b>

Fuente: elaboración propia.

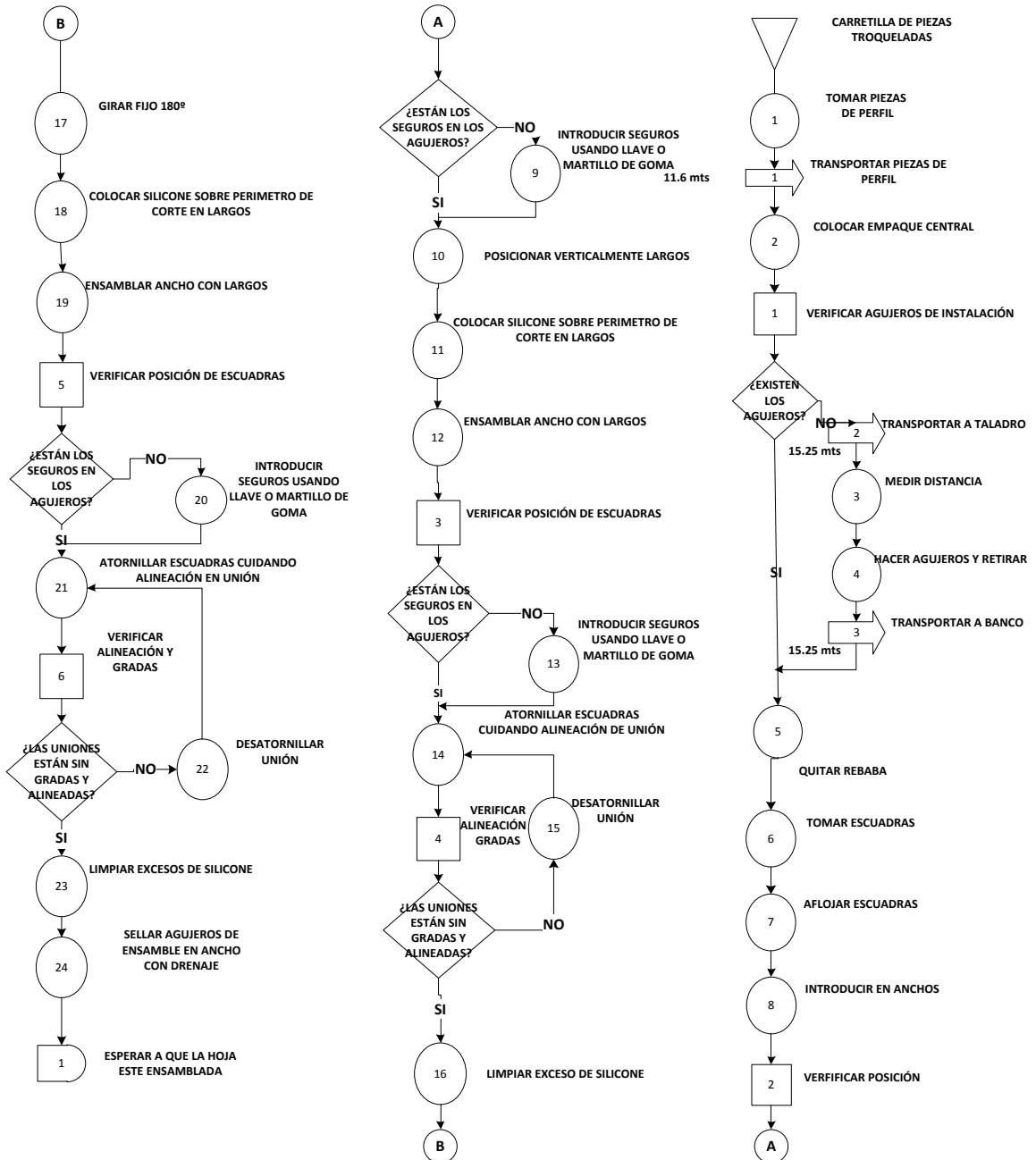
Secuencia de operaciones para el ensamble de ventana corredizas:

- Preparar anchos que incluye la colocación de felpa, escuadras de alineamiento, rodo y taco abatible (1).
- Preparar largos que incluye la colocación de chapa, alineadores plásticos, tapones en perfil de refuerzo, topes de amortiguación, felpa y quitar rebaba a perfiles. (2).
- Armar hoja, unir anchos con largos (3).
- Medir y colocar cortavientos en perfil de marco (4).
- Armar marco (5).



Figura 20. Diagrama de operaciones ensamble de marco proyectable

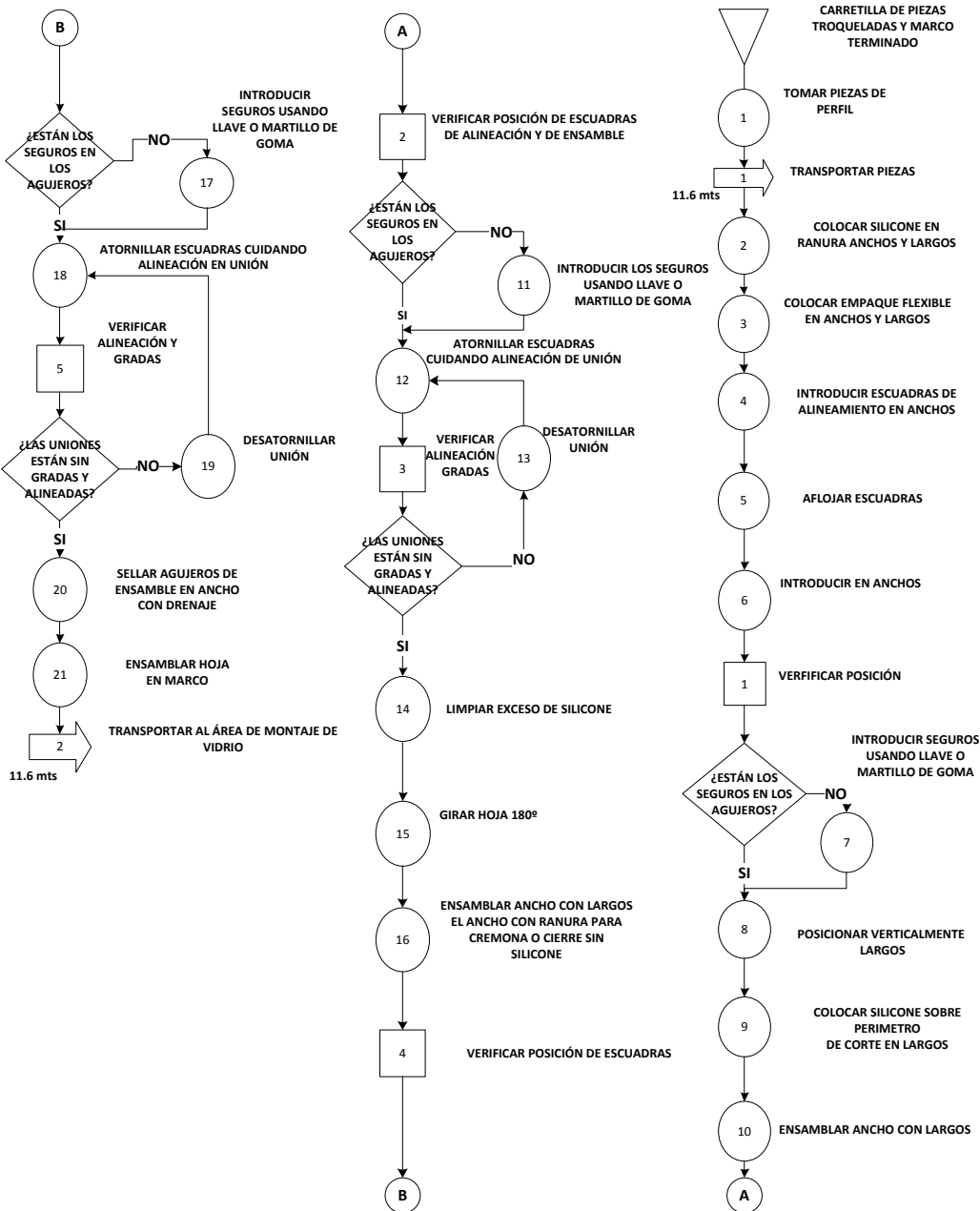
EMPRESA: PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS	DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	REVIS: GERENTE DE OPERACIONES
FECHA: 11/09/2014	ÁREA: ENSAMBLE	ANALISTA: ESTEBAN SANTIZO SULECIO
TIEMPO CRONOMETRADO: 27 min 03 seg	MAQUINARÍA: BARRENO, TALADRO OPC.	PAG: 1/1



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Diagrama de operaciones ensamble de hoja y marco de ventana proyectable

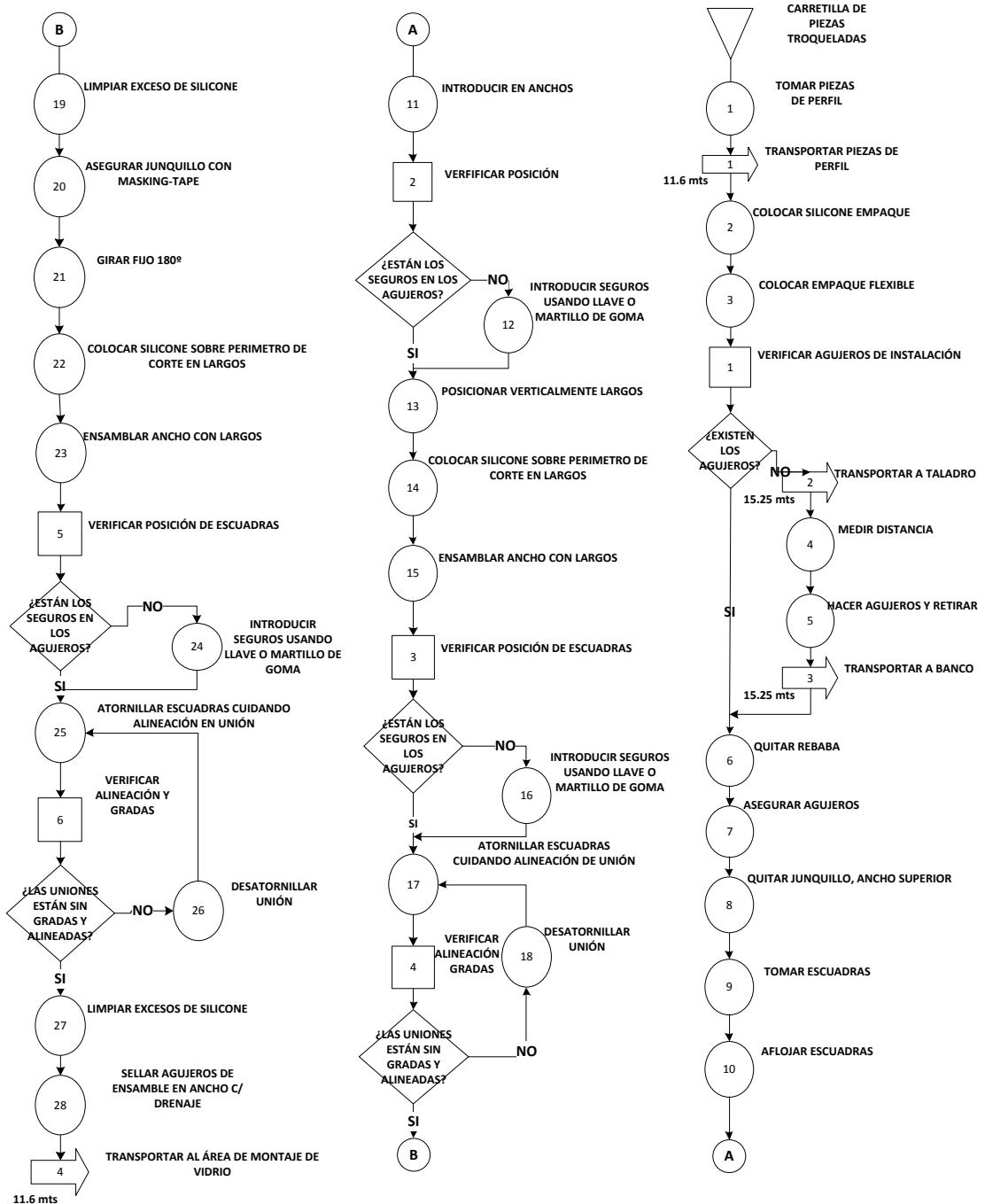
EMPRESA: PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS	DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	REVISÁ: GERENTE DE OPERACIONES
FECHA: 11/09/2014	ÁREA: ENSAMBLE	ANALISTA: ESTEBAN SANTIZO SULECIO
TIEMPO CRONOMETRADO: 27 min 03 seg	MAQUINARIA: BARRENO, TALADRO OPC.	PAG: 1/1



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Diagrama de operaciones ensamble ventana fija

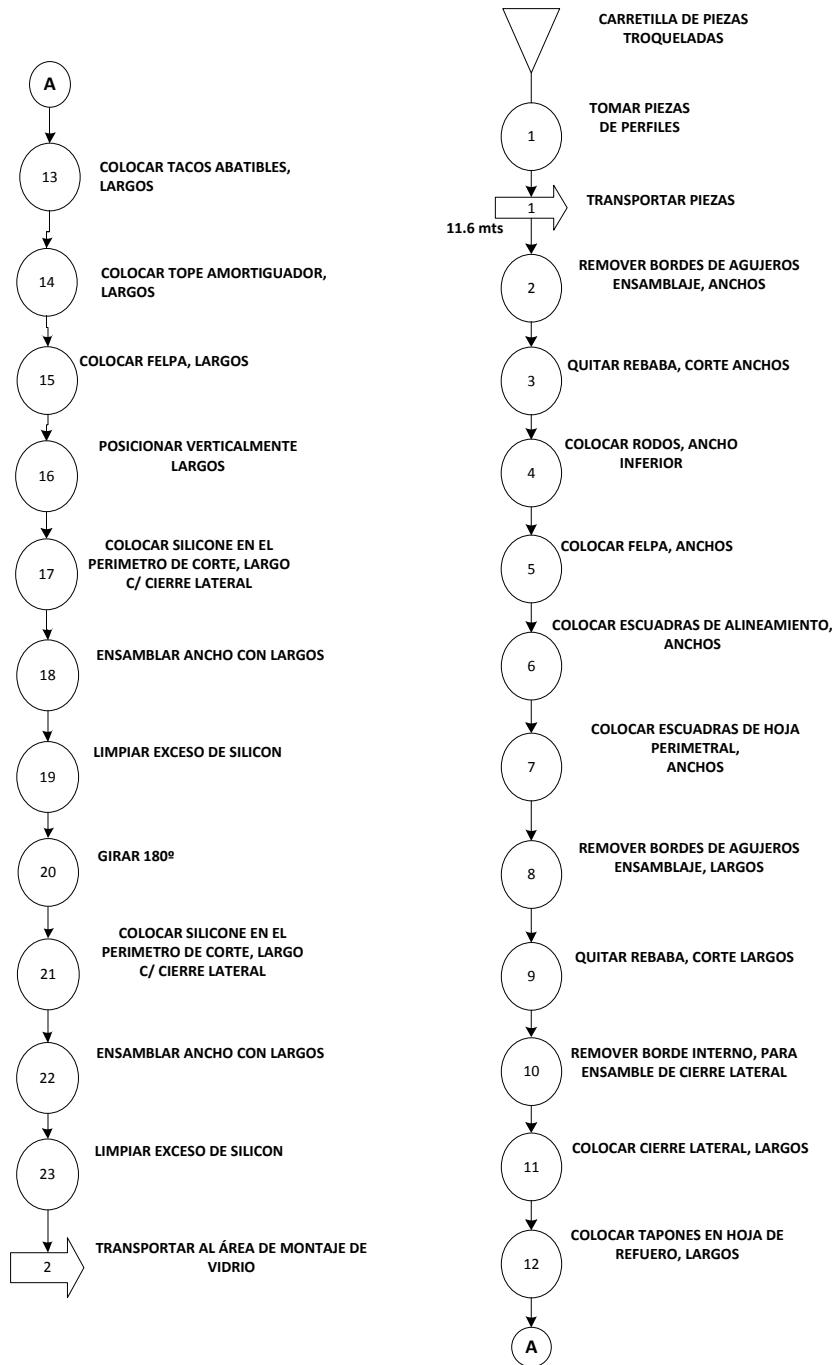
EMPRESA: PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS	DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	REVIS: GERENTE DE OPERACIONES
FECHA: 11/09/2014	ÁREA: ENSAMBLE	ANALISTA: ESTEBAN SANTIZO SULECIO
TIEMPO CRONOMETRADO: 8 min 49 seg	MAQUINARÍA: N/A	PAG: 1/1



