

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE ENTREGA
EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE UN TALLER DE CERRAJERÍA**

**JHON MAICOL MORA ÁLVAREZ
JEAN PIERRE LONDOÑO GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
MAYO 2019**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE ENTREGA
EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE UN TALLER DE CERRAJERÍA**

**JHON MAICOL MORA ÁLVAREZ
JEAN PIERRE LONDOÑO GONZÁLEZ**

Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Director proyecto
DIANA ANDREA PEÑA CALDERON**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
MAYO 2019**

Contenido

| | pág. |
|--|-----------|
| GLOSARIO | 7 |
| RESUMEN | 8 |
| 1 Introducción | 10 |
| 1.1 Contexto | 10 |
| 1.2 Justificación | 12 |
| 1.3 Formulación del Problema | 13 |
| 2 Objetivos | 16 |
| 2.1 Objetivo del Proyecto..... | 16 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 16 |
| 2.3 Entregables esperados..... | 16 |
| 3 Marco de Referencia | 17 |
| 3.1 Antecedentes o Estudios Previos | 17 |
| 3.2 Marco Teórico..... | 21 |
| 3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto..... | 24 |
| 4 Metodología | 25 |
| 5. Resultados | 28 |
| 5.1 Discusión de resultados..... | 28 |
| 5.1.1 Etapa 1. Caracterización del caso de estudio | 28 |
| 5.1.2 Etapa 2. Identificación de alternativas..... | 44 |
| 5.1.3 Etapa 3. Propuesta de mejora..... | 49 |
| 5.1.4 Etapa 4. Evaluación de propuesta..... | 51 |
| 5.2 Conclusiones | 55 |
| 5.3 Recomendaciones | 57 |
| BIBLIOGRAFÍA | 60 |
| ANEXOS | 63 |

Lista de Ilustraciones

| | |
|---|-----------|
| <i>Ilustración 1. Diagrama de Ishikawa : Incumplimiento en el tiempo de entrega.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Ilustración 2. 7 desperdicios.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Ilustración 3. Secuencia de metodología.....</i> | <i>25</i> |
| <i>Ilustración 4. Diagrama de Pareto de ventas en La Forja.....</i> | <i>28</i> |
| <i>Ilustración 5. Flujo de proceso de puertas, ventanas, marcos y ventanales.</i> | <i>30</i> |
| <i>Ilustración 6. Flujo de procesos del portón garaje.....</i> | <i>31</i> |
| <i>Ilustración 7. Tiempo muerto en el proceso de elaboración de un pedido.....</i> | <i>35</i> |
| <i>Ilustración 8. Diagrama de Pareto de las causas del problema.</i> | <i>38</i> |
| <i>Ilustración 9. Lista inicial de piezas a cortar.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Ilustración 10. Diagrama de lista de piezas para corte.</i> | <i>40</i> |
| <i>Ilustración 11. Ejemplo de corte en una lámina de un pedido real.</i> | <i>41</i> |
| <i>Ilustración 12. Diagrama de Gantt del transcurso de tiempo de pedidos antes de la implementación de la propuesta.</i> | <i>43</i> |
| <i>Ilustración 13. Tablero de herramientas</i> | <i>53</i> |
| <i>Ilustración 14. Diagrama de Gantt del transcurso de tiempo de pedidos después de la implementación de la propuesta.</i> | <i>54</i> |
| <i>Ilustración 15. Plano de distribución física del taller “La Forja”.</i> | <i>63</i> |
| <i>Ilustración 16. Diagrama de desplazamiento del operario antes de la propuesta.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Ilustración 17. Diagrama de desplazamiento del operario después de la propuesta.....</i> | <i>65</i> |

Lista de Tablas

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 1. Herramientas Lean utilizadas/recomendadas en un ambiente de producción Job Shop.</i> | <i>20</i> |
| <i>Tabla 2. Tabla de herramientas.</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabla 3. Descripción de procesos de La Forja.</i> | <i>33</i> |
| <i>Tabla 4. Información de tiempos por procesos.</i> | <i>37</i> |
| <i>Tabla 5. Desperdicios presentados en el taller La Forja.</i> | <i>44</i> |
| <i>Tabla 6. Matriz de priorización.....</i> | <i>49</i> |
| <i>Tabla 7. Comparación de indicadores</i> | <i>54</i> |

Lista de Anexos

| | |
|---|-----------|
| <i>Anexo 1. Plano de distribución física del taller “La Forja</i> | <i>63</i> |
| <i>Anexo 2. Diagrama de desplazamiento del operario antes de la propuesta.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Anexo 3. Diagrama de desplazamiento del operario después de la propuesta</i> | <i>65</i> |
| <i>Anexo 4. Cursogramas del taller La Forja.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Anexo 5. VSM’s.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Anexo 6. Datos de pedidos</i> | <i>66</i> |
| <i>Anexo 7. Formato A3.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Anexo 8. Formato de fecha de entrega</i> | <i>66</i> |
| <i>Anexo 9. Implementación 5’s.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Anexo 10. Formato de orden de corte.....</i> | <i>66</i> |

GLOSARIO

CERRAJERÍA: oficio dedicado al mantenimiento, fabricación y reparación de toda clase de estructura metálica soldada.

JOB SHOP: sistema de producción que consiste en un volumen de fabricación bajo y de gran variedad, caracterizado por adaptarse a las necesidades específicas del cliente.

LEAD TIME: espacio de tiempo que transcurre desde la emisión del pedido hasta recibir el producto terminado.

MAKE TO ORDER: es un proceso de producción en el que la fabricación comienza solo después de que se recibe el pedido de un cliente.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio del proceso productivo del taller de cerrajería La Forja, el cual se encuentra ubicado en Florida, Valle del Cauca. Éste cuenta con un sistema de producción Job Shop en el cual se evidenció la necesidad de aplicar herramientas que garanticen la eficiencia en el tiempo de entrega y la reducción de los desperdicios para lograr satisfacer al cliente y ser más competitivo en el mercado. Debido a la gran cantidad de microempresas existentes en Colombia que requieren implementar mejoras en términos de organización y medición de sus procesos, se plantea una propuesta que permita mantener un estándar de orden en toda el área de trabajo y permita establecer fechas de entrega confiables.

Al hacer un trabajo de campo y un análisis de datos dentro del taller, mediante herramientas de ingeniería industrial como diagramas de Pareto, diagramas de Ishikawa, cursograma analítico, value stream mapping, se evidenciaron problemas durante todo el proceso productivo como desperdicios de materiales, movimientos innecesarios, transportes demasiado extensos, esperas prolongadas, retrabajos y falta de estandarización. Lo anterior se traduce en un mayor tiempo de operación de los productos fabricados en La Forja, lo que genera en muchas ocasiones un retraso significativo en el tiempo de entrega hacia el cliente.

En consecuencia, se evaluaron algunas alternativas con el objetivo de mitigar los desperdicios encontrados y se estableció una propuesta enfocada a lograr una disminución del tiempo promedio del retraso en la fecha de entrega, creando un formato que defina con mayor exactitud la fecha a pactar con el cliente, estandarizar procesos claves dentro de la operación y ordenar el área de trabajo. Esta labor se hizo en conjunto con los operarios y administrador del taller.

Finalmente, se realizó una evaluación sobre la viabilidad de la propuesta con la ayuda de los indicadores del retraso promedio y el porcentaje de cumplimiento del

Lead Time, al realizar una prueba piloto y recoger datos que permitieran comparar el estado actual con la propuesta generada.

Palabras claves: Job Shop, Microempresa, Make to Order, Lead Time, Retraso, Cumplimiento.

1 Introducción

En la actualidad las MiPymes que pertenecen al sector metalmecánico tienen grandes retos para mantenerse en el mercado. Esto significa ser competitivos, es decir, tener la capacidad de ofrecer un producto de alta calidad en el tiempo estipulado o pactado con el cliente, dado que existen gran cantidad de empresas dedicadas a este sector a nivel nacional e internacional.

En la actualidad las pequeñas empresas carecen de la aplicación de herramientas de ingeniería industrial que ya sea por el desconocimiento o la inexperiencia no las han tenido en cuenta en sus procesos, las cuales, podrían solucionar problemas como las diferentes fallas que afectan de una u otra manera la productividad y a su vez el tiempo de respuesta con los clientes.

El presente proyecto de grado se centrará en realizar una propuesta de mejora que agregue valor al proceso productivo en el taller de cerrajería La Forja. Éste tiene una estructura Job Shop con un sistema de producción bajo pedido en el cual se evidenció la necesidad de aplicar mejoras en el proceso productivo que garanticen la eficiencia en el tiempo de entrega y la reducción de los desperdicios para lograr satisfacer al cliente y ser más competitivo en el mercado.

Para la elaboración de la propuesta de mejora se implementaron herramientas de ingeniería industrial como diagramas de flujo, diagramas de Pareto, diagrama causa - efecto y estudios de tiempos y movimientos. Herramientas enfocadas a identificar las causas principales que generan un gran impacto en el tiempo de entrega hacia los clientes.

1.1 Contexto

La industria metalmecánica elabora artículos metálicos a partir de la manipulación mecánica de los metales y del ensamble de piezas metálicas previamente elaboradas, ambos procesos se realizan con técnicas de

modelado en frío y transformaciones o modificaciones en el volumen del material (Buchelli Lozano & Marín Restrepo, 2011, p.262).

De acuerdo con la información de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) en 2016 en Colombia existen 8466 establecimientos dedicados a la industria. Entre ellos 1460, es decir, el 17,24% corresponden al sector metalmecánico. Por otra parte, este sector aporta el 12,66% de la producción bruta de Colombia. De un total de establecimientos del sector metalmecánico estimados en 2016, 1372 corresponden a las MiPymes (DANE, 2016).

El desarrollo de este trabajo se basa en la cerrajería “La Forja” ubicada en Florida Valle del Cauca, Colombia, que se dedica desde hace más de treinta años a la producción, reparación e instalación de productos elaborados en metal en la mayoría de los casos lámina galvanizada (Calibre 22) que hacen parte del terminado y estética de las edificaciones. El ambiente de producción es Job Shop (Tipo taller), lo cual nos indica que la elaboración de sus productos sigue diferentes trayectorias y secuencias a través de los procesos y máquinas, las cuales no se encuentran organizadas de una manera secuencial de acuerdo con la elaboración de la mayoría de los productos hechos en este taller, tal como se evidencia en la distribución física (ver Anexo 1. Plano de distribución física del taller “La Forja”).

La Forja cuenta con un administrador y dos operarios fijos, los cuales tienen amplia experiencia y polivalencia en el campo de la cerrajería. De acuerdo con lo anterior, el taller se puede considerar como una microempresa según la definición de la ley 905 de 2004, que establece que:

Una microempresa en Colombia es toda unidad de explotación económica realizada por persona natural o jurídica que cuente con una planta de personal no superior a los diez trabajadores o con activos totales excluida la vivienda por valor inferior a quinientos salarios mínimos mensuales legales vigentes (Congreso de la República de Colombia, 2004, p.1).

El taller maneja diferentes tipos de productos tales como: puertas, ventanas, pasamanos, rejas, escaleras y todo tipo de elementos que se realicen con lámina galvanizada calibre 22. Cada uno de los productos se puede personalizar, ya que poseen la capacidad de ser flexibles en cualquier parte del proceso permitiéndoles adaptarse a distintos tipos de necesidades de los clientes. Además, se evidencia que sus volúmenes de producción son relativamente bajos dado que se enfrentan a requerimientos heterogéneos. Por otro lado, los equipos y las máquinas cumplen un propósito general, es decir, se cuenta con maquinaria que permite atender distintos tipos de pedidos, sin embargo, en algunos casos los procesos que se emplean en los diferentes productos son similares, por ejemplo, en la elaboración de una puerta y una ventana se utilizan actividades análogas, dado que en la producción de éstos se utilizan procesos de corte, doblaje, ensamble, pulido, y pintura.

1.2 Justificación

En Colombia, el 96% de la estructura empresarial está compuesta por MiPymes, de las cuales aproximadamente el 92% son microempresas (DANE, 2006). Además, según el DANE (2011), los micro establecimientos contribuyen aproximadamente con un 59% en la generación del empleo en el país. Así, es de gran importancia realizar un análisis profundo de estas pequeñas empresas con el objetivo de garantizar su permanencia en el tiempo y proponer alternativas de mejora de sus procesos productivos.

Según la Fundación Corona (2005):

Las pequeñas empresas tienen determinadas restricciones tecnológicas y competitivas que influyen en la capacidad de la empresa para innovar, competir, exportar y financiarse en condiciones óptimas, así el desarrollo de las MiPymes va a depender de su capacidad para modernizar sus procesos productivos, desarrollar productos atractivos, mejorar el acceso a los mercados y seleccionar sus oportunidades de negocios. (p.7)

De acuerdo con lo mencionado anteriormente es muy importante llevar a cabo un análisis del proceso productivo de las MiPymes, de ahí que se realizará un estudio detallado del funcionamiento en el sistema actual del taller La Forja, dado que éste tiene diversos inconvenientes internamente que afectan directamente el tiempo de entrega de sus productos, en consecuencia, se debe identificar las causas de este problema y evaluar alternativas que permitan mejorar el nivel de cumplimiento en los tiempos de entrega hacia los clientes. De ahí que la aplicación del estudio se hace especialmente relevante para el taller estudiado, ayudando en la reflexión sobre nuevas metodologías de mejoramiento a aplicar.