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama de operaciones ensamble de hoja corrediza

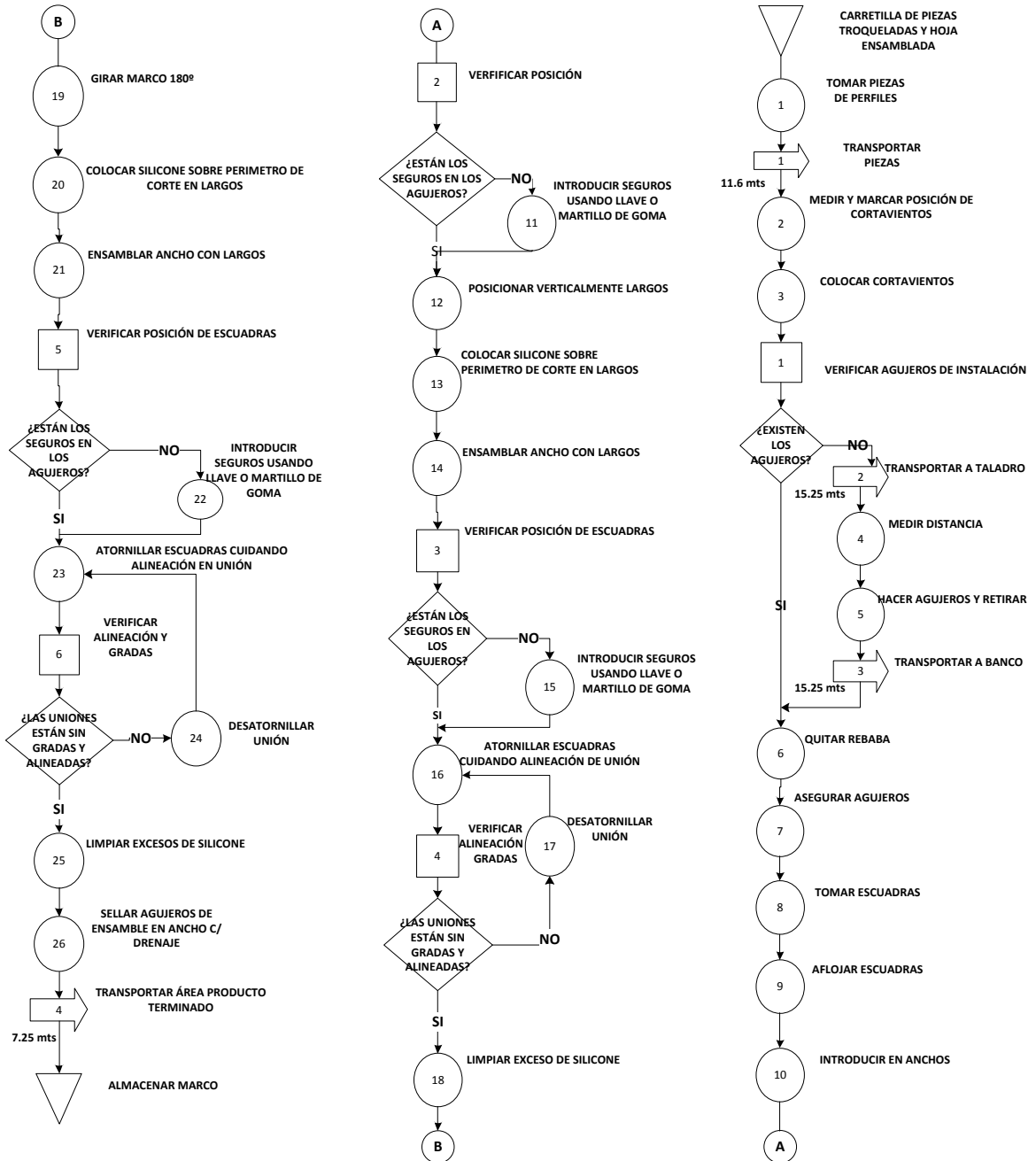
EMPRESA: PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS	DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	REVISIA: GERENTE DE OPERACIONES
FECHA: 11/09/2014	ÁREA: ENSAMBLE	ANALISTA: ESTEBAN SANTIZO SULECIO
TIEMPO CRONOMETRADO: 22 min 42 seg	MAQUINARÍA: BARRENO, TALADRO OPC.	PAG: 1/1



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama de operaciones ensamble de marco corrediza

EMPRESA: PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS	DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	REVIS: GERENTE DE OPERACIONES
FECHA: 11/09/2014	ÁREA: ENSAMBLE	ANALISTA: ESTEBAN SANTIZO SULECIO
TIEMPO CRONOMETRADO: 22 min 42 seg	MAQUINARIA: BARRENO, TALADRO OPC.	PAG: 1/1



Fuente: elaboración propia.

#### 5.3.1.4. Área de montaje de vidrio

En la última área del proceso productivo, se realizó el estudio de tiempos respecto a la colocación de vidrios. Señalando que en esta parte del proceso no existe diferencia entre la colocación de vidrio en cualquier tipo de ventana o puerta. La secuencia de operaciones se menciona:

- Desatornillar el ancho que posee la cremona o cierre de presión o chapa (1).
- Introducir cuñas y vidrio posteriormente (2).
- Colocar silicone y ensamblar pieza quitada en el primer paso (3).
- Colocar empaque y aplicar silicone (4).

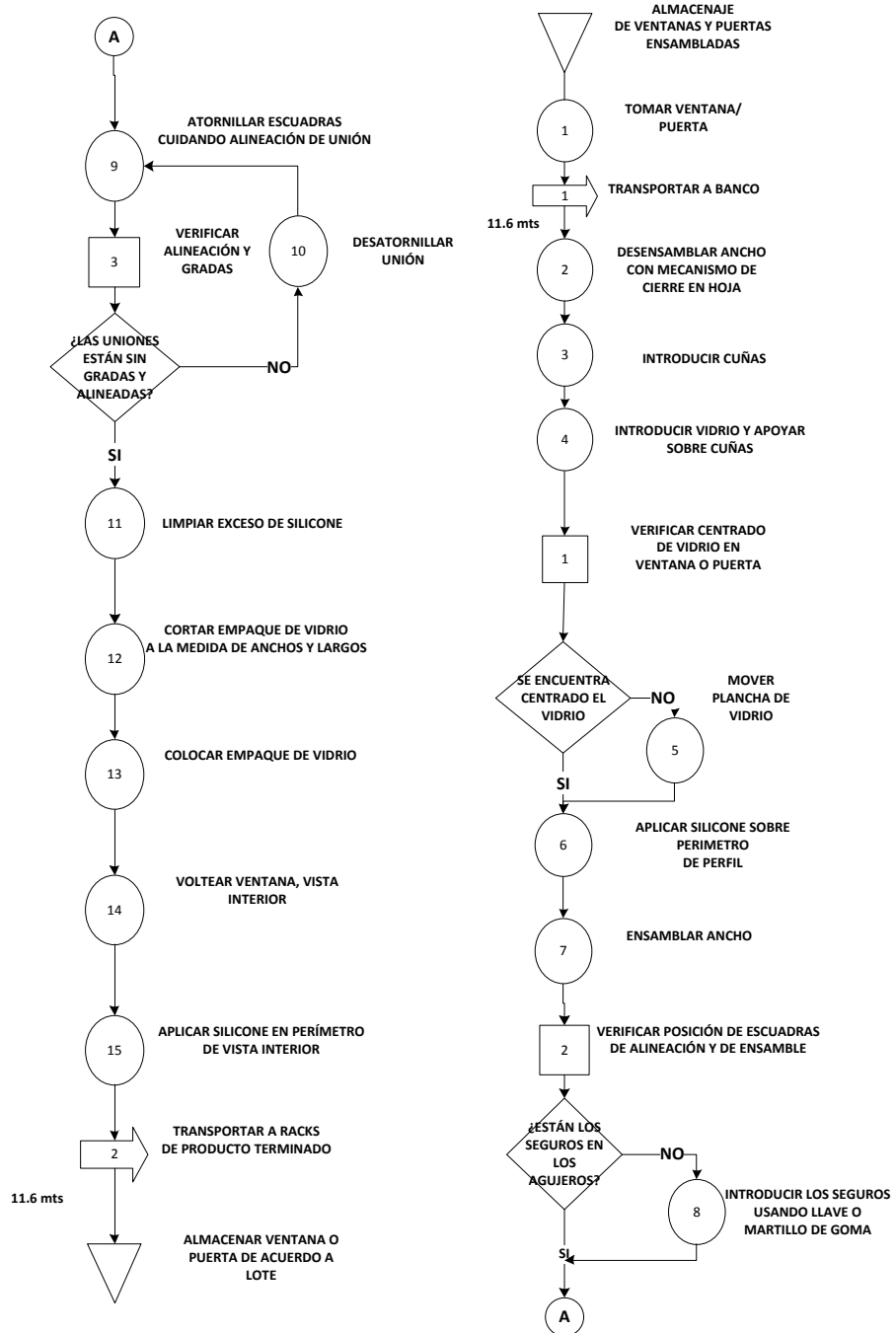
Tabla XVII. **Tiempo cronometrado ensamble de vidrio en ventanas y puertas**

Ciclo	Operaciones (seg)				Total (min)
	1	2	3	4	
1	68	128	69	129	6.57
2	61	125	74	140	6.67
3	72	119	70	129	6.5
4	68	111	67	139	6.42
5	60	128	75	146	6.82
6	67	128	75	129	6.65
7	73	131	74	151	7.15
8	66	128	75	126	6.58
9	67	105	74	129	6.25
10	62	125	68	153	6.8
<b>Tiempo cronometrado promedio</b>					<b>6.64</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama de operaciones montaje de vidrio

EMPRESA: PUERTAS Y VENTANAS EUROPEAS	DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN	REVISÓ: GERENTE DE OPERACIONES
FECHA: 11/09/2014	ÁREA: MONTAJE DE VIDRIO	ANALISTA: ESTEBAN SANTIZO SULECIO
TIEMPO CRONOMETRADO: 6 min 38 seg	MAQUINARIA: N/A	PAG: 1/1



Fuente: elaboración propia.

### 5.3.2. Normalización y estandarización

Para calificar el trabajo se utilizó el método de nivelación y las holguras o suplementos se determinaron constantes para cada área acorde a la tabla de calificación de holguras.

Tabla XVIII. **Calificación del trabajo**

Proceso	Calificación del método de trabajo (criterios)				Total
	1	2	3	4*	
Corte	0	0.08	0.02	-0.02	1.08
Troquel	-0.03	0.08	0	-0.02	1.03
Ensamble	-0.08	0.12	0	-0.02	1.02
Montaje	-0.03	0.02	-0.03	0.03	0.99

\* (1) Habilidad, (2) Esfuerzo, (3) Condición, (4) Consistencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Holguras o suplementos**

Criterio	Valor (%)
Suplemento constante	5
Por trabajar de pie	2
Por levantamiento de peso	3
Condiciones atmosféricas	2
Ruido	2
Proceso complejo	2
<b>Total</b>	<b>16%</b>

Fuente: elaboración propia.



Tabla XX. **Tiempos de operación estándar corte, troquel y montaje de vidrio**

Proceso	Tiempo cronometrado (min)	Calificación	Suplementos	Tiempo normal (min)
Corte	1.43	1.08	1.16	1.80
Troquel	2.55	1.03	1.16	3.05
Montaje de vidrio	6.64	0.99	1.16	7.63

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Tiempos de operación estándar ensamble**

Tipo de ventana	Tiempo cronometrado (min)	Calificación	Suplementos	Tiempo normal (min)
Proyectable	27.05	1.02	1.16	32.00
Fijo	8.81	1.02	1.16	10.42
Corrediza	22.70	1.02	1.16	26.85

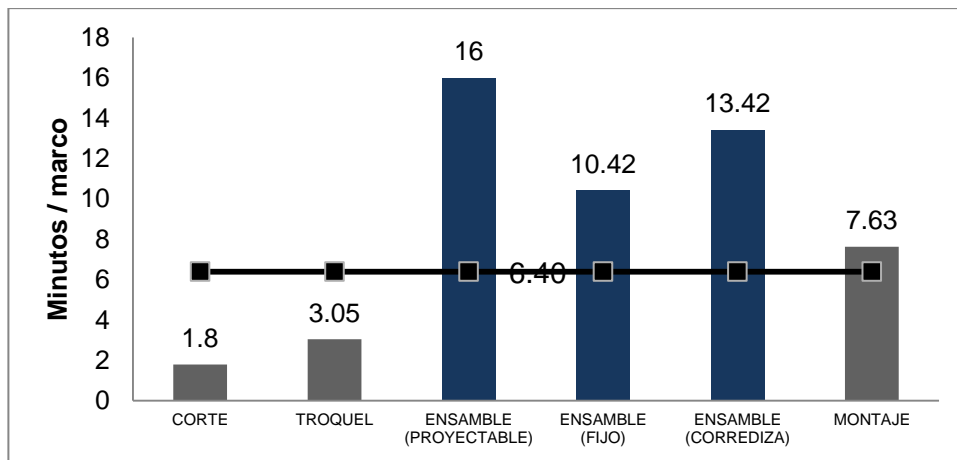
Fuente: elaboración propia.

### 5.3.3. Análisis de pared de balanceo

Con este análisis se puede contrastar de acuerdo a la demanda, la capacidad para responder en cada una de los procesos que conforman el sistema de producción. El *takt time* se determinó con los datos recabados de la demanda real para los tres productos seleccionados en el área de ensamble con la dimensional minutos por marco.

Se utilizaron los tiempos estandarizados de cada área, tomando en cuenta que en el área de ensamble el tiempo total para una ventana proyectable y corrediza es por dos marcos. Así al trasladarlo a una misma dimensional, minutos por marco, fue necesario dividir el tiempo en dos para dichos productos.