Por otro lado, este trabajo presenta un reto para el estudiante de Ingeniería Industrial, debido a que se debe realizar una recopilación de gran parte de las enseñanzas y conocimientos que se han obtenido en el transcurso de la carrera para la aplicación de éstos en un ambiente de producción del sector industrial. Además, este proyecto tiene el potencial de contribuir al desarrollo de la literatura científica, dado que la reducción del lead time en un sistema Job Shop es bastante complejo, pues la producción de productos diferentes generalmente conduce a altas variaciones en los tiempos de procesamiento y enrutamiento del trabajo, y por lo tanto a tiempos de producción largos e impredecibles, así como altos niveles de trabajo en proceso (GEO Tutoriales, 2015). Por consiguiente, este trabajo sirvió como modelo de aplicación de una propuesta de mejora para otras microempresas que actúen bajo un ambiente de producción Job shop y busquen reducir el lead time.

1.3 Formulación del Problema

Con las visitas realizadas en el taller de cerrajería La Forja se evidenció de acuerdo con la información suministrada por el administrador que uno de los problemas más frecuentes en la microempresa es el incumplimiento en el tiempo de entrega pactado con el cliente donde se presentan retrasos de hasta una semana. Inicialmente se pudo evidenciar que las máquinas del taller de cerrajería La Forja

están situadas sin tener en cuenta criterios para una adecuada distribución en planta, las cuales se encuentran posicionadas a gran distancia unas de otras, interfiriendo con la secuencia lógica del flujo del proceso de gran parte de la manufactura hecha en el taller; en consecuencia a largo plazo se generan diferentes efectos negativos en el flujo de trabajo, como se evidencia en el proceso de fabricación, en donde un producto se desplaza varias veces entre las zonas de trabajo, lo cual genera movimientos innecesarios y largos desplazamientos, es decir, se presentan extensos recorridos entre cada una de las áreas, lo que aumenta la presencia de inventarios de producto en proceso, obstaculizando el flujo normal de la producción, afectando así el tiempo de entrega hacia el cliente del taller. Por otro lado, el proceso de priorizar las ordenes de producción que entran al sistema es difícil, dado que se pueden ordenar bien sea por las fechas de entrega de los pedidos o según el tiempo y costo de alistamiento de cada pedido (Goldratt & Cox, 2005).

De acuerdo a lo anterior: “se refleja en un aumento del tiempo de ciclo por unidad y además crea la necesidad de incrementar el tamaño del lote de transferencia de materiales, lo que impide la detección oportuna de producto defectuoso” (Salazar, Vargas, Añasco, & Orejuela, 2010, p.165). Con esto se aumenta el desperdicio en diferentes actividades y las cargas de trabajo en las máquinas. En consecuencia, el tiempo de entrega hacia los clientes es demasiado alto, razón por la cual en muchas ocasiones se presenta incumplimiento en la fecha de entrega pactada con el cliente. A fin de identificar claramente cuáles son las posibles causas de este problema se construyó con la ayuda de los operarios el siguiente diagrama de espina de pescado:

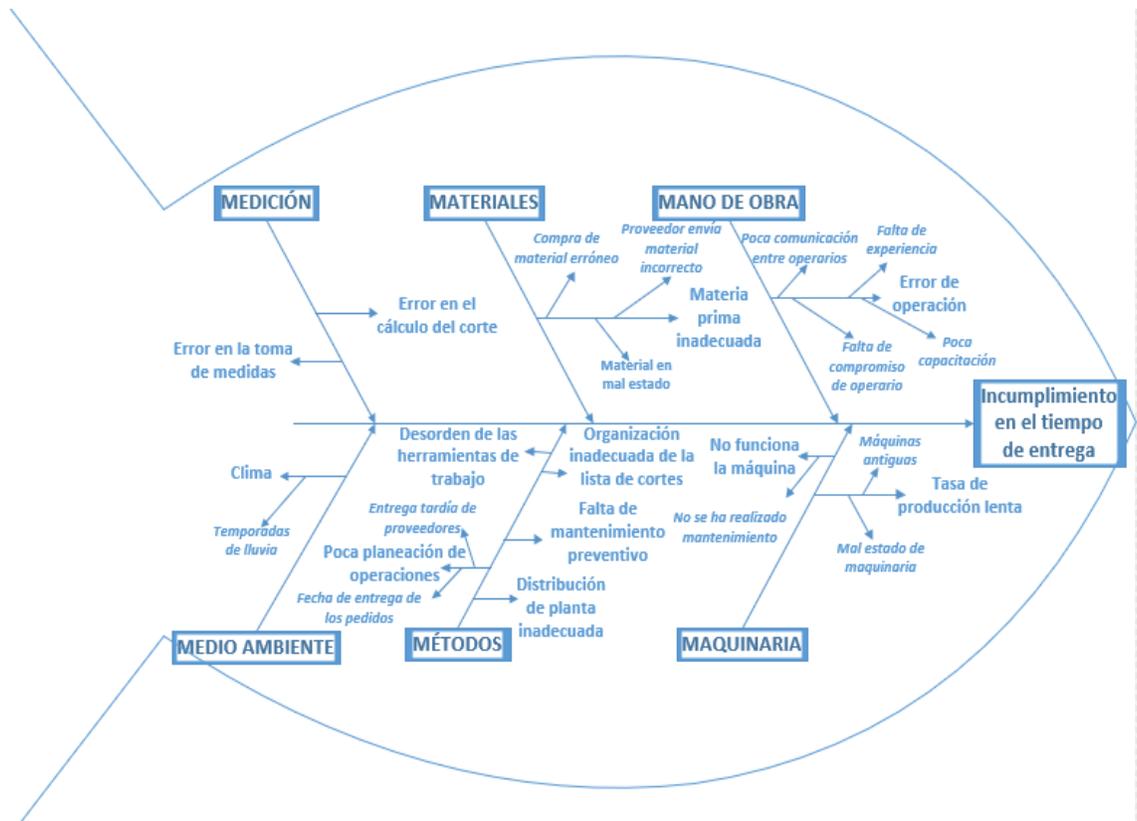


Ilustración 1. Diagrama de Ishikawa: Incumplimiento en el tiempo de entrega.

Fuente: Elaboración propia.

Al tener estas condiciones en sus procesos se evidencia que el taller cuenta con diferentes desperdicios que se presentan a la hora de elaborar e instalar los productos.

Partiendo de la conceptualización y la importancia de la mejora continua y el aumentar la productividad en las microempresas (Talleres) se desea saber ¿Cómo reducir el tiempo de entrega a los clientes en una microempresa del sector metalmeccánico bajo un ambiente de producción Job shop?

2 Objetivos

2.1 Objetivo del Proyecto

Desarrollar una propuesta de mejora que reduzca el tiempo de entrega en un taller de cerrajería con ambiente de producción Job shop.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar y analizar el estado actual del taller de cerrajería.
- Identificar alternativas para la reducción del tiempo de entrega.
- Definir una propuesta de mejora que reduzca el tiempo de entrega.
- Evaluar la propuesta de mejora seleccionada.

2.3 Entregables esperados

- Informe de la caracterización y análisis del estado actual.
- Priorización de alternativas para la reducción del tiempo de entrega.
- Propuesta de mejora que reduzca el tiempo de entrega.
- Resultados de la evaluación de la propuesta.

3 Marco de Referencia

3.1 Antecedentes o Estudios Previos

En el caso de estudio que tiene el mismo objetivo del actual proyecto realizado por Giraldo, Sarache, & Castrillón (2010), se implementó una metodología integral soportada en una simulación para el mejoramiento de sistemas de producción Job Shop, específicamente en una pyme piloto del sector metalmeccánico con el objetivo de mejorar su fiabilidad y reducir los plazos de entrega, teniendo en cuenta el índice de efectividad (IE) del sistema de producción, donde se evidenció que para el sector metalmeccánico resulta de vital importancia trabajar en tres prioridades fundamentales: costo, calidad y plazo de entrega.

Con la Programación Multiobjetivo en un Sistema de Fabricación Tipo Job Shop se puede analizar el desempeño de las variables tiempo de procesamiento, fracción defectuosa causada por la fatiga del operario y costo de mano de obra directa de acuerdo con el estudio realizado por Coca, Castrillón, & Ruiz (2013) en donde se resalta que el tiempo de procesamiento debe analizarse de forma integral con otras variables, las cuales pueden depender del comportamiento del entorno y de su interpretación.

La Propuesta metodológica para la programación de la producción en las pymes presentada por Orejuela, Ocampo, & Micán (2010) muestra que por medio de la agrupación de factores de proceso, la aplicación de Tecnología de Grupos (TG) y posteriormente la determinación de la capacidad instalada y requerida, se elabora una propuesta de programación de la producción basada en el método de programación del cuello de botella basándose en la minimización de las fechas de terminación del último trabajo, además de reducir la complejidad del problema de ambientes Job Shop, también permite realizar una adecuada programación de la producción generando así una buena estimación de los tiempos de entrega de los

pedidos, el cual es una base para implementar metodologías sencillas que se puedan adaptar al taller del presente estudio.

Además, Britto, Mejía, & Caballero (2007), realiza una investigación donde se propone un enfoque híbrido que utiliza la heurística del cuello de botella móvil (CBM) y la búsqueda Tabú (BT) con el objetivo de minimizar la tardanza ponderada total para programar la producción en sistemas de manufactura en ambientes tipo taller, en donde se puede evidenciar que la BT mejoró de forma significativa en la gran mayoría de los casos los resultados de la solución inicial obtenida por el CBM.

Yuan & Graves (2016), realizan una investigación para desarrollar un modelo de planificación para determinar las políticas tácticas óptimas que minimicen los costos de fabricación relevantes sujetos a la variabilidad de la carga de trabajo y los límites de capacidad, donde se considera el tamaño del lote de producción para cada parte y el tiempo de entrega planificado para cada estación de trabajo en un ambiente de producción Job Shop, los resultados son consistentes con de acuerdo a lo esperado y demuestran el valor potencial de la optimización conjunta sobre estas políticas tácticas.

Sutcu, Tanritanir, Durmusoglu, & Koruca (2011) elaboran una metodología integrada para rediseñar la distribución y la organización del departamento en un ambiente Job Shop donde se obtiene que el modelo de estructuración más adecuado depende del objetivo de preferencia de la empresa y de la política comercial. Las estructuras ideales para la empresa evaluada han sido la célula de manufactura híbrida y el sistema operativo del producto para obtener plazos de entrega más cortos, menores costos de personal y una mejor entrega a tiempo; mientras que el sistema operativo Task se eligió para obtener el mejor rendimiento en el trabajo. Lo anterior se puede considerar como base para elaborar una alternativa pertinente con el objetivo de construir la propuesta de mejora que permita reducir el tiempo de entrega del taller La Forja.

Las herramientas de la filosofía Lean Manufacturing se han utilizado principalmente en entornos de flujo de alto volumen de producción, en donde las órdenes se mueven a través del proceso en una dirección. Sin embargo, de acuerdo con la investigación de Slomp, Bokhorst, & Germs (2009), se demuestra a través de un caso de estudio aplicado a un taller de fabricación bajo pedido que los principios de control de la filosofía Lean (leveling, pull y takt time) se pueden implementar con éxito en un contexto de gran variedad y bajo volumen de producción, el resultado de la implementación condujo a una reducción en los tiempos de flujo, un aumento en el nivel de servicio logrado y un mejor rendimiento de entregas a tiempo del 55 al 80%. De manera análoga el taller La Forja presenta características similares a las evaluadas en el caso de estudio mencionado, por consiguiente, es razonable pensar que la aplicación de herramientas Lean que puedan ser implementadas en este ambiente de producción pueden ayudar a reducir significativamente el tiempo de entrega al cliente.

Según Corbett (2007), para una implementación exitosa de Lean Manufacturing es importante conocer cuales herramientas son relevantes en cada ambiente de producción. Por ejemplo, de acuerdo con Stump & Badurdeen (2012), la herramienta JIT es difícil de aplicar a una configuración tipo Job shop, por ende, la compañía puede usar otras estrategias lean para aumentar la eficiencia de sus operaciones. Además, la implementación de heijunka es muy desafiante en un entorno de producción de gran variedad (Hüttmeir, de Treville, van Ackere, Monnier, & Prenninger, 2009).