Figura 26. **Pared de balanceo empresa productora de puertas y ventanas europeas**



Fuente: elaboración propia.

El ritmo marcado por el *takt time* para la demanda del corto plazo muestra un déficit de capacidad en el área de ensamble. Sin embargo, las áreas de corte y troquel tiene capacidad suficiente para atender la demanda y de forma casi alineada el área de montaje de vidrio.

Por lo que, con base al análisis presentado, es el recurso restrictivo del sistema el área de ensamble. Y por lo tanto, la eliminación de desperdicios deberá centrar especial atención en esta área.

#### **5.4. Identificación de desperdicios generados en el proceso de producción**

Se utilizaron dos métodos diferentes para identificar desperdicios en el proceso. El primero consistió en un cuestionario. Aplicado a la totalidad de los operarios (32, divididos de la siguiente forma: 4 en corte, 5 en troquel, 15 en ensamble y 8 en montaje de vidrio)

En el segundo, se empleó la herramienta de la manufactura esbelta, mapeo de la cadena de valor o *value stream map*, mismo que se apoya en la información recabada en la fase anterior para obtener datos como *lead time*, tiempo ciclo y tiempo de valor agregado en el proceso.

##### **5.4.1. Levantamiento, recolección y análisis de información sobre desperdicios en el personal del taller**

Se confirmó a través de un cuestionario los problemas por falta de capacidad en el sistema, inventario en el proceso, frecuencia de observación de acumulación de inventario, sincronía entre los procesos para entregar el material y por último se indaga para encontrar oportunidades de mejora en el sistema actual. Véase apéndice A1. Cuestionario para sector operativo.

El levantamiento de información concluye: tres de las cuatro áreas no trabajan tiempo extra. El área que ha trabajado tiempo extra es ensamble. La acumulación de material es evidente en corte, troquel y ensamble. Montaje de vidrio asegura que no existe acumulación en su área, lo cual se evidenció ya que los racks del departamento de instalaciones es el lugar asignado para almacenaje. Por lo que las piezas nunca permanecen en el área mencionada.

Las tres áreas que respondieron de forma positiva a la pregunta de acumulación de materiales, inventario, también contestaron que siempre observan acumulación del mismo. Sea esto porque los perfiles son colocados en las carretas o cerca de las estaciones de ensamble e inclusive una vez que son ensambladas las piezas, estas permanecen en el área hasta que montaje de vidrio las traslada a sus estaciones para colocar el vidrio.

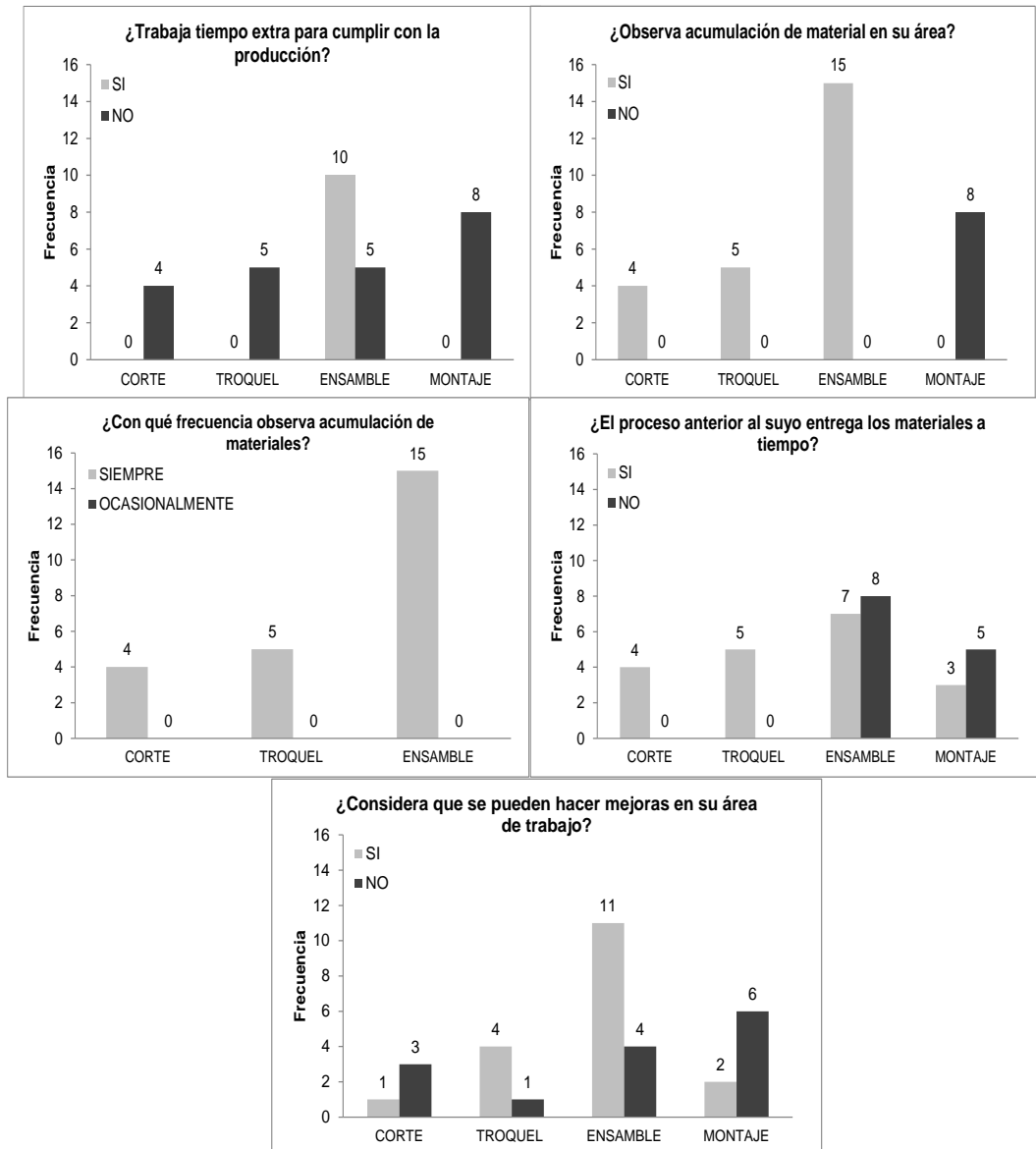
Sin embargo, existe una división de criterios para el cuarto cuestionamiento, el que indicó que el área de ensamble con un 53% y montaje de vidrio con un 63%, no entregan a tiempo o de forma completa las piezas a procesar. Esto tiene serias implicaciones, porque compromete al área de troquel, proceso anterior a ensamble, el cual al tener complicaciones no puede procesar a tiempo los perfiles en lote para que sea procesada la orden completa. Asimismo, montaje de vidrio sufre las consecuencias al no tener la orden completa de piezas en las cuales instalar el vidrio, producto del retraso de ensamble.

La última pregunta, según la encuesta generó mayor controversia, debido a que el 44% de los operarios del taller en todas las áreas consideran que no visualizan oportunidades de mejora en su área. Más impresionante aún es que los 18 integrantes restantes si visualizan oportunidades de mejora, principalmente en términos de:

- Instalar soportes para barrenos en estaciones (ensamble).
- Alfombras antifatiga, al trabajar de pie (cuatro áreas).
- Señalizar las áreas y hacer conciencia a las demás personas sobre el orden y disciplina de las estaciones (troquel y ensamble).
- Repartir los accesorios de forma más rápida (ensamble).
- Tener más brocas de repuesto para las copadoras (troquel).

- Pérdida de tiempo al buscar los perfiles a ensamblar en una pieza (ensamble).

Figura 27. Resultados de encuesta realizada al sector operativo

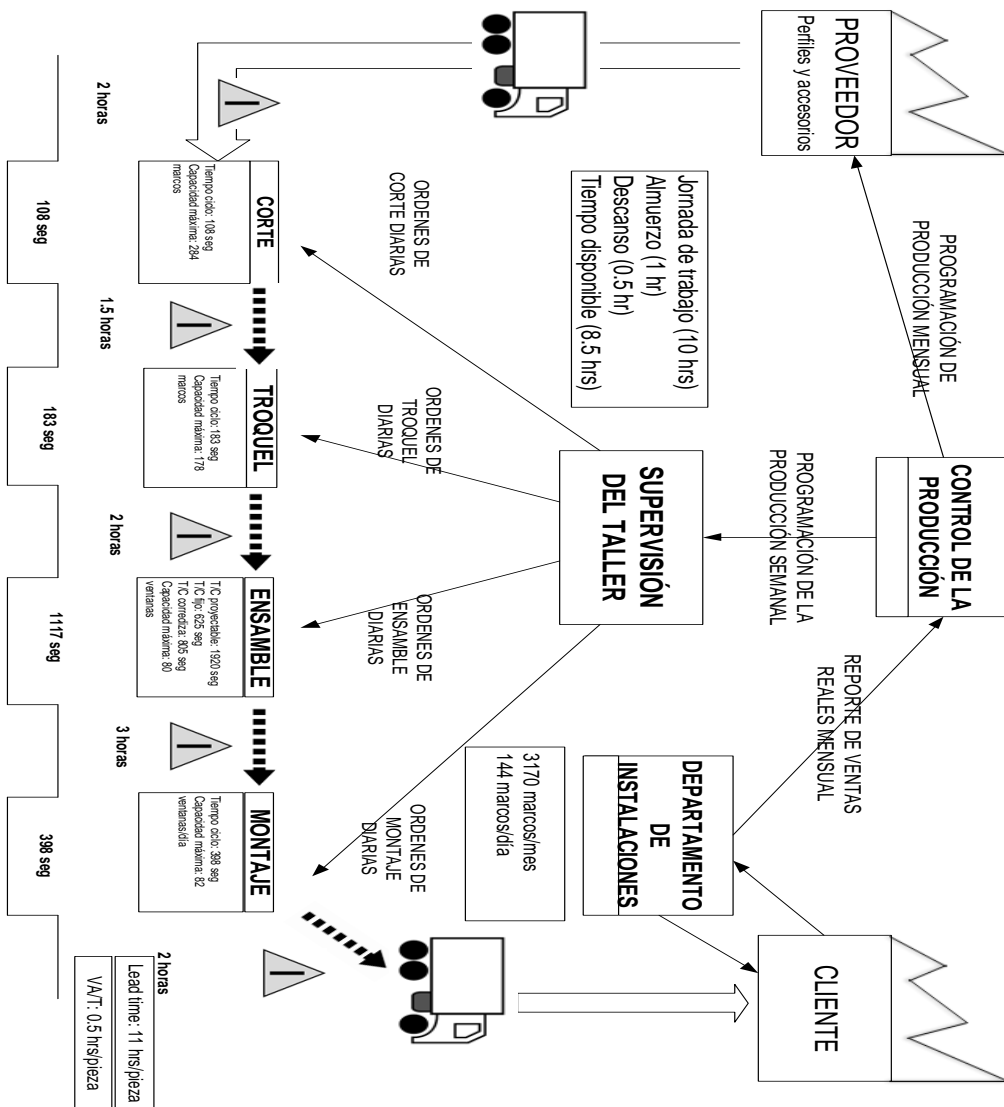


Fuente: elaboración propia.

### 5.4.2. Mapeo de la cadena de valor para la identificación de desperdicios en el proceso

En el mapeo de la cadena de valor en la investigación se ahondó en información además de agregar la obtenida de las secciones anteriores.

Figura 28. Mapeo de la cadena de valor situación actual



Fuente: elaboración propia.

La figura 28 detalla la cadena de valor actual en la que se obtienen datos relevantes como tiempo de valor agregado, *lead time*, y la capacidad instalada actual del sistema.

Tabla XXII. **Análisis AV o NAV**

<b>Operación</b>	<b>Agrega valor (AV)</b>	<b>No agrega valor (NAV)</b>	<b>Duración (Hrs)</b>
Almacenaje de vigas de perfil		X	2,00
Proceso corte	X		0,03
Almacenaje piezas cortadas		X	1,5
Proceso troquel	X		0,051
Almacenaje piezas troqueladas		X	2,00
Proceso ensamble	X		0,31
Almacenaje ventanas y puertas		X	3,00
Proceso de montaje	X		0,11
Almacenaje previo a despacho		X	2,00
<b>TOTAL</b>	<b>0.501</b>	<b>10.5</b>	<b>11,01</b>

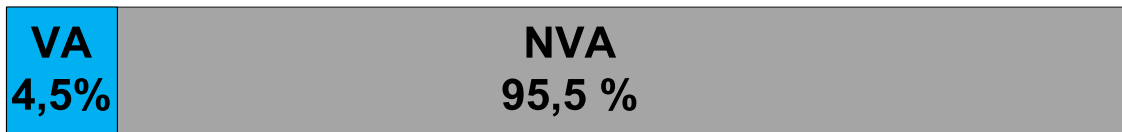
Fuente: elaboración propia.

De la figura 28 y análisis de valor de la tabla XXI, se llegó a concluir que el tiempo total empleado en la fabricación de una puerta o ventana varía, sin embargo para esta investigación que se centró en las ventanas fijas, proyectables y corredizas se puede aseverar que se emplean 0,501 horas efectivas por cada una de ellas en promedio. Este es el tiempo que agrega valor. Sin embargo desde el principio del proceso en el área de corte, hasta el tiempo que pasa el producto esperando para ser llevado a instalación se emplea en promedio un total de 11,01 horas. (0,5hrs /11,0 hrs = 4,5%)

Lo anterior significa que la relación de VA –valor agregado- sobre el tiempo que no agrega valor es del 4,5%. El restante 95,5% es principalmente

almacenajes entre procesos. Además de paros entre lotes diferentes, paros por programación de sierras, troqueladoras y copadoras neumáticas.

Figura 29. **Distribución del tiempo en el proceso**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 28 se dio a conocer el flujo general del proceso, en el que se identificaron también las oportunidades para reducir las actividades que no agregan valor al proceso así como los desperdicios materiales por concepto de felpas y empaques. Los proyectos mostrados en la tabla XXVII giran en torno a la agilización del material a trabajar en las áreas de corte y troquel en lotes movibles de un centro especializado hacia otro. Ello impacta en el área de ensamble, la cual no perderá tiempo en la búsqueda de perfiles, antes se contará con una cantidad de trabajo identificada y lista para ser procesada.