En un taller con un ambiente de producción Job shop que se ocupa de repuestos de electrodomésticos para el hogar, repuestos para automóviles y maquinaria agrícola, se realizó un estudio por Murugesan, Rajenthirakumar, & Chandrasekar (2016) en el que se empleó la herramienta Value Stream Mapping (VSM) para identificar claramente las oportunidades de mejora y eliminar los desperdicios con la ayuda de diferentes técnicas de Lean. Igualmente, en el caso de estudio realizado por Escaida, Jara, & Letzkus (2016) se utiliza el VSM y diagramas de Ishikawa como

herramientas determinantes para la identificación y descripción de los desperdicios en el proceso productivo, se obtuvo en el proyecto propuesto como mejora una proyección del aumento en un 20% de la capacidad de producción.

Para conocer cuales herramientas de Lean Manufacturing pueden ser implementadas en un ambiente de producción Job shop y a su vez reduzcan significativamente el tiempo de entrega, se muestra un cuadro donde se presentan los estudios previos que han usado herramientas de esta filosofía específicamente en el sistema de producción Job shop:

Tabla 1. *Herramientas Lean utilizadas/recomendadas en un ambiente de producción Job Shop.*

| AUTORES | VSM | 5S | KAIZEN | ANDON | JIT | SMED | GESTIÓN VISUAL | KANBAN |
|---|-----|----|--------|-------|-----|------|----------------|--------|
| (Todorova & Dugger, 2015; Todorova, Dugger, & Dobrzykowski, 2014) | X | X | X | X | X | | X | |
| (Rohani & Zahraee, 2015) | X | | | | | | | |
| (Escaida et al., 2016) | X | | | | X | | | |
| (Murugesan et al., 2016) | X | | | | X | | | X |
| (Beltrán & Soto, 2017) | X | X | X | | | X | | |
| (Verma & Sharma, 2017) | X | | | | | | | |

Fuente: *Elaboración propia.*

Por otro lado, existen otras estrategias que permiten reducir el tiempo de entrega en pequeñas empresas, como se evidencia en el estudio realizado por (Veríssimo et al., 2016) en donde se aplicó la herramienta Quick Response Manufacturing (QRM) que pretende reducir el lead time en todas las áreas de la empresa con el fin de mejorar la calidad, reducir los costos y eliminar los desperdicios que no agregan valor.

Todos los antecedentes analizados se utilizan como base para definir el enfoque del presente proyecto en búsqueda de definir los planes de acción adecuados para implementar en una microempresa con el objetivo de reducir el tiempo de entrega al consumidor final bajo las condiciones del caso de estudio.

3.2 Marco Teórico

Las empresas con ambientes de producción tipo Job Shop manejan volúmenes de fabricación bajos y una gama de productos alta debido a que en la mayoría de los casos tienen que personalizar los productos según los requerimientos del cliente. Una de las diferencias en este ambiente de producción es la capacidad de elaborar productos que requieren diferente secuenciación entre sí. Por esta razón, los operarios deben tener gran experiencia y los equipos son de uso general (Schrader & Elshennawy, 2000).

La elaboración en los ambientes de manufactura Job Shop con una producción bajo pedido depende directamente de la demanda. Por ende, las compañías que trabajan bajo este tipo de sistema elaboran los productos según la necesidad del cliente, es decir, existe un proceso dinámico en donde el cliente define las características más importantes del producto. “Con esta configuración productiva, el cliente es quien activa el proceso de producción, emitiendo órdenes de compra o pedido con las especificaciones deseadas y en las cantidades requeridas” (Alomía & Lozano, 2015, p.13). De acuerdo a las especificaciones de cada pedido es difícil el manejo de inventario de los productos, lo que puede llevar a un nivel de respuesta lento hacia los clientes y por ello retrasos en el cumplimiento de los tiempos de entrega (Chung, Lee, Shin, & Park, 2005).

Para contextualizar, este trabajo se centra en el análisis del taller La Forja que presenta un ambiente Job Shop, cuyas principales características son la producción de una alta variedad de productos de bajo volumen que cuentan con alta personalización de acuerdo con los requerimientos de los clientes. Cada producto es procesado en diferentes máquinas que realizan trabajos comunes, donde los costos variables son elevados, debido a que se sigue una secuencia de operaciones preestablecida y usualmente diferente entre ellos. Por ende, se presenta un campo de estudio para desarrollar una propuesta de mejora que ayude a dar solución al problema de tiempo de entrega evidenciado.

La filosofía Lean es una buena alternativa para implementar en el taller La Forja, dado que cuenta con herramientas que ayudan a ajustar la producción, es decir, procuran minimizar los desperdicios y reducir los ciclos de producción, lo cual es equivalente a reducir el Lead time de acuerdo con la ley de Little, que establece: “se puede producir el mismo Throughput con grandes cantidades de inventario en proceso y largos tiempos de ciclo o con cantidades controladas de inventarios en proceso para tiempos de ciclo mucho más cortos” (Blanco Rivero, Romero Motta, & Páez Rodríguez, 2006, p.5). El principio fundamental de Lean es que el producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere; para satisfacer estas las condiciones mencionadas es necesario la eliminación de los despilfarros (Rajadell & Sánchez, 2010).

De acuerdo con Allen, Robinson, & Stewart (2001), los desperdicios son considerados como actividades que absorben recursos y que no agregan valor al producto, es decir todo lo que el cliente no está dispuesto a pagar. Existen diversas fuentes que originan estos desperdicios en los diferentes sistemas productivos, por lo cual se han establecido siete grandes desperdicios:

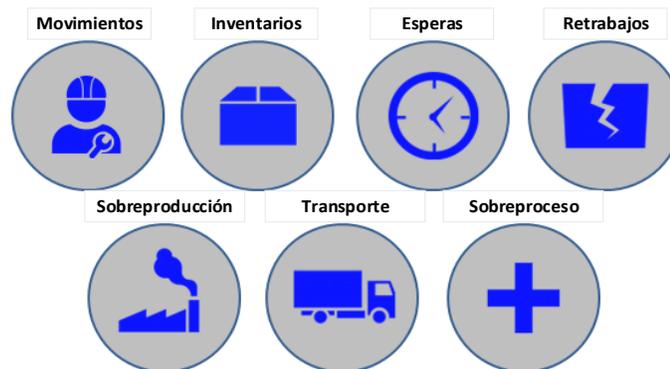


Ilustración 2. 7 desperdicios.

Fuente: *Elaboración propia.*

Para identificar visualmente las actividades que agregan valor al producto final, las que no y las oportunidades de mejora en todo el proceso productivo del taller, la herramienta Value Stream Mapping (VSM) es la más adecuada, puesto que “utiliza símbolos, métricas y flechas para mostrar el flujo de inventario e información

requerida para generar un producto o servicio que se entrega a un consumidor, buscando que éste únicamente pague las actividades que le generan valor al producto” (Paredes Rodríguez, 2017, p.264). Adicionalmente, nos permite visualizar el estado futuro, donde se representa gráficamente las condiciones a las que se podría llegar si se implementan las herramientas adecuadas de Lean.

Al identificar claramente las actividades del proceso productivo que no agregan valor al producto final, es adecuado implementar una herramienta que pretenda eliminar estos desperdicios, lo cual lleva a utilizar la herramienta 5's de acuerdo con los casos de estudios realizados anteriormente en un ambiente de producción Job Shop. Las 5's pretende evitar los desperdicios mediante la formación de un estándar de orden y limpieza en el puesto de trabajo, estableciendo unas rutinas básicas de mantenimiento. Según (Fabrizio & Tapping, 2006) con esta herramienta se pueden establecer lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral.

Existen diversos análisis en torno a la optimización matemática a través de programación lineal que buscan resolver el problema de reducción del tiempo de entrega en un ambiente de producción Job Shop, en donde se agregan una serie de estrategias que buscan reducir la complejidad del problema a resolver, mejorando el funcionamiento del algoritmo. En éstos se muestran las aplicaciones computacionales y sus resultados para algunos casos de estudio en donde se detallan las limitaciones, así como el alcance de la aplicación y posibles puntos de mejora. En estas simulaciones “el conjunto de actividades, la serie de recursos y la especificación de todas las restricciones son la información de entrada. Mientras que la asignación de recursos, llamada programa, constituye la salida”(Segarra, 2011, p.2).

La aplicación de herramientas tradicionales como la programación lineal para la solución del problema específico a tratar se puede continuar por una mejora posterior que combina elementos de programación lineal con parámetros variables

en el tiempo y así finalmente utilizar una simulación como la herramienta para evaluar el funcionamiento del plan de acción.

3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto

El proyecto tuvo un impacto positivo en La Forja en términos de organización y medición de sus procesos, al implementar herramientas que permiten mantener un estándar de orden en toda el área de trabajo y conocer que actividades son las más relevantes para mantener una inspección constante sobre ellas. Además, se desarrolló una propuesta de mejora que guíe a las empresas del sector en la construcción de un programa de producción que les permita establecer fechas de entrega confiables.

De la misma manera, presentó resultados que brinden la capacidad de contextualizar y ver otras perspectivas, es decir, se mostrarán alternativas que ayudarán de cierta manera a reducir el tiempo de entrega hacia los clientes y que permitan que este tipo de organizaciones reestructuren sus procesos pensando en la mejora continua y la solución oportuna de los problemas, tales como el incumplimiento en el Lead Time.

Al realizar esta investigación se realizó un estudio que abarcó este ámbito académico en busca de la integración de las herramientas teóricas y la aplicación práctica a nivel organizacional.

Por otra parte, la implementación de herramientas, alternativas y formatos analizados en el estudio de este proyecto puede implicar modificaciones en la metodología propuesta. No obstante, se deja el análisis de éste y los demás impactos a largo plazo como base para futuras investigaciones.

4 Metodología

La investigación constó de las siguientes cuatro etapas:



Ilustración 3. Secuencia de metodología.

Fuente: Elaboración propia.

En la primera etapa se calculó el volumen de producción mensual y el nivel de cumplimiento con la información encontrada por medio de trabajo de campo en donde se identificó el ambiente de producción en el que se encontraba inmerso el taller, se realizó el respectivo levantamiento de medidas del taller con el objetivo de plantear un plano detallado de cada una de las zonas de trabajo. Por otro lado, se recogieron experiencias vividas por los operarios en pro de encontrar evidencias de causas que afectaran de manera directa e indirecta el tiempo de entrega hacia los clientes. Además, se ilustró el desplazamiento de algunos productos elaborados teniendo en cuenta la priorización de acuerdo con la cantidad demandada durante el último año de producción.

Para ello se utilizaron los siguientes instrumentos:

- a) La observación de campo, levantamiento de datos del proceso y diseño. Se llevaron a cabo mediante:
 - Bitácoras de observación.
 - Diagrama de desplazamiento.
 - Cursogramas de procesos.

- b) La priorización de los productos se llevó a cabo mediante un Diagrama de Pareto.

c) Análisis de las causas del problema. Se llevaron a cabo mediante:

- Lluvia de ideas.
- Información suministrada por operarios.
- Diagrama de Ishikawa.

d) La priorización de las causas se llevó a cabo mediante un Diagrama de Pareto.

En la segunda etapa se identificaron los diferentes desperdicios que el taller presentaba en su proceso mediante la observación realizada en las visitas a La Forja. De acuerdo con los casos de estudios encontrados en la literatura con el mismo ambiente de producción, se identificaron cuáles alternativas podrían ser las posibles a aplicar en el caso de estudio. Posteriormente, se realizó una matriz de selección de los diferentes planes de acción teniendo en cuenta la participación de los operarios, el costo de inversión y el tiempo de implementación. Se establecieron las alternativas más adecuadas a aplicar para cada uno de los desperdicios presentados en la microempresa en busca de reducir el tiempo de entrega.

Para ello se utilizaron los siguientes instrumentos:

a) Identificación de las mudas de producción. Se llevaron a cabo mediante:

- Bitácoras de observación.
- Herramienta Value Stream Mapping.

b) Selección de las alternativas de mejora a aplicar. Se llevaron a cabo mediante:

- Priorización de acuerdo con casos de estudios previos.
- Matriz de selección.

En la tercera etapa al haber establecido y detectado anteriormente las principales causas que afectan al proceso productivo y las diferentes alternativas a aplicar, se estableció una propuesta de mejora que permite mitigar o bien eliminar las mudas

de producción encontrados en busca de reducir el tiempo de entrega hacia los clientes. Esta parte consta de un modelo base de aplicación de herramientas para cada desperdicio presentado por la microempresa, en donde está registrado el paso a paso de cada acción desde la búsqueda de la causa del problema hasta la implementación de la herramienta para dar solución.

Para ello se utilizó la herramienta de resolución de problemas A3 Report.

En la última etapa ya con la propuesta establecida y con los pasos a seguir para implementarla, se realizó una evaluación de la propuesta seleccionada como estrategia para probar los planes de acción seleccionados por medio de un ensayo experimental con el objetivo de obtener conclusiones que ayuden a dar soporte al éxito del trabajo investigativo. Así, se realizó un análisis de los resultados obtenidos por medio del indicador del nivel de cumplimiento del Lead time para comparar si existió una reducción en el tiempo de entrega con el fin de brindar algunas recomendaciones al taller.