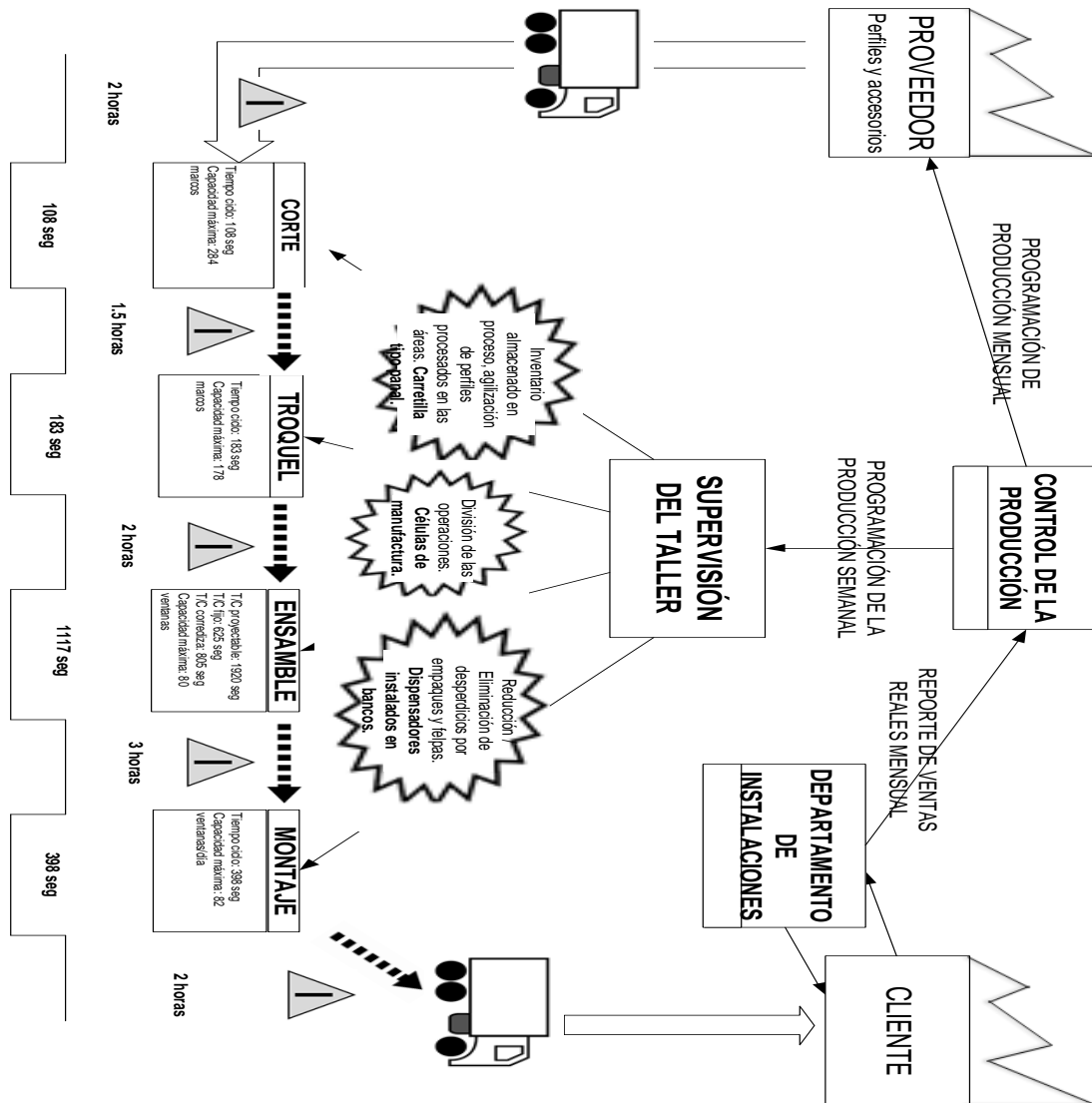
A la vez, ensamble, presenta la oportunidad de mejorar su tasa de producción a través de la división de las operaciones. Y por último para eliminar los desperdicios de felpa y empaques se propone instalar dispensadores en los bancos de trabajo, lo que permitirá cortar a medida de la unidad trabajada el material, evitando así rezagos de felpa y empaque al extraer continuamente de la bobina principal cantidades sin medir lo que se necesita realmente.

La facilitación del flujo del material en los procesos anteriores a ensamble contribuye en el ingreso de perfiles para procesar, por lo tanto reducirá la cantidad de paros por falta de suministro. La división de las operaciones se



suma a la meta del incremento de la capacidad instalada y los dispensadores instalados en cada banco reducen los tiempos perdidos actuales al buscar los mismos en las bobinas generales del taller y a la vez los desperdicios por residuos.

Figura 30. Flujo de la cadena de valor con mejoras identificadas



Fuente: elaboración propia.

## 5.5. Elaboración de plan piloto

Finalmente, se sabrá si existe aumento en la cantidad de marcos producidos al aplicar los principios de la manufactura esbelta por medio de la división del trabajo, células de manufactura y proyectos *kaizen* o de mejora.

### 5.5.1. Análisis de las operaciones

Con la observación y levantamiento de información del sistema se puede argumentar que existen oportunidades en relación a los aspectos:

- **Desperdicio de empaque:** al no tener cada banco en el área de ensamble su propia bobina de empaque, los operarios toman al cálculo lo que necesitan de la bobina que encuentren más cercana, y al cortar lo que necesitan; algunas veces o les sobra pedazos o necesitan más y vuelven a repetir la operación anterior.
- **Paros de trabajo por la búsqueda de empaque:** como las bobinas no están ubicadas estratégicamente, los operarios pierden tiempo buscando el empaque que necesitan para el trabajo asignado.
- **Pérdida de tiempo al barrenar agujeros de instalación:** los operarios que arman marcos pierden tiempo al barrenar los agujeros de instalación. Recogen los elementos de la pieza, y luego se dirigen a barrenar los agujeros, regresando después al banco de trabajo. (aproximadamente 30-45 seg) \*Depende si el área para barrenar está organizada o si algunas otras piezas obstruyen la operación, con base a la observación hecha en el estudio.
- **Tiempo de ocio de los operarios experimentados:** debido a su destreza, se dan casos en que los operarios que ensamblan rápido su trabajo de tal manera que tienen entre media a una hora de ocio sin

trabajo asignado, ya que a su criterio, deben cumplir con la tarea asignada.

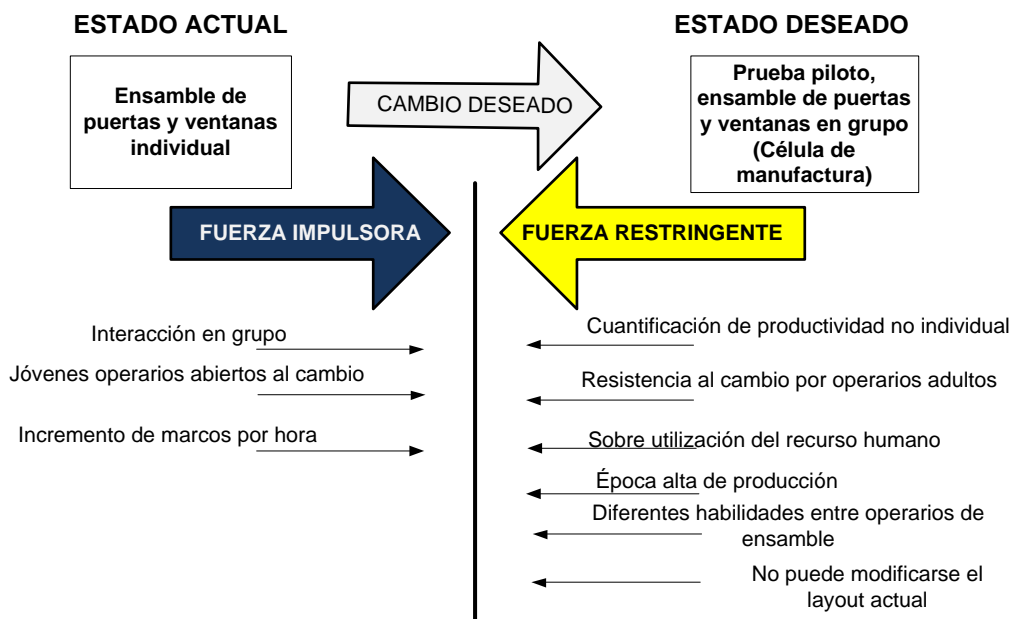
- **Pérdida de tiempo al buscar los elementos de un producto:** en su mayoría se forman por perfiles largos y anchos, cuya localización es complicada al ser colocados en los racks. Los operarios pierden de 1 - 1 ½ minuto buscando las piezas (anchos y largos). Inclusive llegan a recorrer los bancos de trabajo de los demás operarios donde encuentran finalmente lo que estaban buscando.
- **Manejo de accesorios al ensamblar productos:** la mayoría de operarios demoran una cantidad considerable de tiempo al buscar los accesorios correctos, muchas veces los accesorios que tienen no son los que necesitan.
- **Transporte innecesario de piezas troqueladas:** como las piezas cortadas son almacenadas en un lugar, sin tener las medidas de los saques, al hacer el saque se llevan a un banco, donde después de marcarlas, se devuelven al lugar del almacenaje inicial.
- **Aumentar la eficiencia del flujo de inventario de perfiles entre las áreas de corte-troquel-ensamble:** que no sea de forma manual, de dos o tres piezas de perfiles a la vez, de una máquina a otra.
- **Transporte, manejo y distribución de materiales con oportunidad de simplificar:** actualmente las piezas de perfiles son cortadas y troqueladas sin algún orden que facilite a los operarios encontrar las piezas que necesitan. Además los operarios de ensamble, aun cuando encuentran la pieza que necesitan, deben remover las demás para finalmente extraerla y llevarla a su área de trabajo.
- **Ergonomía al trabajar de pie:** todas las áreas de trabajo realizan el trabajo de pie. El piso es concreto liso fundido en bloques y el investigador al haber aprendido a ensamblar los marcos evidenció el cansancio. Este cansancio se puede mitigar al colocar alfombras

antifatiga. Que consisten en un polímero en forma de alfombra con agujeros que permiten la recirculación de la sangre en los pies.

### 5.5.2. Conformación de célula de manufactura

Antes de definir las personas que integraron la célula de manufactura se hizo un análisis de campo de fuerzas, considerando las que actúan a favor y en contra de llevar a cabo el plan piloto que consiste principalmente en la integración de la célula de manufactura, modificar el *layout*, entre otros.

Figura 31. Análisis de campo de fuerzas célula de manufactura



Fuente: elaboración propia.

La gerencia de operaciones y supervisión de taller para ejecutar el plan autorizó emplear tres operarios que conformaron la célula de manufactura piloto, siendo escogidos bajo los criterios siguientes: edad y habilidad. De entre 20-25 años con habilidad media, que se refleja por su experiencia de entre 3 a 5 años en el taller. Estos se definió gracias al análisis de campo de fuerzas.

### **5.5.3. División de las operaciones, balance de línea**

A diferencia de la teoría, en la que la división de las operaciones a través de un balance de líneas se hace para un solo producto, esta vez se enfrentó la dificultad de dividir las operaciones de tres productos –fijos, proyectables y corredizas– a la vez. Dado que la célula de manufactura debe responder a cualquiera de los tres productos en cualquier momento. Se hizo el balance partiendo de una meta impuesta de cien marcos sin importar el tipo de ventana con una disponibilidad de 8,5 horas. Datos que fueron proporcionados por la gerencia de operaciones.

Tabla XXIII. **Balance de líneas para fijos, proyectables y corredizas**

		Operación	Tiempo	No. Operarios
<b>FIJO</b>	1	Poner empaque	307	1
	2	Armar fijo	318	1.04
		<b>TOTAL</b>	625	2.04
<b>CORREDIZA</b>	1	Preparar anchos	399	1.3
	2	Preparar largos	432	1.41
	3	Armar hoja	212	0.69
	4	Medir y colocar cortavientos	275	0.9
	5	Armar marco	259	0.85
		<b>TIEMPO TOTAL</b>	1577	5.15
<b>VENTANA PROYECTABLE</b>	1	Colocar empaque flexible	209	0.68
	2	Colocar empaque central	337	1.1
	3	Armar hoja	238	0.78
	4	Armar marco	300	0.98
	5	Instalar cierre de presión hoja	152	0.5
	6	Instalar cierre de presión marco	108	0.35
	7	Instalar mecanismo de flexión	227	0.74
	8	Montar hoja en marco	348	1.14
		<b>TIEMPO TOTAL</b>	1919	6.27

Fuente: elaboración propia.

Aunque el análisis entrega la cantidad de operarios esperada por cada operación en la columna derecha, se debe tomar en cuenta que la célula solo se compone por tres integrantes. Por lo anterior, la cantidad de operarios obtenidos en el balance de líneas servirá para emplear la técnica de producción nivelada, en la que se compartirán las cargas de trabajo de la forma más equitativa posible.

Tabla XXIV. **Distribución de operaciones ensamble proyectable**

ESTACIÓN 1	CARGA
Colocar empaque flexible	0.68
Armar hoja	0.78
Instalar mecanismo de flexión	0.74
<b>Total carga</b>	<b>2.20</b>
ESTACIÓN 2	
Instalar cierre de presión hoja	0.50
Instalar cierre de presión marco	0.35
Montar hoja en marco	1.14
<b>Total carga</b>	<b>1.99</b>
ESTACIÓN 3	
Colocar empaque central	1.10
Armar marco	0.98
<b>Total carga</b>	<b>2.08</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Distribución de operaciones ensamble corrediza**

ESTACIÓN 1	CARGA
Preparar anchos	1.30
Medir y colocar cortavientos	0.90
<b>Total carga</b>	<b>2.20</b>
ESTACIÓN 2	
Armar hoja	0.69
Armar marco	0.85
<b>Total carga</b>	<b>1.54</b>
ESTACIÓN 3	
Preparar largos	1.41
<b>Total carga</b>	<b>1.41</b>

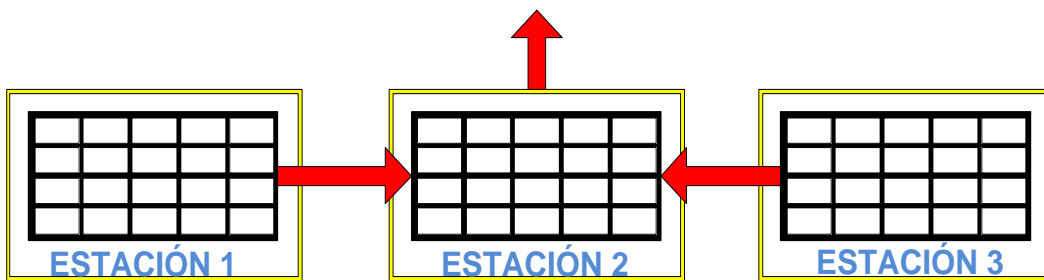
Fuente: elaboración propia.

La anterior distribución de cargas es bastante uniforme, e implica un flujo y secuencia de operaciones que se detallan en la siguiente sección.

#### 5.5.4. *Layout* de la célula de manufactura

De la manufactura esbelta se tomó también la herramienta que es conocida como células de manufactura. Así, el flujo y secuencia de las operaciones para el área de ensamble se denota:

Figura 32. *Layout* propuesto de célula de manufactura



Fuente: elaboración propia.

La asignación de trabajo para cada estación está ordenada en la secuencia que se da el proceso acorde a la documentación de los tiempos cronometrados, guardando la lógica del proceso.

##### 5.5.4.1. Cambios implícitos en la conformación de la célula de manufactura

Existen cambios significativos en el nuevo método de trabajo en comparación con el sistema actual en el área de ensamble, los cuales son:

- Las operaciones están divididas, el trabajo es de grupo y no individual.
- Se necesita un flujo de abastecimiento constante de inventario a procesar. De lo contrario no se aprovechará la capacidad de la



célula. Al generar un mecanismo de abastecimiento a la célula se elimina el desperdicio de tiempo en la búsqueda del perfil para trabajar.

- Los accesorios se dividen en las estaciones de acuerdo a la distribución de las operaciones. Así la operación que se ejecute en cada estación determina el accesorio a utilizar y por lo tanto se elimina el tiempo perdido al localizar los accesorios.
- Se reducen las distancias de transporte, al concentrarse una gran cantidad de trabajo en un lugar específico del taller.

#### 5.5.5. Priorización de proyectos de mejora

Tanto la información levantada a través de los cuestionarios con el sector operativo, como el análisis de las operaciones llevaron a la generación de proyectos de mejora. Estas alternativas se presentan a continuación:

Tabla XXVI. **Alternativas de proyectos *kaizen***

Alternativa	Descripción
A	Descansadores de barrenos.
B	Alfombras antifatiga
C	Identificar áreas a través de señalización, reforzar orden y disciplina
D	Accesorios repartidos de forma diferente / rápida.
E	Brocas de repuestos para copiadoras.
F	Carretilla tipo panal.
G	Dispensador de empaque.

Fuente: elaboración propia.

Dado que la administración del tiempo fue un recurso vital en el desarrollo de la investigación, se priorizaron los proyectos *kaizen* o de mejora ejecutados.

Esta priorización se realizó con base a criterios: tiempo, costo, ataca algún desperdicio en específico, su aporte al proceso restrictivo y la facilidad de llevarlo a cabo o la complejidad del mismo. Cada criterio tuvo un peso diferente en la nota final, debido a que no se puede considerar que los cinco tengan la misma importancia.

Pero al variar la naturaleza de cada proyecto se calificó cada uno de los criterios por proyecto dándoles tres posibles calificaciones. 2 si cumple con el criterio, 1 se considera neutro y 0 no cumple con el criterio.

Tabla XXVII. **Matriz de priorización de proyectos kaizen**

		ALTERNATIVAS													
Criterio	Peso del criterio	A		B		C		D		E		F		G	
		Calif	PXC	Calif	PXC	Calif	PXC	Calif	PXC	Calif	PXC	Calif	PXC	Calif	PXC
Ataca alguno de los 7 desperdicios	20%	1	0.2	0	0	0	0	2	0.4	1	0.2	2	0.4	2	0.4
Facilidad de implementación	15%	2	0.3	0	0	2	0.3	2	0.3	0	0	2	0.3	1	0.2
Mejora en proceso restrictivo	15%	1	0.2	2	0.3	0	0	2	0.3	0	0	2	0.3	2	0.3
Tiempo	25%	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5	1	0.3	1	0.3	2	0.5
Costo	25%	2	0.5	0	0	2	0.5	2	0.5	0	0	2	0.5	2	0.5
Total	100%	1.65		0.8		1.3		2		0.45		1.75		1.85	
Prioridad								1				3		2	

Fuente: elaboración propia.

La matriz establece el orden en el que se ejecutaron los proyectos, siendo el primero la alternativa D, G y F respectivamente.

### **5.5.6. Planificación de mejoras en el proceso**

Se documenta en este apartado los cambios y diseños aportados por el investigador en el plano de la mejora continuo o proyectos *kaizen*. En esta sección se documentan únicamente los diseños de las mejoras propuestas en base a la matriz de priorización de proyectos *kaizen*.

Estos cambios o innovaciones giran en torno a los siguientes beneficios:

- Disminuir los inventarios existentes en los procesos de corte, troquel y ensamble.
- Agilizar la circulación de inventario de piezas de perfil en los primeros procesos.
- Implementar la metodología *kanban* que estandariza la cantidad de inventario en el flujo del proceso.
- Mejorar el orden de las piezas de perfiles cortados y troquelados para su fácil localización.
- Disminuir la tasa de rayones en los perfiles por el traslado manual de las piezas de perfiles.
- Disminuir la cantidad de desperdicio por felpa y empaque desperdiciado en el proceso de ensamble.

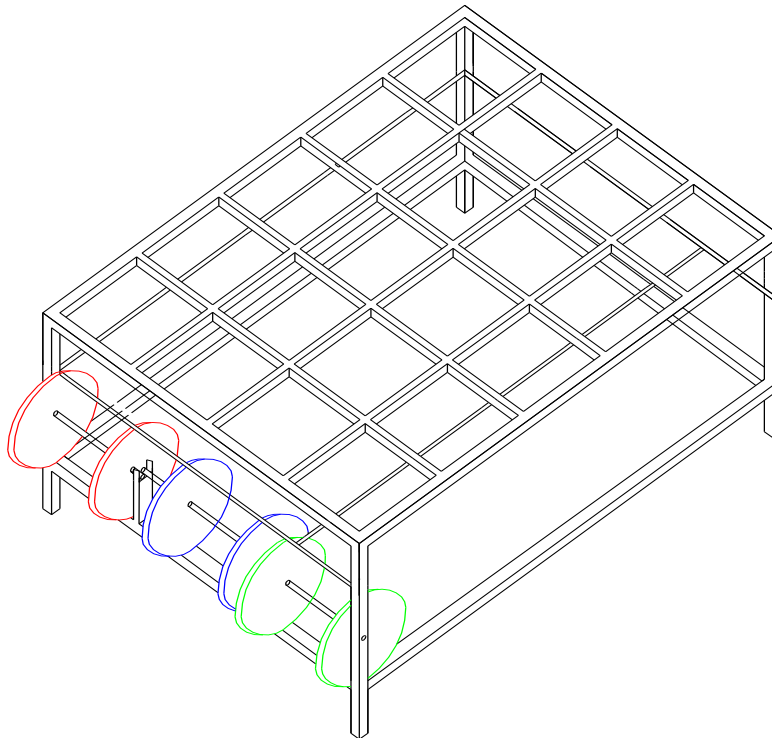
#### **5.5.6.1. Alternativa D. Accesorios repartidos de forma diferente / rápida**

Este proyecto se concretó en la conformación de la célula de manufactura, en el que se asignan los accesorios con base a las operaciones que se ejecuten en cada estación. Bodega los reparte en cajas conforme la división de las estaciones.

### 5.5.6.2. Alternativa G. Dispensadores de felpa y empaque acoplados a estaciones de ensamble

Tanto para la reducción de los desperdicios materiales asociados, como para la eliminación de paros de trabajo por búsqueda de los mismos se genera la propuesta de instalar en las estaciones de ensamble bobinas con felpa y empaque. La ubicación y diseño es como se muestra.

Figura 33. **Vista en tres dimensiones de dispensadores en estación de ensamble**



Fuente: elaboración propia.

Este proyecto *kaizen* consistió en piezas de metal soldadas a las mesas que sostiene a través de una varilla en sentido horizontal la bobina de la felpa o

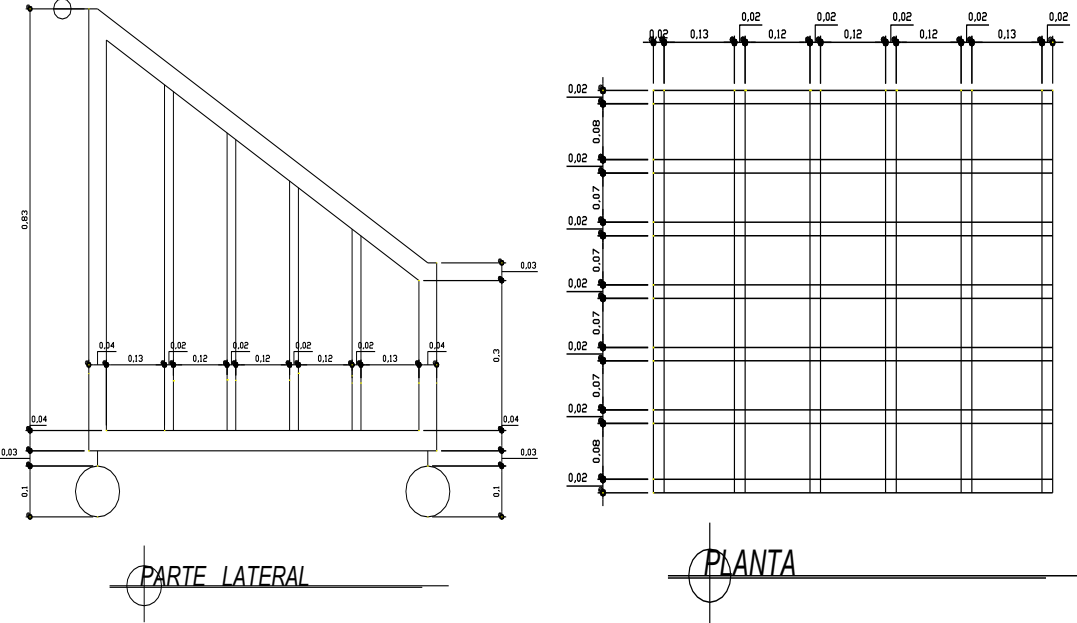
empaque, según se necesite. Para la implementación de este proyecto se siguió la secuencia de pasos descritos en el proyecto siguiente.

### **5.5.6.3. Alternativa F. Carretilla tipo panel para transporte de perfiles cortados y troquelados a ensamblar**

Este proyecto *kaizen* buscó disminuir y agilizar el inventario que circula de un área hacia otra en los tres primeros procesos. Tiene la capacidad de transportar más de 84 piezas individuales de perfiles – 21 marcos por carreta– diseñada de tal forma, que puede transportar desde piezas pequeñas hasta longitudes considerables. Además, debido a su diseño contiene una base de madera desmontable que permite mover la esquirra de aluminio que pudiera acumularse en la base. La secuencia de las actividades necesaria para ejecutar este proyecto de mejora fueron:

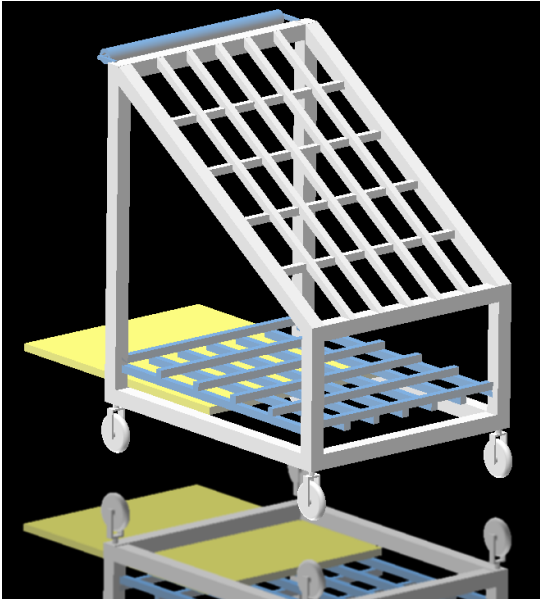
- Concepción de idea: por análisis y observación.
- Elaboración de prototipo: a través de planos y vistas en tres dimensiones.
- Presentación de prototipo y presupuesto: ante el gerente de operaciones.
- Aprobación de proyecto: por el gerente de operaciones.
- Construcción de carreta tipo panel: en conjunto con personal.
- Realización de pruebas: validación del proyecto.
- Presentación de proyecto terminado: a la gerencia de operaciones, supervisión de taller e involucrados.

Figura 34. Plano parte lateral y vista de planta carretilla tipo panel



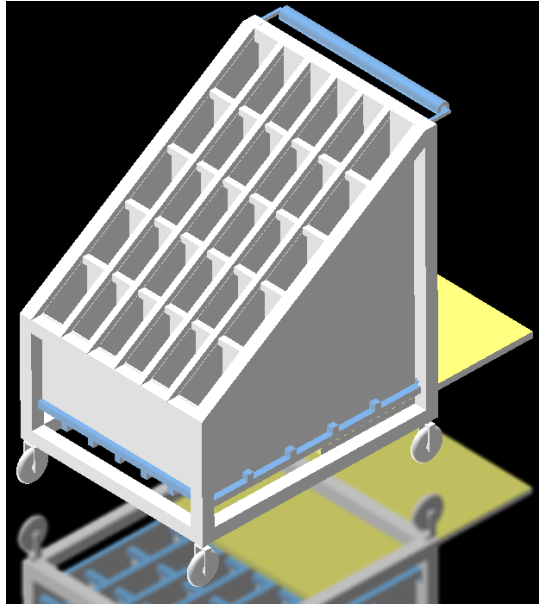
Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Estructura en tres dimensiones de carretilla tipo panel



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Vista final en tres dimensiones de carretilla tipo panal**



Fuente: elaboración propia.

### **5.5.7. Selección de lote a trabajar en plan piloto**

Establecido el criterio de los productos –fijos, proyectables y corredizas – se seleccionó un lote u obre a fin. A continuación se generó el cronograma de fabricación, debido a que:

- El área de corte y troquel tuvo que procesar y ordenar los lotes en las carretillas tipo panal para que se sincronizarán con el área de ensamble.
- Acorde al nuevo layout de trabajo, se debió ordenar las piezas que serían procesadas en la estación 1 y 3. Ya que la estación central o 2 se encargó de ensambles y se alimentó de las dos estaciones de los costados.

- El área de ensamble tendría que trabajar de manera sincronizada, para evitar errores en los que se trabajaran anchos y largos que no fueran de la misma pieza. Por lo que el cronograma se proporcionó.

Tabla XXVIII. Cronograma de fabricación plan piloto

	TIPO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	<b>FIJOS</b>	
	V-3A/A	Ventana fija
	V-3A/B	
	<b>HOJAS DE PROYECTABLES</b>	
2	V-7 A	Ventana proyectable interior inferior con cremón sin llave
	V-7 B	
	V-7 B1	
	V-7 C	
	V-7 D	
	V-7 E	
	V-8 A	
	V-8 B	
	V-6	
	<b>MARCOS DE PROYECTABLES</b>	
3	V-7 A	Ventana proyectable interior inferior con cremón sin llave
	V-7 B	
	V-7 B1	
	V-7 C	
	V-7 D	
	V-7 E	
	V-8 A	
	V-8 B	
	V-6	
	<b>HOJAS DE CORREDIZA</b>	
4	V-1 A (2)	Ventana corrediza de 2 hojas, en riel de 2 con cierre lateral con llave interior
	V-1 B (2)	
	V-1 C (2)	
	V-1 D (2)	
	V-1 E (2)	
	V-1A1 (2)	



Continuación de la tabla XXVII.

4	V-2 A (2)	Ventana corrediza de 2 hojas, en riel de 2 con cierre lateral con llave interior
	V-2 B (2)	
	V-2 C (2)	
	V-2 E (2)	
	V-4 A (2)	Ventana corrediza de 2 hojas, en riel de 2 con cierre lateral sin llave
	V-4 B (2)	
	V-3 A1 (1)	Puerta tipo pocket de una hoja
	V-3 B2 (1)	
	V-5 (4)	Ventana corrediza de 4 hojas, en dos rieles de dos carriles cada uno con cierre lateral sin llave.
<b>MARCOS DE CORREDIZAS</b>		
5	V-1 A	Ventana corrediza de 2 hojas, en riel de 2 con cierre lateral con llave interior
	V-1 B	
	V-1 C	
	V-1 D	
	V-1 E	
	V-1A1	
	V-2 A	
	V-2 B	
	V-2 C	
	V-2 E	
	V-4 A	Ventana corrediza de 2 hojas, en riel de 2 con cierre lateral sin llave
	V-4 B	
	V-3 A1	Puerta tipo pocket de una hoja
	V-3 B2	
	V-5	Ventana corrediza de 4 hojas, en dos rieles de dos carriles cada uno con cierre lateral sin llave.