Por otro lado, para la gestión y el seguimiento del proyecto se estableció un cronograma con el fin de cumplir a cabalidad el conjunto de actividades y tareas planteadas dentro de los tiempos establecidos.

5. Resultados

5.1 Discusión de resultados

5.1.1 Etapa 1. Caracterización del caso de estudio

Dada la complejidad que presenta el caso de estudio con respecto al análisis de cada producto debido al ambiente de producción Job Shop, donde se maneja una gran variedad de productos y flexibilidad, en el taller se puede manejar diferentes medidas y diseños de los mismos dependiendo de las exigencias, requerimientos y personalización por parte del cliente; para esto, cuenta con un catálogo de imágenes amplio de diseños fabricados anteriormente en los cuales se busca persuadir, dar opciones y ayudar al cliente para que escoja de manera más fácil y rápida. Con lo anterior se optó por trabajar sobre un estándar de producto, teniendo en cuenta el porcentaje de participación de los productos elaborados en el taller y el rango de medidas más frecuente de los diseños habituales en el mercado, en busca de una mayor facilidad en el análisis y manejo de la información. A continuación, se presenta un diagrama de Pareto que ilustra el porcentaje acumulado de las ventas de cada producto durante los últimos 5 meses, información que fue levantada durante el desarrollo del proyecto, dado que la empresa no había procesado esta información:

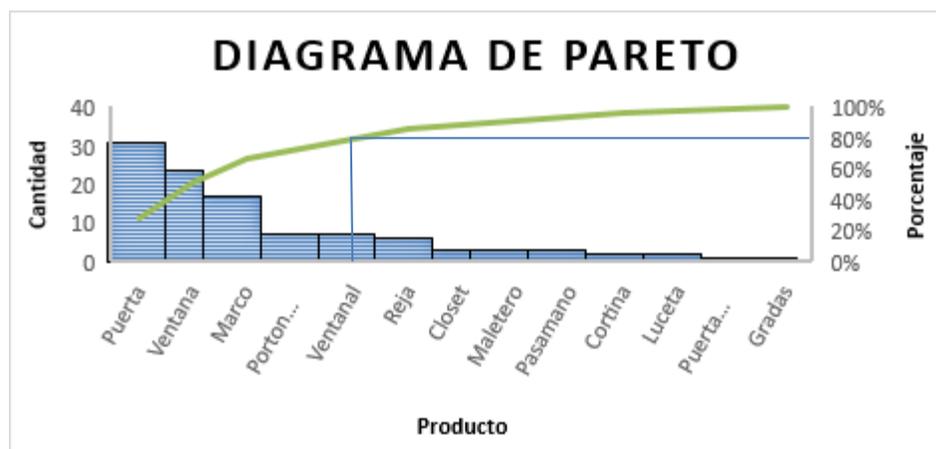


Ilustración 4. Diagrama de Pareto de ventas en La Forja.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la ilustración anterior, se concluye que el 20% de los productos, que se componen de puertas, ventanas, marcos, portones garaje y ventanales, representan el 80% de las ventas en el taller La Forja.

Teniendo en cuenta lo anterior y manejando un estándar de medidas para la toma de datos se realizó la caracterización de las puertas tradicionales que contienen un ancho de 90 cm y una altura comprendida entre el rango de 200 – 220 cm; por otro lado, las ventanas tradicionales de corredera de tres cuerpos que contienen un ancho comprendido entre el rango de 130 - 150 cm y una altura de 100 cm; los marcos tradicionales con ancho de 90 cm y una altura entre 200 – 220 cm; los portones garajes tradicionales que comprenden un ancho de 300 cm y una altura entre el rango de 200 - 220 cm; y finalmente, los ventanales con ancho de 200 cm y una altura de 150 cm; de acuerdo con las medidas comúnmente demandadas en el mercado.

5.1.1.1 Descripción de las condiciones de trabajo actual

Para el cumplimiento del primer objetivo se realizó un diagrama de flujo de proceso de las puertas, ventanas, marcos y ventanales que cuentan con una secuenciación similar en las estaciones de trabajo, con el objetivo de tener un esquema más detallado del paso a paso de éstos por la planta:

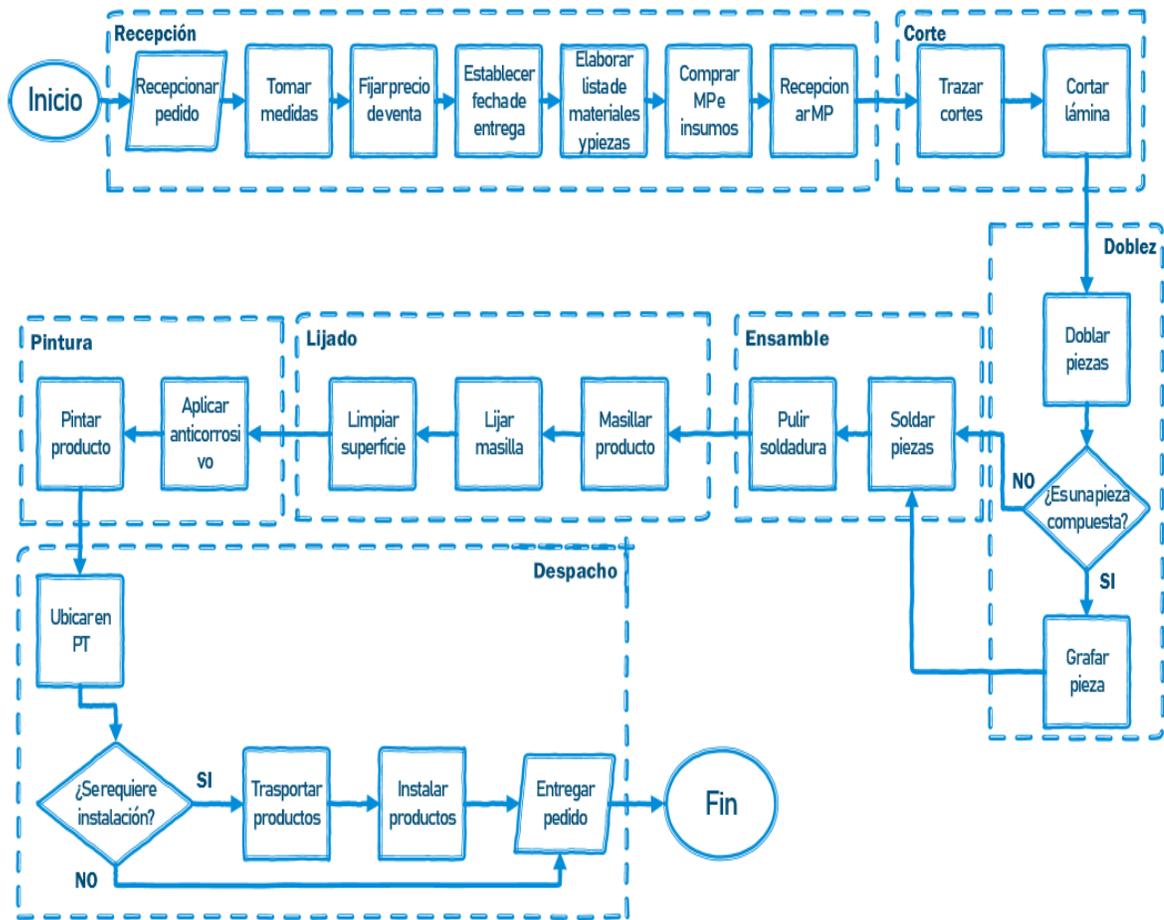


Ilustración 5. Flujo de proceso de puertas, ventanas, marcos y ventanales.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se presenta el diagrama de flujo de proceso del portón garaje que cuenta en su secuenciación con actividades adicionales que lo diferencian de los otros productos seleccionados.

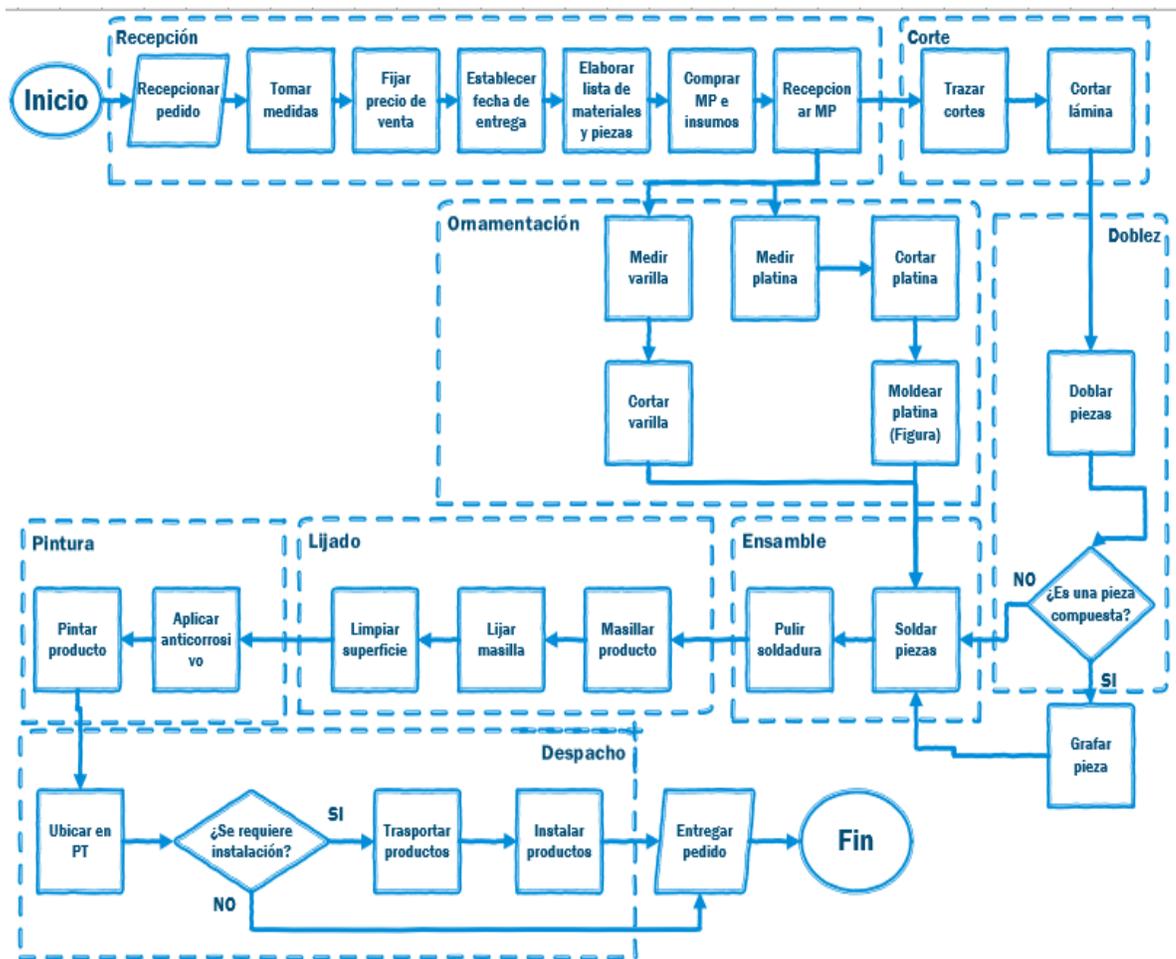


Ilustración 6. Flujo de procesos del portón garaje.

Fuente: Elaboración propia.

Los diagramas anteriores nos ilustran las operaciones que se requieren para el proceso de fabricación de los productos seleccionados. Además, hace mención de cada una de las tareas y actividades que se realizan en cada estación de trabajo. En el proceso de doblez se puede evidenciar que algunas piezas son compuestas, lo cual se refiere a la unión de los bordes de dos piezas simples por medio del proceso de grafado.