Fuente: elaboración propia.

La cantidad total de marcos fue de 60 en 26 ventanas.

### 5.5.8. Variables cualitativas y cuantitativas a controlar en ensayo de solución

Las variables cualitativas y cuantitativas inmersas en este ensayo y que garantizan el principio de validez interno para un grupo de control; que permitirán generalizar los resultados son:

Cuantitativas:

- **Tiempo de manufactura:** empleado en cada proceso para el programa de producción del plan piloto.
- **Capacidad instalada:** de la célula de manufactura durante la ejecución del plan piloto, como medida del sistema.
- **Tiempo de inventario:** empleado con el nuevo sistema.
- **Felpe y empaque:** desperdiciado durante el ensayo.
- **Lead time:** tiempo total desde el primer proceso hasta el despacho.
- **Tiempo ciclo:** tiempo efectivo o de valor agregado utilizado en los procesos sin contemplar almacenajes.
- **Porcentaje de valor agregado:** incremento o disminución respecto a la situación inicial sobre el nuevo *lead time*.

Cualitativas:

- **Flujo de materiales:** hacia adelante y sin retroceso en las operaciones.
- **Políticas de distribución de materiales:** específicamente de los accesorios, de acuerdo a la división de operaciones.
- **Flujo de las operaciones en la célula:** las estaciones de los costados alimentan la central.

- **Método de trabajo:** división de las operaciones o trabajo en equipo, no se trabaja de forma individual.



## 6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Mejoras implementadas en el proceso

El diseño de las propuestas de mejora o proyectos *kaizen* fueron presentados a la gerencia de operaciones, que avaló y autorizó los dos proyectos que fueron ejecutados e implementados por el investigador.

#### 6.1.1. Nuevo sistema de transporte de inventario

En la figura 35 se aprecia el resultado final obtenido, cuyos beneficios se citan una vez y que fueron observados al ser implementados:

- Agilizó el tránsito de inventario entre las áreas de corte, troquel y ensamble.
- Estandarizó la cantidad de inventario, haciendo este mecanismo un *kanban*.
- La localización de piezas en el lote se facilitó.
- Se pudo procesar las piezas por lotes y no de forma individual.
- Tiene una capacidad considerable de 84 piezas o 21 marcos.
- Resolvió el problema de alimentación constante de inventario para trabajar en la célula de manufactura conformada.
- Reduce el riesgo de rayones en los perfiles de aluminio, puesto que el contacto manual también se minimiza.

Figura 37. **Carretilla tipo panal construida**



Fuente: elaboración propia.

Se menciona que los materiales con los que se construyeron las carretillas estuvieron en mayor parte disponibles en el taller, sufragando los gastos adicionales la gerencia de operaciones.

Tabla XXIX. **Costeo de insumos utilizados en la construcción de carretillas**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Importe total</b>
Tubo de 1 por 1/2 "	40 pies aprox	5*	200
Soldadura 6013 de 1/8 "	1 1/2 libra	15	22.5
Lija calibre 20	2 hojas	5	10
Pintura de aceite	1/16 de galón	16	16
Spray color negro	1 lata 14 onz	50*	50
Cemento de contacto	1/16 de galón	14	14
Goma tipo corcho	1 pliego (1X1 mt)	200*	200
Silicón	4 tubos	78.90*	315.60
Tornillos	1/16" por 32	15*	15
Tubo acerado de 2" por 24"	2 unidades	150*	300
Brocha de 2"	1 unidad	12	12
Alucomat	10 mt2 aprox	50*	500
Barra roscada de media	2	13.5	27
Roldanas y tuercas	32	0.25	8
Sierras para caladora	3	9	27
Rodo para carreta 4" por 1 1/2"	4	65	260
<b>TOTAL</b>			<b>Q. 1977.10</b>

\* Costos aproximados, ya que se contaba con estos materiales en bodega.

Fuente: elaboración propia.

### **6.1.2. Nuevo sistema de dispensadores para felpa y empaque**

Al haberse instalado las bobinas a las mesas o bancos de trabajo se tuvieron los siguientes beneficios del proyecto kaizen:

- Se redujo la cantidad de material desperdiciado.
- Eliminación del tiempo perdido por paros que se justificaban por la búsqueda de estos materiales en las bobinas principales en el taller.

Figura 38. **Dispensadores para felpa y empaque**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Costeo de insumos utilizados en los dispensadores**

Material	Cantidad	Costo u.	Importe total
Tubo metal de 1 por 1 1/2 "	6 pies	5*	30
Barra de 1/8 acerada	1 varilla	15	15
Soldadura 6013 de 1/8 "	1/2 libra	15	7.5
Alucomat	1 m2 apro	50*	50
<b>TOTAL</b>			<b>Q. 102.5</b>

\* Costos aproximados, ya que se contaba con estos materiales en bodega.

Fuente: elaboración propia.

## 6.2. **Ejecución de plan piloto**

El área de corte y troquel ejecutó sus operaciones de acuerdo al cronograma. Al estar listo, en estas condiciones fue procesado el lote de 60 marcos en ensamble.

No sin antes haber capacitado a los tres integrantes sobre el funcionamiento de la célula, la división de las operaciones, división de los



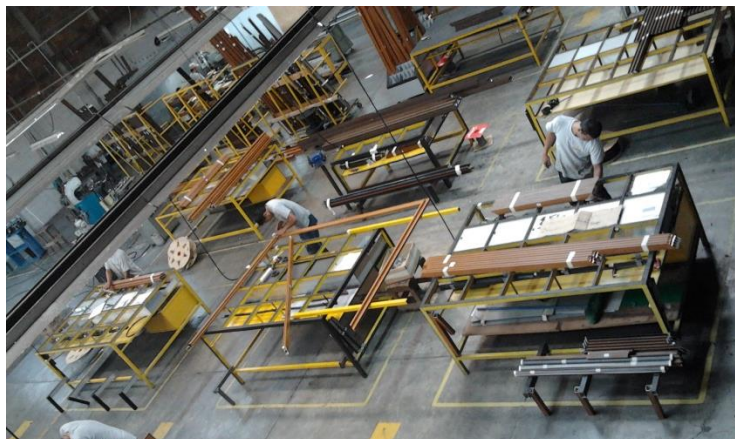
accesorios de acuerdo al trabajo y se les hizo ver el flujo que debería seguir cada proceso acorde al cronograma de producción. Del que se proveyó una copia a cada integrante.

Figura 39. **Colocación de inventario en carretillas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Conformación de célula de manufactura**

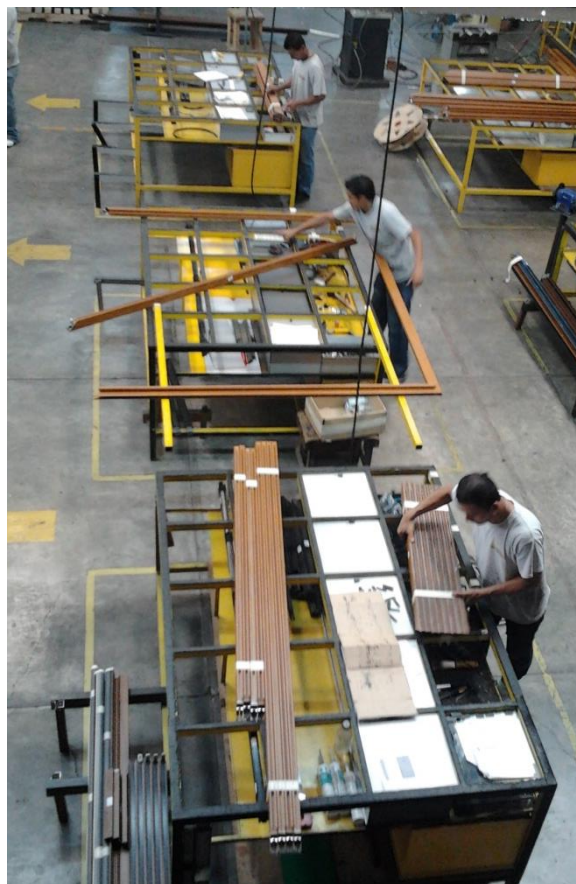


Fuente: elaboración propia.

En la ilustración que se provee al lector, se observa desde otro ángulo el flujo y conformación de la célula durante el ensayo de la prueba piloto.

En concreto se observó como de abajo hacia arriba, la estación 1 preparó los anchos, la estación 3 los largos y la estación central o 2 ensambló el marco de las hojas corredizas. Justo como se obtuvo del análisis hecho a través del balance de líneas.

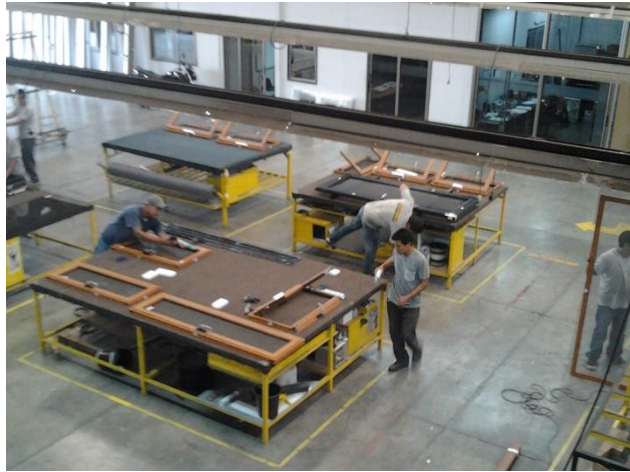
**Figura 41. Flujo de la célula de manufactura**



Fuente: elaboración propia.

Se le unió al plan piloto también el área de montaje de vidrio, que montó el vidrio para las ventanas proyectables y fijas que fueron ensambladas de primero, mientras se terminaba de ensamblar las ventanas corredizas.

Figura 42. **Área de montaje de vidrio durante el ensayo**



Fuente: elaboración propia.

### 6.3. Reporte del plan ensayado

Tabla XXXI. **Tiempo corte y troquel prueba piloto**

Área	Tiempo de procesamiento total (hr)	Tiempo promedio por marco (minutos / marco)
Corte	1.75 horas	1 min 45 seg
Troquel	2.93 horas	2 min 56 seg

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Tiempo ensamble prueba piloto**

Tipo de ventana / puerta	Cantidad	Tiempo de procesamiento total (hr)	Tiempo promedio (minutos / ventana)
Fijo	2	0.25	7 min 30 seg
Proyectable	9	2.02	13 min 28 seg
Corrediza	15	3.40	13 min 36 seg

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Tiempo de montaje prueba piloto**

Tipo de ventana / puerta	Cantidad	Tiempo de procesamiento total (hr)	Tiempo promedio por marco (minutos / ventana)
Fijo	2	0.21	6 min 18 seg
Proyectable	9	1.02	6 min 48 seg
Corrediza	15	2.40	6 min 36 seg

Fuente: elaboración propia.

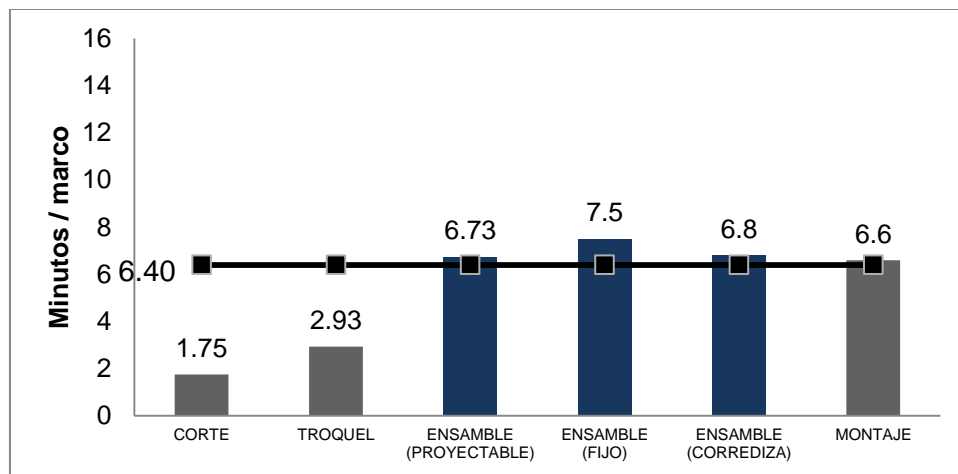
Debido a la utilización de las carretillas para procesar el inventario, los operarios de las áreas de corte y troquel, al terminar de procesarlo lo trasladaban directamente al siguiente proceso que ejecutaba las actividades que les correspondía. Con ello eliminando el inventario por almacenaje entre procesos y el tiempo perdido por inventario fue nulo.

#### **6.4. Análisis takt time de plan piloto**

Al haber obtenido estos nuevos tiempos en el cambio de configuración de producción y reducción de desperdicios fue necesario comprobar qué tanto las

mejoras aportan para el cumplimiento de la demanda. Así, se provee del gráfico *takt time* para las condiciones del plan piloto.

Figura 43. **Análisis pared de balanceo de plan piloto**



Fuente: elaboración propia.

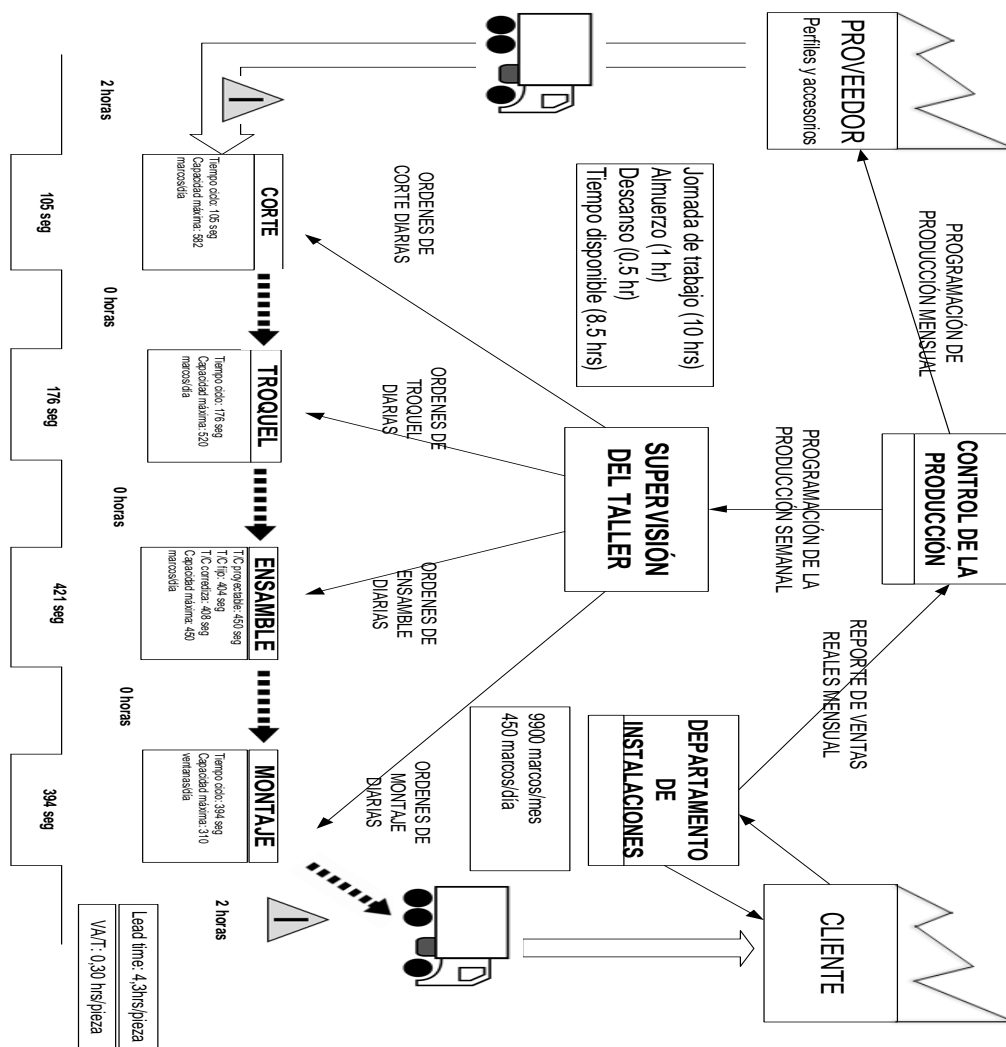
Aunque se logró disminuir el tiempo de las operaciones en ensamble, aún se deben redoblar esfuerzos para alinearlo con el *takt time* que actualmente está en 6.4 minutos por marco. Que para la ventana proyectable, fija y corrediza sobrepasa en 5%, 17% y 6 % respectivamente.