Además, se observó que el taller no tiene ubicaciones definidas para almacenar las herramientas y elementos de apoyo (burros y mesas) con los que cuenta y no se hace uso adecuado del depósito de herramientas, es decir, se está desperdiciando

el espacio designado para esta función. A continuación, se presenta el listado del inventario que se realizó de las herramientas manuales con las que cuenta el taller que en su mayoría son utilizadas en el proceso de instalación:

Tabla 2. *Tabla de herramientas.*

| Cantidad | Herramientas | Cantidad | Herramientas |
|------------------------------|----------------------|-----------------|----------------------------|
| 5 | Sostenedores | 4 | Destornilladores de estría |
| 1 | Curviador | 5 | Martillos |
| 2 | Tijeras rectas | 3 | Alicates |
| 2 | Tijeras curvas | 5 | Caretas de soldar |
| 3 | Fijadores | 4 | Gafas de protección |
| 1 | Hombre solo | 2 | Brochas |
| 1 | Segueta | 2 | Escoriadoras |
| 1 | Hoja de segueta | 1 | Plomada |
| 6 | Escuadras | 3 | Tapabocas especiales |
| 1 | Ele | 2 | Cinceles |
| 1 | Tapabocas sencillos | 1 | Nailon |
| 1 | Rayador | 2 | Machetes |
| 1 | Llave N°15 | 2 | Cepillos de escoba |
| 1 | Llave N°13/16 | 1 | Manguera de nivel |
| 1 | Llave N°6 | 3 | Porras |
| 1 | Llave N°11/16 | 8 | Metros |
| 1 | Llave N°15/16 | 2 | Tapa oídos |
| 2 | Llaves N°9/16 | 3 | Efes |
| 1 | Llave N°14 | 1 | Destornillador de pala |
| 3 | Cepillos | 1 | Destornillador puntilla |
| 12 | Pistolas para pintar | 1 | Regla de nivel |
| 2 | Pulidoras | 2 | Taladros |
| Total de herramientas | | 108 | |

Fuente: *Elaboración propia.*

La Forja cuenta con tres operarios fijos, dos de ellos tienen amplia experiencia y polivalencia en el campo de la cerrajería y uno de ellos es el administrador, mientras que el otro es un aprendiz que colabora con diferentes tareas básicas del taller. Dado que el taller cuenta con tres trabajadores, en todas las zonas de trabajo no se está operando al mismo tiempo en un día laboral, puesto que puede suceder que cada operario se encuentre laborando en una sola zona de trabajo, dos estén en un

puesto de trabajo y otro realizando una operación diferente, o incluso un operario experimentado y el aprendiz pueden estar instalando un pedido por fuera del taller. Es importante aclarar que el personal rota en cada zona de trabajo, dado que tienen la suficiente experiencia para realizar las diferentes tareas que implican la producción de los productos. A continuación, se muestra como están establecidas las actividades actualmente, personal encargado y máquinas utilizadas en cada uno de los procesos:

Tabla 3. Descripción de procesos de La Forja.

| Proceso | Máquina | Personal encargado | Actividades |
|----------------|----------------------|---|---|
| Recepción | No aplica | Administrador | <ul style="list-style-type: none"> • Tomar medidas del pedido. • Fijar precio de venta. • Establecer fecha de entrega. • Analizar las características y especificaciones del pedido. • Generar la lista de materiales a comprar y la lista de piezas a cortar. • Comprar MP e insumos. • Recepcionar MP. |
| Corte | Una cortadora manual | Un operario | <ul style="list-style-type: none"> • Priorizar secuencia de corte. • Trazar cortes con las plantillas preestablecidas. • Realizar cortes. • Transportar las piezas a la siguiente estación. |
| Doblez | Una dobladora manual | Un operario experimentado (piezas cortas) - Dos operarios, al menos uno | <ul style="list-style-type: none"> • Priorizar secuencia de doblez. • Realizar los dobleces. • Realizar grafaje. • Transportar las piezas a la siguiente estación. |

| | | | |
|----------|-------------------------------------|---|---|
| | | experimentado (piezas largas) | |
| Ensamble | Dos soldadores, dos pulidoras | Un operario experimentado | <ul style="list-style-type: none"> • Unir las piezas que componen los productos con soldadura. • Pulir puntos de unión. |
| Lijado | No aplica | Un operario aprendiz | <ul style="list-style-type: none"> • Masillar las partes pulidas. • Lijar la masilla para darle un acabado superficial uniforme al producto. • Limpiar superficie. |
| Pintura | Un compresor | Un operario aprendiz | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar anticorrosivo. • Aplicar pintura deseada por el cliente. |
| Despacho | No aplica | Dos operarios, al menos uno experimentado | <ul style="list-style-type: none"> • Ubicar pedido en PT. • Transportar productos. • Instalar productos. |

Fuente: *Elaboración propia.*

5.1.1.2 Análisis de la estimación actual del tiempo de entrega

Actualmente el administrador del taller estima el tiempo de entrega de manera empírica, dado que no existen datos históricos, es decir, cuando se está en el proceso de recepción del pedido, se analiza el trabajo que se tiene en proceso y de acuerdo con el tiempo en promedio que conoce en base a la experiencia, él intuitivamente establece el tiempo de entrega, incluyendo en éste el proceso de recepción hasta el proceso de instalación si se da el caso. La secuencia de la realización de los pedidos en La Forja se establece de acuerdo con la regla de prioridad EDD (Earliest Due Date), es decir, los trabajos se atienden según la fecha de entrega más próxima. Por lo tanto, es posible que unos pedidos salgan antes que otros a pesar de haberlos empezado primero, si se trata de un pedido pequeño o el cliente lo requiere de manera urgente se establece una fecha de entrega más próxima. Sin embargo, existe la posibilidad de entregar primero un pedido de fecha

de entrega posterior a otro si se presenta algún factor externo que impide la instalación de los productos.

Ahora bien, si el pedido requiere de la instalación, en el tiempo de entrega establecido se evidencia un tiempo muerto entre el proceso de producción del pedido y el proceso de instalación, ya que éste se ve influido por diferentes factores que impiden que este tiempo sea mínimo, tales como, condiciones climáticas, contratiempos en la entrega de las construcciones en donde se va a instalar el producto y finalmente la disposición del cliente. La siguiente ilustración permite visualizar el tiempo muerto y su porcentaje correspondiente al tiempo completo del pedido que varía en su duración de uno a trece días dependiendo de los factores y ocurre únicamente en las ocasiones en donde el pedido requiere instalación:

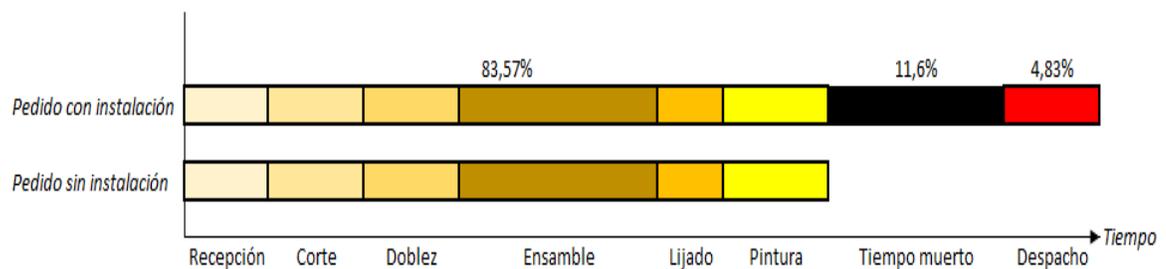


Ilustración 7. Tiempo muerto en el proceso de elaboración de un pedido.

Fuente: *Elaboración propia.*

Por condiciones de trabajo como las anteriormente descritas se puede decir que los procesos del taller están llevados a cabo a partir de la experiencia, lo cual, provoca que se tengan estimaciones con errores considerables que afectan el cumplimiento de la fecha de entrega hacia el cliente.

Dado que el taller no cuenta con tiempos reales establecidos para cada proceso, se realizó la identificación y análisis de los procesos mediante un trabajo de campo minucioso en donde se tomaron datos en tiempo real de los productos seleccionados desde que inician en la recepción del pedido, siguiendo con los tiempos de proceso en cada estación de trabajo, incluyendo los tiempos de

desplazamiento de los operarios hasta finalmente calcular el tiempo que se demoran en la instalación de los productos, para ello se recolectó una sola muestra dada la complejidad de la toma de datos, debido a que esta es demasiado extensa y diversa para los diferentes productos. Esto se realizó con el objetivo de elaborar los respectivos VSM's de cada producto evaluado en el proyecto, para poder identificar cada una de las actividades que agregan valor y las que no en el proceso, así como las oportunidades de mejora que se pueden llevar a cabo en el taller para reducir el tiempo de entrega establecido con el cliente.

Para la elaboración de los VSM's nos apoyamos con la realización de cursogramas actuales de cada proceso en el taller (ver Anexo 4. Cursogramas del taller La Forja), donde se realizó una descripción detallada de cada una de las actividades que se involucran en los procesos llevados a cabo en las diferentes estaciones de trabajo, teniendo en cuenta las actividades de operación, inspección, transporte, espera y almacenamiento; y asociando a cada una de estas actividades su respectivo tiempo de ejecución y las distancias recorridas de los desplazamientos si es el caso. Lo anterior se llevó a cabo con el objetivo de tener los tiempos actuales asociados a cada una de las actividades que se realizan en cada proceso, diferenciando los tiempos que son de alistamiento, los que son de operación y los que solo se ejecutan una vez por proceso. Con esto se tuvo un esquema general de los tiempos reales que se están teniendo en la operación del taller actualmente, facilitando la identificación y diferenciación de ellos para la elaboración de los VSM's.

Con la ayuda de los cursogramas se establecieron los siguientes VSM's de cada producto (ver Anexo 5. VSM's), identificando los tiempos asociados a cada operación en el proceso y diferenciando los tiempos de las actividades que agregan valor y las que no, como también los tiempos de ciclo de cada uno de ellos.

Para la elaboración de los VSM's se identificó en cada proceso los tiempos promedios, teniendo en cuenta el tipo de unidad de medida en la que se iba a basar para manejar un estándar acorde a cada tipo de proceso que se ejecuta en cada

estación de trabajo, es decir, que en cada proceso se midió el tiempo promedio dependiendo del procedimiento que se lleva a cabo. A continuación, se presenta una tabla resumen que consolida la información por proceso, relacionando la unidad de medida, el tiempo promedio por operación y el tiempo total promedio por producto.

Tabla 4. Información de tiempos por procesos.

| Unidad de medida | Un Corte | Un doblez | Un punto de soldadura | Una zona de masillado | Una pieza pintada |
|-----------------------|----------|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Tiempo promedio (Seg) | 53 | 53 | 39 | 93 | 128 |

| Marcos | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| | Corte | Doblez | Ensamble | Lijado | Pintura |
| Cantidad (Und) | 10 | 23 | 18 | 4 | 4 |
| Tiempo promedio total (Seg) | 530 | 1.219 | 702 | 372 | 512 |

| Puertas | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| | Corte | Doblez | Ensamble | Lijado | Pintura |
| Cantidad (Und) | 22 | 63 | 98 | 12 | 6 |
| Tiempo promedio total (Seg) | 1.166 | 3.339 | 3.822 | 1.116 | 768 |

| Ventanas | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| | Corte | Doblez | Ensamble | Lijado | Pintura |
| Cantidad (Und) | 36 | 83 | 83 | 24 | 9 |
| Tiempo promedio total (Seg) | 1.908 | 4.399 | 3.237 | 2.232 | 1.152 |

| Ventanales | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| | Corte | Doblez | Ensamble | Lijado | Pintura |
| Cantidad (Und) | 56 | 127 | 95 | 36 | 9 |
| Tiempo promedio total (Seg) | 2.968 | 6.731 | 3.705 | 3.348 | 1.152 |

| Portón garaje | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| | Corte | Doblez | Ensamble | Lijado | Pintura |
| Cantidad (Und) | 72 | 191 | 275 | 28 | 9 |
| Tiempo promedio total (Seg) | 3.816 | 10.123 | 10.725 | 2.604 | 1.152 |

Fuente: *Elaboración propia.*

Cabe aclarar que el tiempo promedio de recepción e instalación son similares en cada uno de los productos, por ende, se tuvo en cuenta el mismo tiempo promedio para los productos evaluados (ver Anexo 4. Cursogramas del taller La Forja). Además, estos tiempos fueron usados para calcular los tiempos totales de alistamiento y de operación, con el fin de establecerlos en los VSM's para poder identificar cuanto tiempo se opera en actividades que agregan valor y cuanto en las que no. Por otro lado, en el VSM de cada producto se tuvo en cuenta el número de

unidades que se venden de cada producto al mes en el taller, con el fin de establecer la equivalencia de una unidad almacenada en tiempo.

5.1.1.3 Causas del retraso en el proceso productivo

Inicialmente se construyó un diagrama de Pareto para establecer las causas que mayor recurrencia tuvieron durante la recolección de datos de los pedidos (5 meses):

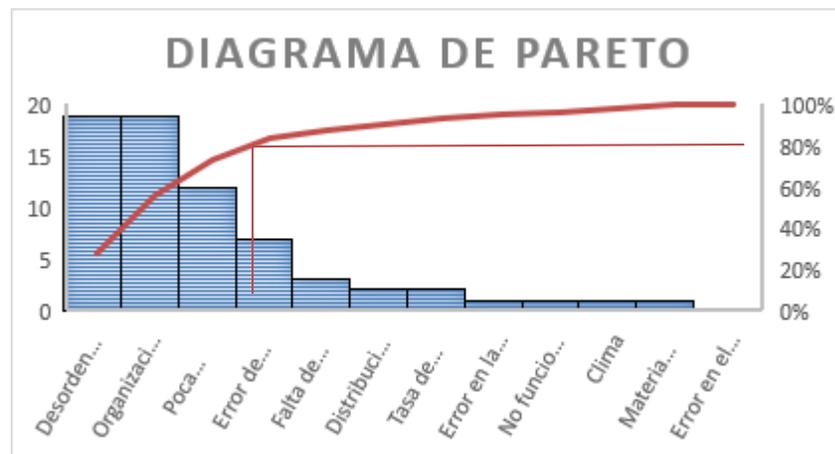


Ilustración 8. Diagrama de Pareto de las causas del problema.

Fuente: Elaboración propia.

Donde se pudo evidenciar que de acuerdo a la ocurrencia de las causas durante la recolección de los datos, la mayor frecuencia de los retrasos es el desorden de las herramientas de trabajo, la organización inadecuada de las listas de cortes y la poca planeación de las operaciones.

De acuerdo con lo evidenciado en las visitas al taller en el proceso operativo se presenta un porcentaje de 11,6% de tiempo muerto o desperdicios, dado que el taller no cuenta con las zonas de trabajo limpias ni ordenadas. Adicionalmente no se ha establecido una estandarización efectiva de las actividades que se deben seguir en cada una de las operaciones de trabajo. Como se puede evidenciar en la información recolectada en el cursograma detallado donde las actividades de

espera y transporte equivalen al 32,32 % del total de las actividades realizadas (ver Anexo 4. Cursogramas del taller La Forja).

En el caso del proceso de corte al momento de tomar la decisión de que cortar primero se incurre en un retrabajo, debido a que el administrador genera una lista de cada producto solicitado de manera desordenada como se muestra en la siguiente ilustración de las piezas a cortar:

| Lista de piezas a cortar | | | Lista de piezas a cortar | | |
|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------------|----------------------------|------------|
| Cantidad | Pieza | Largo (cm) | Cantidad | Pieza | Largo (cm) |
| 1 | Marco Pivote Vertical | 265 | 3 | Bastidor Ventana | 143 |
| 2 | Marco Pivote Horizontal | 207 | 1 | Bastidor Ventana Extralapo | 143 |
| 6 | Marco Carro 12 | 212 | 4 | Bastidor Ventana | 46,5 |
| 1 | Marco Carro 12 | 95 | 1 | M1 | 152 |
| 2 | Marco Carro 12 | 89 | 1 | M1 Riel | 152 |
| 6 | Bastidor | 208 | 1 | M1 | 137 |
| 4 | Bastidor | 202 | 1 | M1 Riel | 137 |
| 2 | Extralapo | 202 | 6 | M1 | 121 |
| 2 | Bastidor | 88 | 3 | B1 | 121 |
| 4 | Bastidor | 82 | 1 | M1 | 126 |
| 6 | Bastidor | 85,5 | 1 | M1 Riel | 126 |
| 1 | M1 | 193 | 6 | Bastidor Ventana | 120 |
| 1 | M1 Riel | 193 | 2 | Bastidor Ventana | 73 |
| 2 | M1 | 144 | 2 | Bastidor Ventana | 65,5 |
| 4 | B1 | 144 | 2 | Bastidor Ventana | 60 |

Ilustración 9. Lista inicial de piezas a cortar.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se presenta una dificultad a la hora de que el operario que va a cortar revise rápidamente cuales son todas las piezas a cortar primero, ya que, por política del taller, se deben cortar las piezas más largas en primer lugar y así sucesivamente hasta la de menor tamaño con el objetivo de reducir el desperdicio del material, el anterior proceso lo realiza el operario mentalmente. A continuación, se ilustra la forma en que se elabora la lista de piezas para corte y el proceso mental que debe hacer el operario a la hora de decidir qué pieza cortar primero.

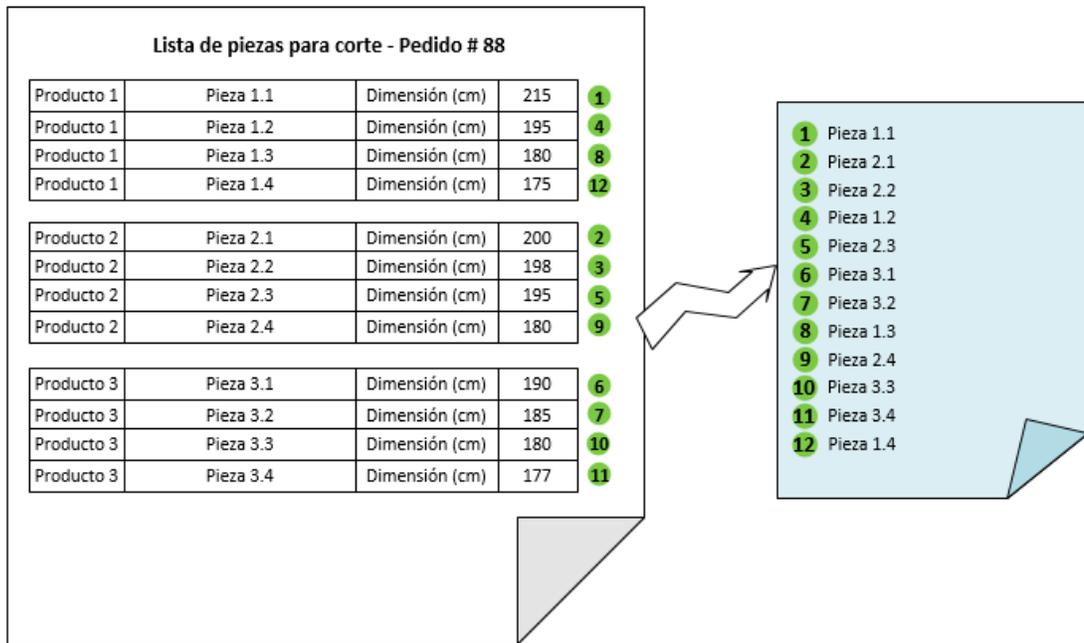


Ilustración 10. Diagrama de lista de piezas para corte.

Fuente: *Elaboración propia.*

Seguidamente, se puede observar un ejemplo del proceso de corte de la primera lámina con datos de un pedido real, donde se inicia con las piezas más largas a cortar y posteriormente se completa con las partes que mejor se ajusten a la lámina sobrante:

| Lista de piezas a cortar | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------------|------------|----------------|
| Cantidad | Pieza | Largo (cm) | Ancho (cm) | % Cumplimiento |
| 1 | Marco Pivote Vertical | 265 | 21 | 100% |
| 6 | Marco Carro 12 | 212 | 21,2 | 67% |
| 6 | Bastidor | 208 | 30 | 0% |
| 2 | Marco Pivote Horizontal | 207 | 23 | 0% |
| 4 | Bastidor | 202 | 30 | 0% |
| 2 | Extralapo | 202 | 35 | 0% |
| 1 | M1 | 193 | 17 | 100% |
| 1 | M1 Riel | 193 | 22 | 0% |
| 1 | M1 | 152 | 17 | 0% |
| 1 | M1 Riel | 152 | 22 | 0% |
| 2 | M1 | 144 | 17 | 0% |
| 4 | B1 | 144 | 20,5 | 0% |
| 3 | Bastidor Ventana | 143 | 16,5 | 0% |
| 1 | Bastidor Ventana Extralapo | 143 | 18,5 | 0% |
| 1 | M1 | 137 | 17 | 0% |

| Lista de piezas a cortar | | | | |
|--------------------------|------------------|------------|------------|----------------|
| Cantidad | Pieza | Largo (cm) | Ancho (cm) | % Cumplimiento |
| 1 | M1 Riel | 137 | 22 | 0% |
| 1 | M1 | 126 | 17 | 0% |
| 1 | M1 Riel | 126 | 22 | 0% |
| 6 | M1 | 121 | 17 | 0% |
| 3 | B1 | 121 | 20,5 | 0% |
| 6 | Bastidor Ventana | 120 | 16,5 | 0% |
| 1 | Marco Carro 12 | 95 | 21,2 | 100% |
| 2 | Marco Carro 12 | 89 | 21,2 | 0% |
| 2 | Bastidor | 88 | 30 | 0% |
| 6 | Bastidor | 85,5 | 30 | 0% |
| 4 | Bastidor | 82 | 30 | 0% |
| 2 | Bastidor Ventana | 73 | 16,5 | 0% |
| 2 | Bastidor Ventana | 65,5 | 16,5 | 0% |
| 2 | Bastidor Ventana | 60 | 16,5 | 0% |
| 4 | Bastidor Ventana | 46,5 | 16,5 | 0% |

■ Corte terminado
■ Corte en proceso

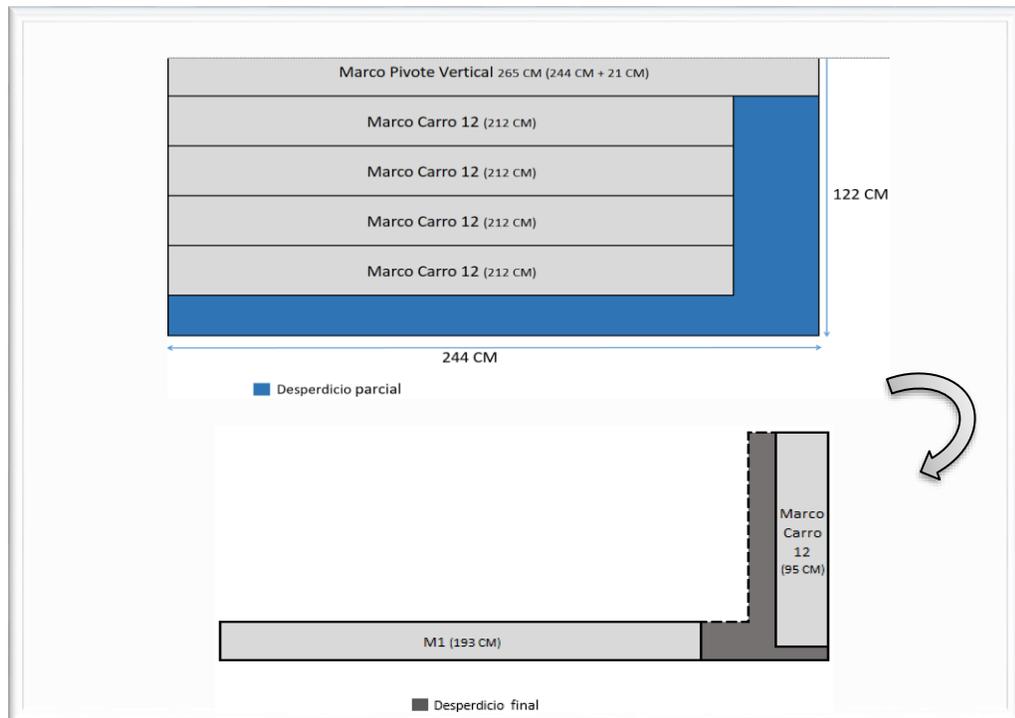


Ilustración 11. Ejemplo de corte en una lámina de un pedido real.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe aclarar que los retazos sobrantes del proceso de corte son utilizados en los pedidos que contengan productos de piezas más cortas como cajas de contadores, lucetas, etc.

De la anterior ilustración podemos deducir que el taller maneja una forma de generar la lista para decidir que cortar primero poco eficiente, dado que se evidenció que, el operario encargado del corte del material tiene que analizar la lista generada por el administrador y mentalmente seleccionar el orden de las piezas a cortar, lo que conlleva a en muchas ocasiones a cometer errores en la secuencia de corte, que se pueden ver reflejados en reprocesos y pérdidas de tiempo.

En el proceso de ensamblaje, se evidencian movimientos innecesarios, de acuerdo a la información obtenida en los cursogramas, alrededor del 36,92% del tiempo total de operación el operario lo utiliza para buscar las herramientas necesarias para

realizar la actividad por no saber en dónde se dejó después del último trabajo que se realizó con ella. Además, hay ocasiones en las que se pierde la herramienta pues éstas no tienen un lugar específico para guardarlas. A continuación, se muestra una ilustración donde se aprecia la secuenciación que siguen los operarios en cada zona de trabajo para realizar los productos seleccionados, en donde el 12,27 % del tiempo corresponde a desplazamiento (ver Anexo 2. Diagrama de desplazamiento del operario antes de la propuesta y Anexo 4. Cursogramas del taller La Forja).

Además, se presentan otras pérdidas de tiempo asociados a los operarios, traducidos en errores humanos, responsabilidad y compromiso laboral, en donde los trabajadores incumplen con el horario de trabajo y no se concentran en su totalidad en las labores que ejercen, debido a distracciones como el uso del celular y conversaciones fuera del ámbito laboral. Cabe aclarar que éste tiempo no fue cuantificado debido a que esta causa de pérdida de tiempo no es tan recurrente de acuerdo con la información recolectada para la elaboración del diagrama de Pareto en donde se identificó la frecuencia de las causas asociadas al problema.