Sin embargo, las reducciones de tiempo en comparación con el *takt time* inicial son significativas debido a que para el caso de proyectable y corrediza se logró reducir cercanamente al 50%.

## 6.5. Mapeo de la cadena de valor plan piloto

El mapeo de los desperdicios, las mejoras implementadas y la ejecución del plan piloto se condensan en el siguiente diagrama, que principalmente expone la reducción del tiempo de almacenaje y del tiempo de proceso en el área de ensamble.

Figura 44. Mapeo de la cadena de valor en plan piloto



Fuente: elaboración propia.

## 6.6. Plan de aseguramiento de las mejoras implementadas

En este apartado se deja plasmado el plan que se propone para que las mejoras alcanzadas en esta investigación perduren en el tiempo, así como sus beneficios. Si bien es propuesta del investigador, queda a criterio de la gerencia de operaciones modificarlo y ejecutarlo.

Tabla XXXIV. Plan de aseguramiento de las mejoras implementadas

Mejora:	<i>Carretilla tipo panal para el transporte en lotes de piezas de perfiles</i>				02 Ene a 28 feb 2015		
Alcance	Objetivo	Actividades a ejecutar	Responsable	Indicadores	Meta	Recursos	Evidencia
Corte-troquel-ensamble	Implementar la utilización de las carretas tipo panal para el transporte de las piezas de perfiles.	1. Explicar el funcionamiento y utilidad del nuevo sistema de almacenamiento y transporte de perfiles a personal.	Supervisor del taller.	#Personas capacitadas / personal total	100%	Humano, computador, presentación, tiempo, etc.	Listado de asistencia a capacitación
		2. Verificar la utilización de las carretillas.		#lotes procesados en carretillas / # lotes totales	50%		Listados de troqueles marcados. Observación
Mejora:	<i>Distribución de accesorios acorde a división de operaciones en célula de manufactura</i>				02 Ene a 28 feb 2015		
Alcance	Objetivo	Actividades a ejecutar	Responsable	Indicadores	Meta	Recursos	Evidencia
Bodega de accesorios y supervisión de taller.	Integrar en la rutina de actividades la entrega de accesorios conforme a la división de las operaciones en la célula.	1. Entregar la división de las operaciones a encargado de bodega.	Gerente de operaciones	N/A	N/A	Estudio división de las operaciones, papel, humano, computador, impresora, listados de accesorios, etc.	Estudio firmado de recibido por encargado de bodega.
		2. Capacitar a encargado y operarios sobre la utilidad de entregar accesorios conforme la división de las operaciones.	Supervisor de producción	#personal de bodega capacitado / #personal total de bodega	100%		Listado de asistencia
		3. Revisar la nueva entrega de accesorios en grupos.		# lotes de accesorios despachados / # lotes procesados	20%		Listados de accesorios firmados de revisados.

<b>Mejora:</b>	<i>Dispensador de felpa y empaque</i>				02 Ene a 28 feb 2015		
<b>Alcance</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Actividades a ejecutar</b>	<b>Responsable</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Meta</b>	<b>Recursos</b>	<b>Evidencia</b>
Ensamble y supervisión de taller.	Implementar y verificar la utilización de los dispensadores. Estimar la disminución de desperdicios	1. Verificar la carga de felpa y empaque en las bobinas de la estación. Semanalmente.	Supervisor de taller.	# bobinas con felpa y empaque ensamble / # bobinas disponibles de ensamble	80%	Humano, registros, computador, impresora, etc.	Registro carga de felpa y empaque.
		2. Pesar semanalmente los desperdicios generados.		lbs de empaque y felpa desperdiciados semanalmente.	10 lbs.		Registro desperdicios de felpa y empaque.

Fuente: elaboración propia.

El registro propuesto para el seguimiento de los desperdicios generados por felpa y empaque en ensamble es:

Tabla XXXV. **Seguimiento de desperdicios felpa y empaque**

<b>Registro de carga y desperdicios empaque y felpa.</b>		
<b>De lunes ___ a viernes ____ (misma semana)</b>	<b>Bobinas cargadas/ bobinas disponibles.</b>	<b>Lbs de empaque y felpa de desperdicio</b>

Fuente: elaboración propia.



## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 7.1. Comparación de desperdicios

Es representativo el caso de *Andersen Windows and Doors* (Ventanas y puertas Andersen) en Minnesota quienes comenzaron la búsqueda de la flexibilidad implantando la filosofía la manufactura esbelta consiguiendo eliminar costos innecesarios en los procesos. “En la actualidad, la filosofía de la producción esbelta apuntala a la Corporación Andersen en el que se busca consistencia en cuanto a la manera en que se realiza el trabajo, empezar con calidad y terminar con calidad, cuestionar el statu quo de los procesos y buscar mejoramientos continuos adicionales y por lo tanto proporcionarles a los clientes lo que quieren, cuando lo requieren”. (Andersen, 2009).

Respecto a la investigación, en el sistema de producción de puertas y ventanas tipo europeas en Guatemala al haber aplicado la manufactura esbelta se observó que:

- De la Figura 44. los tiempos por almacenaje de inventario fueron reducidos en un 61,90 % que representó 6,5 horas o tres de los cinco almacenajes actuales.
- No se evidenció la existencia de pérdida material de felpa y empaque, debido a los dispensadores, razón por la que no existieron mermas por sobrantes.
- De lo anterior deriva que tampoco hubo pérdida de tiempo por la búsqueda de felpa y empaque.

- Al haber colocado los accesorios según la distribución de operaciones, no se perdió tiempo ubicando los accesorios. Como se evidenció en el análisis de las operaciones.
- La conformación de la célula de manufactura consistió en la división de las operaciones. En las que se evidenció incremento en la tasa de puertas y ventanas ensambladas por unidad de tiempo.

Ambos casos son válidos para tomar como referencia que lograron resultados favorables, a través de la aplicación de la manufactura esbelta.

Bajo la filosofía de la manufactura esbelta descubierta hace poco más de veinte años, algunas empresas han incursionado en ella, obteniendo resultados satisfactorios. Como la *Toyota Motor Manufacturing Kentucky, Inc.*, en la que una vez implementada la manufactura esbelta “las actividades se han estandarizado para minimizar los desperdicios y para asegurar la calidad” (Hall, 2007).

Pero si se pensaba que únicamente los procesos de transformación de la materia son susceptibles de mejora bajo la metodología de la manufactura esbelta, será oportuno mencionar el caso del Departamento de Recursos Naturales de Iowa (DRN), encargada de la emisión de permisos para la construcción de instalaciones que contaba con un largo proceso de aprobación de sesenta y dos días en promedio y veinte pasos.

Y que al aplicar los principios de la manufactura esbelta y rastrear en la cadena de valor solo lo que es percibido como tal por el cliente, llegó a reducir el proceso a seis días hábiles, acortándolo en siete pasos. Y lo más importante, pasó de tener 600 permisos atrasados a diligenciarlos en tan solo 6 meses, para lograr que en la actualidad todo el trabajo esté al día y que las solicitudes

nuevas para construcción sean procesadas tan pronto como se reciben. (DRN, 2004).

Al respecto, durante el desarrollo de la investigación se pudo observar la simplificación de las operaciones al eliminar el 61,90 % de tiempo en almacenaje de perfiles de aluminio a través del proyecto *kaizen* implementado. Las carretillas tipo panel solucionaron además, el problema de manejo manual de los materiales y reducen el tiempo de las operaciones debido a que se procesan por lote y no de forma individual.

## **7.2. Incremento de la capacidad instalada**

En cuanto a la aplicación de la manufactura esbelta para el incremento de la capacidad instalada, Cano (2009) la aplica en la empresa productora de engobes cerámicos en la que plantea una serie de reducciones en materia de desperdicios y optimizaciones del proceso; concluyendo con la reducción del tiempo ciclo en el proceso y aumentando en una mayor cifra a la planteada la capacidad instalada de esta empresa. Sobrepasando el objetivo de un 100 % al de 281 %. Resultado que para muchos podría ser utópico y que no es susceptible de verificación, ya que su cálculo fue teórico y nunca basado en la experimentación para la comprobación de resultados.

Basado al capítulo anterior, se indicó que la célula de manufactura estuvo conformada por tres operarios en el área de ensamble que utilizaron un tiempo total efectivo de 5.67 horas, quienes elaboraron un total de 60 marcos. Con esta información se extrapola la cantidad total de marcos que la célula puede hacer en un día de trabajo normal, tiempo efectivo de 8.5 horas.

Tabla XXXVI. **Extrapolación de producción del plan piloto**

<b>Cantidad de marcos</b>	<b>Tiempo (horas)</b>
60	5.67
X	8.50
X = 90 marcos	

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, una célula de manufactura puede producir aproximadamente 90 marcos diarios. La extrapolación asume linealidad en la producción de una jornada operativa completa. Sin embargo, la fatiga en el factor humano incide en el trabajo obtenido tanto en calidad como en cantidad. Por lo que esta extrapolación contempla resultados en condiciones ideales.

Al ser 15 personas las que integran el área de ensamble que es el proceso restrictivo, se puede inferir la conformación de 5 células, lo que conduce a que este sistema bajo un nuevo enfoque de producción, manufactura celular y bajo la perspectiva de la eliminación de desperdicio en el proceso, puede manufacturar 450 marcos diarios.

Este dato es especialmente útil cuando se tiene que determinar el incremento de la capacidad instalada, que en condiciones iniciales se midió y logró establecerse como máximo en 166 marcos diarios.

Sin embargo, lo anterior se da cuando el área de ensamble trabaja al 100% de eficiencia, es decir que todo el tiempo los recursos trabajan en sincronía, sin retraso alguno, tal como se observó en el plan piloto. No obstante, esta eficiencia es pocas veces alcanzada por distintas circunstancias, como la

discutida párrafos atrás sobre la linealidad de la capacidad de producción del recurso humano, así, aplicando el factor eficiencia en un 90% en el largo plazo en el sistema, el incremento de la capacidad instalada es de 153%, este porcentaje tiene implícito la producción de 255 marcos adicionales al día.

Es importante destacar que la célula de manufactura se conformó gracias al estudio de tiempos y estandarización de los mismos. Estas mejoras están contenidas en el Sistema de Administración Científica. Y son soportadas por el estudio de Thomson (1917) quien informa que de las 113 plantas que habían instalado el Sistema de Administración Científica después de su publicación ante la ASME en 1903, 59 consideraron que ello les había significado todo un éxito, 20 solo un éxito parcial y 34 que fue un fracaso.

La investigación se suma como otro caso exitoso al método de la Administración Científica contextualizado en la gestión industrial de Guatemala.

### **7.3. Factores restrictivos para el incremento de la capacidad instalada**

Con base a la observación sistemática de la unidad de análisis de esta investigación, influye en la obtención de puertas y ventanas tipo europeas:

- El factor humano, debido a que el proceso en su mayor parte es manual y requiere del mismo para su ensamble.
- Almacenajes de inventario innecesarios, que entorpecen el flujo y localización de las piezas necesarias para ensamblar los marcos.
- En el nuevo enfoque de producción, células de manufactura, el factor limitante para la utilización al máximo de su capacidad radica en el suministro constante de perfiles que abastezca la célula de manufactura en el área de ensamble.

- A este punto en que quedó demostrado el incremento de la capacidad instalada en el área de ensamble, se menciona que esta misma aún representa el cuello de botella dado que la reducción de los tiempos de operación disminuyó considerablemente, pero no se alineó al ritmo de producción.

#### **7.4. Consecuencias de la investigación**

La resolución de la problemática identificada en este trabajo de investigación derivó en aspectos positivos a favor, así como negativos.

Positivos, porque se comprobó el aporte de la manufactura esbelta en los procesos productivos para el incremento de la capacidad instalada. Y en la aplicación de la ingeniería de métodos la simplificación del trabajo para el operador.

Negativos, desde la perspectiva del personal operativo, hacer eficiente un proceso en el que se eliminan los desperdicios para incrementar la producción que pudo ser interpretado como un cambio que implica el uso excesivo del recurso humano. No obstante esta errónea interpretación se evitó, puesto que en la ejecución del plan piloto no se trató de trabajar de forma intensa, antes bien, remover los desperdicios identificados y simplificar el trabajo para que con el mismo tiempo trabajado se pudiera incrementar la tasa de unidades producidas en el tiempo, es decir la capacidad instalada.

Asimismo, los datos obtenidos en la encuesta planteada al sector operativo reflejan que 14 de 32 personas no ven oportunidades para mejorar su área de trabajo, con esto se evidencia la resistencia al cambio. Si a eso se le

suma que la actual administración no contempla un sistema de remuneración variable por productividad se puede justificar la negativa hacia estos cambios.

## **7.5. Propuestas afines al tema de investigación**

En este apartado se plantean temas que por la delimitación de la investigación no pudieron estudiarse, pero que son propuestas interesantes para desarrollar. Siendo estos:

Implementación de sistema de calidad en la empresa de puertas y ventanas tipo europeas: la investigación ha demostrado incrementar la capacidad instalada, cantidad de artículos producidos en el tiempo, pero esta medida no tiene sentido si la calidad es sacrificada. A la vez se menciona la falencia de este sistema de calidad en el transcurso de la investigación, por lo que la delimitación de los requisitos que satisfacen al cliente y el cumplimiento uniforme en la producción es un tema de alto valor para esta empresa.

Rentabilidad de los procesos productivos al aplicar manufactura esbelta: los ahorros en desperdicios de procesos pueden dimensionarse monetariamente. Así se podrá saber qué tan eficientes se vuelven los mismos una vez aplicada la herramienta de investigación.

Resistencia a los cambios de la manufactura esbelta en los sistemas productivos: sin lugar a duda, toda modificación lleva implícito la gestión de cambio. Anticiparse a estos cambios y llevarlos a cabo, no garantiza pero si hace plausible conseguir resultados favorables una vez se generen los cambios derivados de la aplicación de la manufactura esbelta.

Ampliación del estudio de tiempos: por la restricción del recurso tiempo el estudio muestral se tomó como poblacional para la cronometración de tiempos. Para retomar algún aspecto que a tiempo en el proceso se refiera, se pueden utilizar los tiempos en esta investigación, determinando la cantidad N de ciclos a cronometrar y establecer un estudio completo de tiempos.

Propuesta e implementación de remuneración variable en el sistema productivo de la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas: los cambios que se sugieren para incrementar la capacidad instalada llevan intrínseca la colaboración del sector operativo, debido a la naturaleza del proceso, por lo que un pilar importante para garantizar los cambios en el tiempo será la remuneración variable por productividad.



## CONCLUSIONES

1. El sistema productivo investigado consta de cuatro procesos, corte, troquel, ensamble y montaje, en la secuencia que se mencionan. Es un sistema de producción intermitente, en mayor medida manual que automatizado y que cuenta con demanda real.
2. Con un 99% de confianza se determinó la capacidad instalada máxima de 166 marcos diarios, a través de la estadística inferencial utilizando la teoría de intervalos de confianza.
3. Con base al estudio de tiempos realizado, el *takt time* (6.4 min/marco) y la pared de balanceo reveló que el proceso que no tenía el desempeño alineado al ritmo de producción exigido por la demanda era ensamble (11 min/marco). Convirtiéndose en el proceso restrictivo del sistema.
4. Se evidenciaron con el mapeo de la cadena de valor los almacenajes innecesarios, paros de producción, políticas de distribución de materiales deficientes y desperdicio de materia prima. Así, el 4.5% del tiempo agregaba valor de las 11 horas totales del tiempo ciclo.
5. Sobrepasando el límite inicial de la capacidad instalada máxima en 255 marcos, equivalente al 153% se pudo inferir que existió aumento significativo, siendo la causa asignable de variación, la aplicación de la manufactura esbelta.



## RECOMENDACIONES

1. El diagrama de recorrido es una técnica útil para describir un proceso productivo, que ejemplifica gráficamente y secuencia el orden en que se da. Así se sugiere para las investigaciones de esta naturaleza emplearla para una mayor comprensión del proceso.
2. El análisis longitudinal aporta mayor veracidad a la determinación de la capacidad instalada, porque se tomará en cuenta un horizonte de estudio amplio. Así se considera apropiado emplearlo en futuras investigaciones.
3. Se sugiere la aplicación de proyectos Kaizen en el proceso de montaje, que demostró en el análisis inicial de pared de balanceo estar ligeramente sobre el ritmo de producción.
4. La estrategia para erradicar los desperdicios en los procesos acorde a la experiencia del investigador es conformar equipos multidisciplinarios Kaizen, en los que se generarán ideas y se logran concretar los proyectos. Se sugiere dar el seguimiento del plan propuesto para el aseguramiento de las mejoras.
5. El enfoque de la aplicación de la manufactura esbelta según la revisión de la teoría, como la evidencia en el desarrollo de la investigación apuntan a que la aplicación de esta metodología es para procesos de producción continuos e intermitentes.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andersen, C. (mayo de 2009). *Conferencia de Educación en Producción Esbelta*. Obtenido de Carlson School of Management de la Universidad de Minnesota.: [www.andersenwindows.com/](http://www.andersenwindows.com/)
2. Beltran Alonzo, S. F. (1990). *Como mantener un adecuado volumen de inventarios, para aprovechar la capacidad instalada y evitar el exceso de uso de capital de trabajo*. Guatemala, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Económicas.
3. Bertalanffy, L. V. (1976). *Teoría General de los Sistemas, fundamento, desarrollo y aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
4. Cano Campiño, A. M. (2009). *Aumento de la capacidad instalada de producción en una planta de engobes cerámicos*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas.
5. Cela Trulock, J. L. (2008). *Guía de eliminación de despilfarro*. Valencia, España: Instituto Aragonés de Fomento.

6. Charles, F. (1 de Marzo-Junio de 2013). *Cámara guatemalteca de la construcción*. Recuperado el 03 de Marzo de 2014, de <http://www.construguate.com/index.php/publicaciones/revista-construccion>, BE 26 página 31.
7. Corporation, A. (mayo 2009). Conferencia de Educación en Producción Esbeltos. *Carlson School of Management de la Universidad de Minnesota*. Minnesota.
8. Cruelles, J. A. (2013). Ingeniería Empresa productoral, Método de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. En J. A. Cruelles, *Ingeniería Empresa productoral, Método de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejor continua* (págs. 381-422). México, D.F.: Alfaomega.
9. DRN. (2004). *Department of Natural Resources Iowa*. Recuperado el 05 de Febrero de 2004, de [www.dnrec.state.de.us/DNREC2000/VSM//Index.htm](http://www.dnrec.state.de.us/DNREC2000/VSM//Index.htm); [www.epa.gov/lean/lean-initiatives-iowa.htm](http://www.epa.gov/lean/lean-initiatives-iowa.htm)
10. G. Schroeder, R., Meyer Goldestein, S., & Rungtusanatham, M. (2005). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporaneos*. México, D.F.: McGraw-Hill.

11. García Criollo, R. (2005). *Estudio del método, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
12. Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad* (Tercera edición ed.). D.F., México: Mc Graw Hill.
13. Hall, R. (2007). *The Americanization of the Toyota Production System*.  
Obtenido de [www.toyotageorgetown.com](http://www.toyotageorgetown.com)
14. Lawrence, W. B. (1964). *Contabilidad de costos* (Vol. Tomo I). (UTEHA, Ed.) México: Hispano-Américana.
15. López Sosa, H. S. (2000). *Optimización de la capacidad instalada en el envasado de agroquímicos*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería.
16. Mejía Cañas, C. A. (Julio de 2013). *Planning, Consultores Gerenciales*.  
Recuperado el 14 de Febrero de 2014, de [www.planning.com.co](http://www.planning.com.co)
17. Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Empresa productoral, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F.: Mc Graw Hill.

18. Porter, M. (1981). *Ser competitivo* (Primera ed.). Estados Unidos.
19. Rodríguez, E. M. (2006). *Propuesta para la implementación de manufactura esbelta en una línea de ensamble, de una empresa dedicada a la empresa productora metal mecánica*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
20. Solorzano, C. (1982). *Producción para competir: El análisis del proceso*. Alajuela Costa Rica: INCAE, pag 7.
21. Thompson, C. (1917). *The Taylor System of Scientific Management*. Chicago: A.W. Shaw.
22. Torres, S. (2008). *Ingeniería de Plantas* (2008 ed.). Guatemala, Guatemala: c.c dupal.
23. Torres, S. (2013). *Control de la Producción, Texto Universitario* (2013 ed.). Guatemala: c. c dupal.
24. Valdez, C. A. (2000). *Implementación de un sistema de producción por medio de la programación lineal en la capacidad instalada de producción de un taller de manufactura de cueros*. Guatemala,



Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería.

25. Vásquez, J. A. (2009). *Mejora de la distribución en planta, para optimizar la capacidad instalada de la planta de producción de la empresa el Anfitrión S.A.* Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
26. Williams, B., & Sayer, N. (2007). *Lean for Dummies*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc. .
27. Womack, J. P., & Jones, D. T. (1988). *Free Press. Lean Thinking*. New York.



## APÉNDICE

### A1. Cuestionario para sector operativo

La siguiente encuesta tiene como objetivo conocer su criterio respecto a la operaciones que lleva a cabo todos los días. Se agradece de antemano su colaboración

**Instrucciones:** seleccione la respuesta que mejor considere. Solo puede elegir una opción por pregunta. Identifique el área a la que pertenece previo a comenzar la encuesta.

**Corte**

**Ensamble**

**Troquel**

**Montaje de vidrio**

1 ¿En su área existen ocasiones en las que se debe trabajar tiempo extra para cumplir con la producción?

SÍ

NO

2 ¿Observa acumulación de materiales en su área de trabajo?

SÍ

NO

Si su respuesta fue SÍ conteste la pregunta número 3 de lo contrario pase a la pregunta número 4.

3 ¿Con qué frecuencia observa la acumulación de materiales?

Siempre

Ocasionalmente

4 ¿El proceso anterior al suyo entrega a tiempo los materiales para ser procesados?

SÍ  NO

5 ¿Considera que la forma de trabajo actual puede ser mejorada?

SÍ  NO

Si su respuesta anterior fue positiva, liste los aspectos en los cuales se puede mejorar.

---

---

Fuente: elaboración propia.

## A2. Matriz de coherencia

	Pregunta central:	¿En qué medida la aplicación de la manufactura esbelta en la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas aumentará su capacidad instalada?		
	Objetivo específico:	Determinar el incremento de la capacidad instalada en la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas al aplicar la manufactura esbelta.		
No.	PREGUNTA	OBJETIVO	CONCLUSIÓN	RECOMENDACIÓN
1	¿Cuáles son las características del sistema de producción de puertas y ventanas tipo europeas?	Describir el proceso de fabricación de la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas.	El sistema productivo investigado consta de cuatro procesos: corte, troquel, ensamblaje y montaje, en la secuencia que se mencionan. Es un sistema de producción intermitente, más manual que automatizado y que cuenta con demanda real.	El diagrama de recorrido es una técnica útil para describir un proceso productivo, que ejemplifica gráficamente y secuencia el orden en que se da. Así se recomienda para las investigaciones de esta naturaleza emplearla para una mayor comprensión del proceso.
2	¿Cuál es la capacidad instalada con la que opera la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas al comenzar la investigación?	Determinar la capacidad instalada a través de un historial de producción.	Con un 99% de confianza se determinó la capacidad instalada máxima de 166 marcos diarios, a través de la estadística inferencial utilizando la teoría de intervalos de confianza.	El análisis longitudinal aporta mayor veracidad a la determinación de la capacidad instalada, porque se toma en cuenta un horizonte de estudio amplio. Así se considera apropiado emplearlo en futuras investigaciones.
3	¿Cuál es el área en el proceso productivo que restringe la capacidad instalada del sistema?	Determinar el proceso restrictivo del sistema productivo, empleando el estudio de tiempos en cada una de las áreas que conforman el sistema.	En base al estudio de tiempos realizado, el takt time (6.4 min/marco) y la pared de balanceo revelan que el proceso que no tiene el desempeño alineado al ritmo de producción exigido por la demanda es ensamblaje (11 min/marco). Convirtiendo en el proceso restrictivo del sistema.	Se recomienda la aplicación de proyectos Kaizen en el proceso de montaje, que demostró en el análisis inicial de pared de balanceo estar ligeramente sobre el ritmo de producción.
4	¿Cuáles son los desperdicios generados en cada una de las áreas que conforman el proceso productivo de la empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas?	Identificar los desperdicios generados en el proceso de producción de puertas y ventanas de la cadena de valor.	Se evidenciaron con el mapeo de la cadena de valor los almacenajes innecesarios, paros de producción, políticas de distribución de materiales deficientes y desperdicio de materia prima. Así, el 4.5% del tiempo agregaba valor de las 11 horas totales del tiempo ciclo.	La estrategia para erradicar los desperdicios en los procesos acorde a la experiencia del investigador es conformar equipos multidisciplinarios Kaizen, en los que se generen ideas y se logran concretar los proyectos.
5	Al aplicar la manufactura esbelta ¿existirá un incremento significativo de la capacidad instalada?	Establecer si existe incremento significativo en la capacidad instalada midiéndola a partir de la aplicación de la manufactura esbelta.	Sobrepasando el límite inicial de la capacidad instalada máxima en 255 marcos, equivalente al 153% se puede inferir que existe aumento significativo, siendo la causa asignable de variación, la aplicación de la manufactura esbelta.	El enfoque de la aplicación de la manufactura esbelta según la revisión de la teoría, como la evidencia en el desarrollo de la investigación apuntan a que la aplicación de esta metodología es para procesos de producción continuos e intermitentes.

Fuente: elaboración propia.



## ANEXOS

### A1. Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 o más	3

Fuente: Erie Works General Electric, (1972), p. 325

## A2. Valores para calificación del trabajo. Método de nivelación

HABILIDAD		ESFUERZO		CONDICIONES		CONSISTENCIA	
0,15	A1	0,13	A1	0,06	A Ideales	0,04	A Perfecto
0,13	A2 Habilitísimo	0,12	A2 Habilitísimo	0,04	B Excelentes	0,03	B Excelente
0,11	B1	0,10	B1	0,02	C Buena	0,01	C Buena
0,08	B2 Excelente	0,08	B2 Excelente	0,00	D Promedio	0,00	D Promedio
0,06	C1	0,05	C1	-0,03	E Regulares	-0,02	E Regulares
0,03	C2 Bueno	0,02	C2 Bueno	-0,07	F Malas	-0,04	F Deficientes
0,00	D Promedio	0,00	D Promedio				
-0,05	E1	-0,04	E1				
-0,1	E2 Regular	-0,08	E2 Regular				
-0,15	F1	-0,12	F1				
-0,22	F2 Deficiente	-0,17	F2 Deficiente				

Fuente: García (2005), p. 213-214

## A3. Calificación de holguras

Instituto de Administración Científica de las Empresas				
Curso de "Técnicas de organización"				
1. Suplementos constantes	Hombres	Mujeres	Kata (milicalorias/cm2/segundo)	
	Suplementos por necesidades personales	5	7	16
Suplementos por fatiga	4	4	14	0
			12	0
<b>2. Suplementos variables</b>			10	3
	Hombres	Mujeres	8	10
<b>A. Suplemento por trabajar de pie</b>	2	4	6	21



			5	31		
<b>B. Suplementos por postura anormal</b>			4	45		
Ligeramente incomoda	0	1	3	64		
Incómoda (inclinado)	2	3	2	100		
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7				
<b>C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)</b>					<b>F. Concentración intensa</b>	Hombres Mujeres
Peso levantado por kilogramo					Trabajos de cierta precisión	0 0
2.5			0 1		Trabajos de precisión o fatigosos	
5			1 2		Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5 5
7.5			2 3			
10			3 4		<b>G. Ruido</b>	
12.5			4 6		Continuo	0 0
15			5 8		Intermitente y fuerte	2 2
17.5			7 10		Intermitente y muy fuerte	5 5
20			9 13		Estridente y fuerte	
22.5			11 16			
25			13 20 (max)		<b>H. Tensión mental</b>	
30			17 -		Proceso bastante complejo	1 1
33.5			22 -		Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetivos	4 4
<b>D. Mala iluminación</b>					Muy complejo	8 8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada			0 0		<b>I. Monotonía</b>	
Bastante por debajo			2 2		Trabajo algo monótono	0 0
Absolutamente insuficiente			5 5		Trabajo bastante monótono	1 1
<b>E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)</b>					Trabajo muy monótono	4 4
					<b>J. Tedio</b>	
					Trabajo algo aburrido	0 0
					Trabajo aburrido	2 1

Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de suplemento.	Trabajo muy aburrido	5	2
--	----------------------	---	---

Fuente: García (2005), p. 221