Además de los desplazamientos que realiza el producto, también se evidenció que la experiencia y destreza de cada operario varía, conllevando a que el tiempo de ciclo de cada operación sea diferente dependiendo de quien realice la operación, lo cual genera diferencias a la hora de establecer cuanto se demora una operación en determinada zona de trabajo. Así, para la realización de los cursogramas, en los procesos donde interviene un operario con poca experiencia, se optó por tener en cuenta el mayor tiempo de operación, es decir, los datos suministrados fueron tomados con el personal menos experto.

Lo anteriormente mencionado conllevaba a que se generen incumplimientos en el tiempo de entrega acordado con el cliente, como se pudo evidenciar luego de recolectar datos del transcurso de tiempo utilizado desde que se genera el pedido hasta que se entrega al cliente (ver Anexo 6. Datos de pedidos):

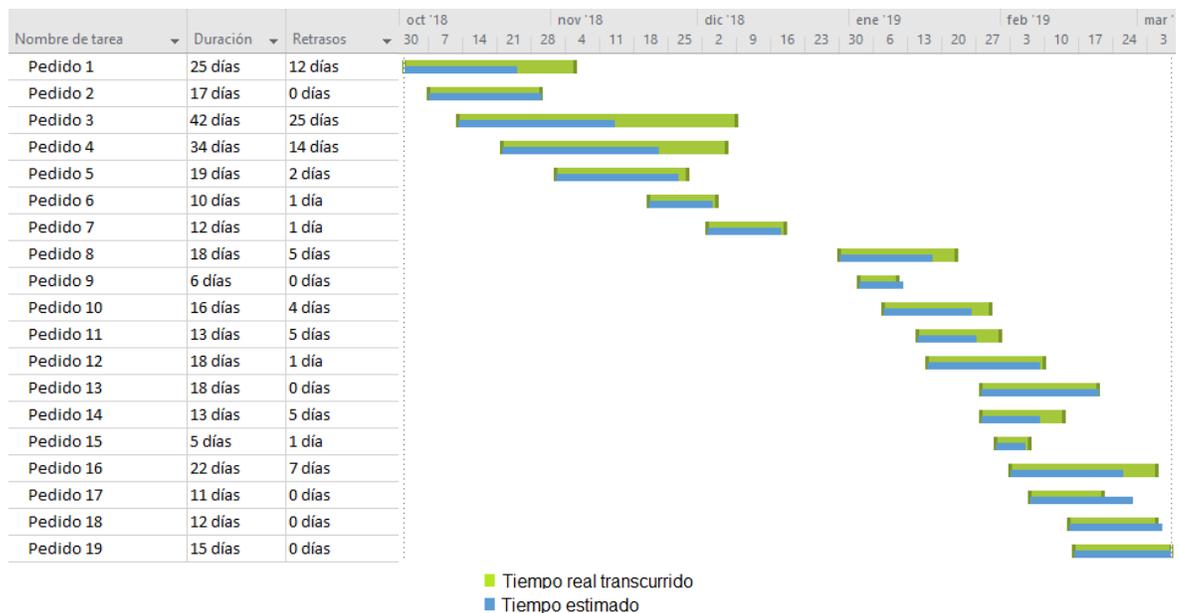


Ilustración 12. Diagrama de Gantt del transcurso de tiempo de pedidos antes de la implementación de la propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos recolectados durante los últimos 5 meses, se evidenció que hay un retraso promedio de 4.63 días. En los casos en donde se evidencia un retraso superior a los 10 días, el administrador expresó que fueron por motivos no relacionados con su operación, es decir, estos se presentaron por factores externos como los anteriormente mencionados.

Para concluir se evidenció que el taller La Forja presenta algunos desperdicios en los diferentes procesos de fabricación presentados en la siguiente tabla:

Tabla 5. Desperdicios presentados en el taller La Forja.

| Desperdicios Procesos | Sobreproducción | Transporte | Inventario | Esperas | Sobre proceso | Retrabajo | Movimiento |
|--------------------------|-----------------|------------|------------|---------|------------------|-----------|------------|
| Recepción | - | - | - | 2 | - | - | - |
| Corte | - | 3 | - | - | - | 2 | - |
| Doble | - | 2 | - | 1 | - | - | - |
| Ensamble | - | 24 | - | 2 | - | - | 3 |
| Lijado | - | 10 | - | 1 | - | - | 1 |
| Pintura | - | 13 | - | 2 | - | - | 1 |
| Despacho | - | 14 | - | - | - | - | - |

Fuente: *Elaboración propia.*

Cabe aclarar que las esperas presentadas en la anterior tabla hacen referencia a las veces en que se tiene que esperar un determinado tiempo para seguir manipulando el producto después de haber ejecutado una operación, como, por ejemplo, en el caso en que se aplica pintura por una de las caras del producto se debe de esperar 1800 segundos a que esta seque para poder aplicar pintura en la otra cara, tal y como se puede observar en el cursograma realizado (ver Anexo 4. Cursogramas del taller La Forja).

De la anterior tabla podemos concluir que el desperdicio que se presenta con mayor frecuencia en el taller La Forja es el de transporte, seguido de las esperas, movimientos innecesarios y retrabajos. Por ende, las alternativas a evaluar buscarán reducir el tiempo destinado a los desperdicios identificados.

5.1.2 Etapa 2. Identificación de alternativas

Con el análisis de cada una de las causas y factores identificados que afectan el cumplimiento de la fecha de entrega hacia los clientes, se realizó la evaluación de aquellos problemas que tienen potencial de mejora y representan un impacto a nivel organizacional que ayude a tener tiempos de operación más cortos, se reduzcan los diferentes desperdicios presentados y se implementen procesos estandarizados

para la definición del tiempo de entrega. Para cumplir con cada uno de estos criterios tenemos las siguientes alternativas:

5.1.2.1 Alternativa 1. Estimación del tiempo de entrega

Dado que actualmente la estimación del tiempo necesario para entregar los pedidos que llegan al taller La Forja se estima de acuerdo a la capacidad de memoria del administrador, se propone elaborar un formato donde se pueda estimar la fecha de entrega aproximada a los clientes, teniendo en cuenta diversos factores que pueden afectar el tiempo de la elaboración de los productos, como lo es el trabajo en proceso, los tiempos promedio de elaboración de cada producto y el tiempo muerto que se presenta en los pedidos que requieren instalación. Para esto se propone elaborar una base de datos en Excel de los tiempos promedios de producción de los productos analizados en el actual caso de estudio, sin tener en cuenta los suplementos por necesidades personales o fatiga, descansos o por contingencias, debido a que, sería demasiado complicado medir el tiempo que conllevan estos factores sabiendo que no se presentan frecuentemente. Cabe resaltar que el tiempo establecido por el formato realizado será un tiempo aproximado de la fecha de entrega, dado que existen factores externos que no se pueden controlar directamente, como la experiencia del operario a cargo de una respectiva operación que puede afectar el rendimiento de la tarea que se traduce en un tiempo mayor al estimado y existen ocasiones en que no se puede entregar el pedido el día acordado con el cliente por factores de la planeación de entrega de la construcción.

Para la elaboración de este formato se tuvo en cuenta los tiempos de alistamiento y de operación actuales de los respectivos productos analizados en los cursogramas, además se optó por mantener la regla de prioridad del taller en donde los trabajos se atienden según la fecha de entrega más próxima, dado que existen ocasiones en que el pedido es de un solo producto y se requiere una entrega próxima. Esta herramienta permite obtener el dato de la fecha de entrega hacia el

cliente de manera casi instantánea, dado que los respectivos cálculos están programados bajo una macro en Excel (ver Anexo 8. Formato de fecha de entrega).

Esta alternativa no tiene costo de inversión, debido a que el formato para establecer el tiempo de entrega será un aporte propio al proyecto, elaborando el formato en un archivo de Excel que se le proporcionará al administrador. Por otro lado, el ahorro que proporcionaría esta alternativa sería de 300 segundos, debido a que este es el tiempo en promedio que se está empleando para realizar este proceso de manera intuitiva y mental. El objetivo del formato es tener la capacidad de arrojar un tiempo de entrega más aproximado a la realidad de la capacidad de producción del taller de manera más rápida y automática.

5.1.2.2 Alternativa 2. Implementación de herramientas 5´S

Como se evidenció un alto grado de desorden y desaseo en las zonas de trabajo del taller se plantea implementar la metodología 5´S (ver Anexo 9. Implementación 5´S) de la siguiente manera:

1. Clasificar

Principalmente en este paso se debe eliminar todos los elementos y sobrantes de materia prima que no se reutilizan o se aprovechan en otros procesos operativos del taller. Se implementará una jornada en donde se desechará los diferentes elementos del taller que no se pueden aprovechar y que no se van a utilizar en las diferentes actividades ejercidas por La Forja, tales como:

- Retazos no utilizables.
- Sobrantes de materia prima.
- Insumos ya utilizados o en deterioro.
- Herramientas deterioradas que ya no sirven.
- Elementos que no son parte o no se utilizan en el taller.
- Desechos o basuras.

2. Organizar

Aquí se planea ordenar las diferentes zonas de trabajo buscando asignarle un lugar específico a cada elemento de trabajo. Para esto se realizará la inversión de un tablero de herramientas que estará ubicado en la zona de ensamblaje, debido a que es en donde se utilizan la mayor parte de las herramientas. Esta inversión se realiza con el objetivo de organizar los diferentes elementos del taller en un lugar específico para garantizar que se tenga disponible de manera fácil y rápida.

El costo de inversión de esta alternativa es alrededor de \$280.000 pesos de acuerdo con el precio en el mercado. Por otro lado, al implementar el tablero de herramientas se tendrá un ahorro en los alistamientos de los diferentes procesos de tiempo en segundos de 1117 y de desplazamientos en metros de 101, como se puede evidenciar en datos de tiempo extraídos del cursograma (ver Anexo 9. Implementación 5's).

3. Limpiar

En este paso se realizará una jornada de aseo general de todas las zonas de trabajo y de cada una de las herramientas utilizadas en el taller, y establecer jornadas de limpieza continua para mantener en buen estado las maquinas, zonas e implementos de trabajo.

4. Estandarizar

En este paso se creará una norma impuesta a los operarios para que se realice los procedimientos de las jornadas de limpieza y orden de todas las zonas de trabajo, de tal manera que los trabajadores puedan reconocer las posibles causas que generan la suciedad, buscar las causas relacionadas a ésta y atacar el problema para que no vuelva a suceder. Además, el tablero de herramientas contará con una demarcación de la forma de la herramienta para que sea más fácil ubicarla en el lugar correspondiente y el proceso de usarla y ordenarla sea

más práctico, con el objetivo de evitar la pérdida de ellas que generan a su vez desperdicio de tiempo.

5. Mantener

Aquí se capacitará al personal sobre los principios de la herramienta 5´s buscando crear condiciones para estimular la autodisciplina, para ello se deben realizar auditorías de seguimiento en donde se evidencie el cumplimiento de las tareas asignadas, para ello se plantea el cronograma anexo en el formato A3 (ver Anexo 7. Formato A3).

5.1.2.3 Alternativa 3. Formato para ordenar la lista de materiales a cortar

Actualmente la manera de generar la lista de materiales a cortar, conlleva a un reproceso innecesario para el operario encargado, por esto se sugiere implementar un formato en un archivo Excel, en donde luego de generar las partes necesarias a cortar para cumplir con el pedido permita ingresar cada una de las piezas de los productos, para seguidamente ordenarlas automáticamente de manera descendente sin discriminar los productos, con el objetivo de evitar que el operario tenga que ordenar de nuevo las piezas a cortar.

Esta alternativa no tiene costo de inversión, debido a que el formato para realizar todo el proceso de orden de las piezas a cortar automáticamente también será un aporte propio de nosotros al proyecto, elaborado en un archivo de Excel que se le proporcionará al administrador. Por otro lado, el ahorro que proporcionaría esta alternativa sería de 65 segundos por lámina. Cabe resaltar que este es una reducción en el tiempo de alistamiento del proceso de corte (ver Anexo 10. Formato de orden de corte).

5.1.2.4 Priorización de alternativas

Para la priorización de las alternativas a incluir dentro de la propuesta de mejora se tuvo en cuenta la participación de los operarios, el costo de implementación, el

tiempo de implementación y la reducción de tiempo asociada. Para ello se estableció la siguiente matriz con una ponderación de los criterios para cada alternativa de 0 a 5, en donde 5 es la puntuación más alta y 0 la más baja. Las ponderaciones de los criterios evaluados se establecieron con la ayuda del administrador del taller La Forja, debido a que es el que tiene mayor conocimiento de todos los procesos, actividades e información sobre el taller. La matriz y las ponderaciones se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 6. *Matriz de priorización*

| Criterio | Ponderación | Alternativas | | |
|--------------------------------|-------------|--------------|-------------|-----|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Participación de los operarios | 0,1 | 1 | 5 | 1 |
| Costo de implementación | 0,25 | 5 | 3 | 5 |
| Tiempo de implementación | 0,25 | 5 | 4 | 5 |
| Reducción de tiempo | 0,4 | 2 | 5 | 4 |
| Puntaje Total | 1 | 3,4 | 4,25 | 4,2 |
| Alternativa elegida | | | X | |

Fuente: *Elaboración propia.*

La matriz de priorización tiene como objetivo ponderar cada una de las alternativas e indicar cuál de ellas tiene mayor impacto en la reducción del tiempo de entrega hacia los clientes. Como se puede evidenciar en la matriz la alternativa 2 que hace referencia a la Implementación de la herramienta 5´S fue la que obtuvo mayor puntaje. Por esta razón, la implementación de esta alternativa debe de ser indispensable si se quiere reducir el tiempo de entrega significativamente. Sin embargo, las dos alternativas restantes son importantes para la estandarización de procesos claves dentro del taller.

5.1.3 Etapa 3. Propuesta de mejora

Se utilizó la herramienta de resolución de problemas A3 Report donde se encuentra registrado el paso a paso de cada acción desde la búsqueda de la causa del

problema hasta la implementación de la herramienta para dar solución (ver Anexo 7. Formato A3).

En este documento se encuentra definido detalladamente: la clarificación del problema y las causas raíces de acuerdo con frecuencia ocurrida durante la recolección de los datos; los diagramas de flujo de los procesos de los respectivos productos; los objetivos para cada alternativa incluida en la propuesta; el desarrollo de las contramedidas y el tiempo establecido para su implementación; el monitoreo de los procesos y los resultados; el proceso de estandarización y compartir el logro.

Donde se identificó que el problema evaluado en el taller de acuerdo con el estudio inicial era que existía un incumplimiento en el tiempo de entrega pactado con el cliente con un retraso promedio de 4.63 días que puede producirse cuando se estima incorrectamente la fecha de entrega o hay un retraso en el tiempo del proceso productivo establecido por la gran cantidad de desorden en muchas de las áreas de trabajo del taller o la irresponsabilidad laboral. Por ejemplo, en diferentes zonas existe desorden de los materiales utilizados lo que incrementa considerablemente el tiempo perdido durante la operación y el riesgo de accidentes laborales. Asimismo, esto ocurre en el momento de buscar insumos y herramientas necesarias para la producción, dado que los espacios por donde se transportan se encuentran obstaculizados.

Por tal razón se propone la implementación de todas las alternativas evaluadas, con el objetivo de disminuir el tiempo de procesamiento de las operaciones del taller y así disminuir el retraso ocasionado por diferentes pérdidas de tiempo, así se planteó implementar las alternativas de acuerdo a la priorización de las mismas y el recurso disponible. Realizar completamente las etapas de la herramienta 5's., además implementar el formato de orden de corte para agilizar el tiempo de operación de un proceso clave y por último utilizar el formato de fecha de entrega en su totalidad y establecer el tiempo de entrega de los pedidos a los clientes de acuerdo a esta herramienta.

5.1.4 Etapa 4. Evaluación de propuesta

Para evaluar la propuesta seleccionada se realizó una prueba piloto en el taller de cerrajería La Forja, para recolectar datos de los tiempos de entrega durante un mes con la implementación de las alternativas incluidas en la propuesta. Se utilizaron los formatos establecidos de fecha de entrega y orden de corte en su totalidad, mientras que en la herramienta 5´s se implementó las primeras dos etapas, se estableció un cronograma para la implementación de las etapas restantes y se instauró un formato para realizar un seguimiento constante de las tres primeras etapas. Se dio inicio a la implementación de la prueba piloto el día 25 de marzo del 2019.

5.1.4.1 Implementación formato fecha de entrega

Se estimaron las fechas de entrega de los cuatro pedidos durante el periodo de prueba de la propuesta, donde el administrador se basó en la herramienta propuesta para establecer el acuerdo de fecha con los clientes, estableciendo la fecha arrojada por la herramienta en los casos de los pedidos que contaban con los productos evaluados en el proyecto y estimando un porcentaje de tiempo adicional en los pedidos donde existía un producto diferente a los caracterizados en la herramienta.

5.1.4.2 Implementación herramienta 5´s

Durante la fase de clasificación se realizó una jornada de aseo general del taller donde se lograron identificar los elementos innecesarios para desechar los diferentes objetos del taller que no se pueden aprovechar y que no se van a utilizar en los procesos, esto se puede evidenciar descriptiva y fotográficamente en la ficha de valoración 5´s antes y después de su implementación del formato A3 (ver Anexo 7. Formato A3). Posteriormente en la etapa de organizar se planteó un tablero en

donde se ubicaron las herramientas más relevantes para el área de ensamble, la depuración de las herramientas se enlista a continuación:

Tabla 7. Lista de herramientas del tablero propuesto.

| Tablero porta herramientas | Cantidad |
|-----------------------------------|-----------------|
| Segueta | 1 |
| Machetes | 2 |
| Escoriadoras | 2 |
| Escuadras | 2 |
| Tijeras rectas | 2 |
| Llave N°15 | 1 |
| Llave N°13/16 | 1 |
| Llave N°6 | 1 |
| Llave N°11/16 | 1 |
| Llave N°15/16 | 1 |
| Llaves N°9/16 | 1 |
| Llave N°14 | 1 |
| Porras | 2 |
| Cinceles | 2 |
| Martillos | 4 |
| Alicate | 1 |
| Hombresolo | 1 |
| Destornilladores de estria | 4 |
| Destornilladores de pala | 1 |
| Destornillador puntilla | 1 |
| Tapabocas sencillos | 2 |
| Tapabocas sencillos | 1 |
| Tapabocas especiales | 3 |
| Plomada | 1 |
| Manguera de nivel | 1 |
| Total | 40 |

Fuente: *Elaboración propia.*

Para las siguientes fases de implementación se estableció un cronograma detallado para mantener el orden y limpieza dentro del taller, así como estandarizar otros procesos que permitan reducir significativamente el tiempo de operación. Este tablero está ubicado en frente de la zona de ensamble, debido a que esta zona es la que utiliza las herramientas con mayor frecuencia. La ubicación del tablero se puede observar detalladamente en el diagrama de desplazamientos después de la

propuesta de mejora (ver Anexo 3. Diagrama de desplazamiento del operario después de la propuesta), lo que permite desplazamientos más cortos y seleccionar la herramienta a utilizar de manera más fácil y rápida, permitiendo así un ahorro significativo del 36,92% del tiempo total de operación, de acuerdo a los cursogramas elaborados (ver Anexo 4. Cursogramas del taller La Forja). En la siguiente ilustración se presenta el tablero de herramientas propuesto:



Ilustración 13. *Tablero de herramientas*

Fuente: *Elaboración propia.*

5.1.4.3 Implementación formato orden de corte

Se realizó el uso de este formato para los cuatro pedidos del periodo de prueba, herramienta de gran ayuda para el administrador y el operario de corte, dado que el proceso se realizó de manera efectiva donde se utilizaron alrededor de 16 láminas en los pedidos y se estima un ahorro de 1040 segundos en la operación que se realizaba de manera mental previamente. Aunque el ahorro de tiempo de esta herramienta no es significativo, permite estandarizar y dejar registro de uno de los procesos clave para iniciar las operaciones del taller.

A continuación, se ilustra mediante un diagrama de Gantt los resultados las fechas de entrega obtenidas durante la implementación de la prueba piloto:

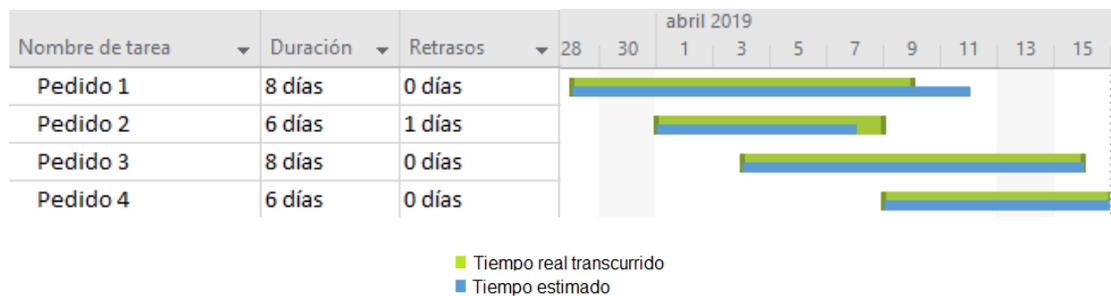


Ilustración 14. Diagrama de Gantt del transcurso de tiempo de pedidos después de la implementación de la propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se estableció un análisis de los resultados obtenidos por medio de los indicadores de desempeño del retraso promedio y del nivel de cumplimiento del Lead Time.

$$\text{Retraso promedio} = \frac{\text{Total número de días de retraso}}{\text{Total número de pedidos}}$$

$$\text{Nivel de cumplimiento del Lead Time} = \frac{\text{Cantidad de pedidos cumplidos a tiempo}}{\text{Total número de pedidos}} * 100$$

Los cálculos de los indicadores de desempeños se evaluaron antes y después de la propuesta con los datos recolectados de los diferentes pedidos (ver Anexo 6. Datos de pedidos). A continuación, se muestra un cuadro que muestra la comparación entre el desempeño del taller antes y después de implementar la prueba piloto:

Tabla 8. Comparación de indicadores

| Indicador | Antes de la propuesta | Después de la propuesta |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Retraso Promedio | 4,63 días | 0,25 días |
| Nivel de cumplimiento del Lead Time | 31,58% | 75% |

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar el indicador evaluado antes y después de la implementación de la propuesta se puede observar que existió una reducción significativa en el tiempo de entrega, dado que el retraso promedio es mínimo y el nivel de cumplimiento es más adecuado para competir en el mercado. Estos ahorros de tiempo se explican por la implementación de herramientas que atacan la causa real del problema identificado, logrando reducir tiempos operacionales críticos del proceso productivo de La Forja. Sin embargo, el número de pedidos para realizar el cálculo de los indicadores de desempeño después de implementar la prueba piloto fue inferior, dado que solo se recolectó datos durante un mes de prueba.

Cada una de las alternativas ayudó a reducir los tiempos destinados a los diferentes desperdicios que presentaba el taller La Forja. Por un lado, el manejo de los formatos de estimación del tiempo de entrega y el de ordenar la lista de materiales a cortar aportaron en la automatización y agilización de estos procesos haciéndolos más prácticos y rápidos, debido a que disminuyeron tiempos de operación que se realizaban manual y mentalmente. Por otro lado, la implementación de la herramienta 5´s fue decisiva y fue la que aportó en mayor medida a la reducción de los tiempos de operación, debido a que permitió que los desplazamientos tanto del personal como de los productos fueran mucho más cortos y en menor cantidad.

5.2 Conclusiones

Todos los procesos del taller son susceptibles a mejoras, es importante contar con herramientas que permitan identificar claramente las causas raíces de los problemas y a su vez realizar un mejoramiento continuo de los procesos más significativos.

El proyecto no pretende solucionar por completo todas las causas asociadas al incumplimiento en la fecha de entrega hacia los clientes, pero si ayudará a tener mejores condiciones para realizar las operaciones. Actualmente, La Forja presenta grandes inconvenientes en el comportamiento de los operarios que afectan

directamente al retraso en la fecha de entrega acordada con el cliente, pero no fueron considerados en la propuesta.

La propuesta de mejora planteada buscó reducir el tiempo de entrega en un taller de cerrajería con ambiente de producción Job shop y con estructura de microempresa. Se lograron alcanzar los objetivos planteados, aunque se tuvo mucha dificultad en el levantamiento de los datos por el tipo de producción que se maneja y variabilidad en los tipos de pedidos. Por ende, cabe resaltar la importancia de mejorar los procesos a través de metodologías sencillas y con valores de inversión asequibles.

Es importante mencionar la importancia de utilizar herramientas sencillas de implementación para una microempresa como lo son el diagrama de Ishikawa, Pareto, cursogramas, VSM's formato A3 report, etc; vistos en la carrera de Ingeniería Industrial que permiten obtener información, caracterizar, analizar y levantar datos de manera rápida y a un bajo costo de inversión. En el caso del proyecto estas herramientas permitieron identificar el problema, las causas que lo provocan y la priorización que permite encontrar la causa(s) raíz(es) del problema; por otro lado, tanto la toma y el análisis de datos como la identificación de los desperdicios se hace mucho más sencillo, para finalmente poder plantear las diferentes alternativas que busquen disminuir el tiempo empleado en operaciones que no agregan valor al proceso como lo son los transportes, movimientos y esperas innecesarios que presentaba el taller; y como tal poder plasmar la propuesta de mejora en un formato de reporte.

Además, el proyecto nos permitió usar nuestra capacidad de resolución de problemas y proponer formatos propios que permitieron dar a relucir la creatividad en un campo del sector industrial y poder con ayuda de metodologías conocidas, identificar alternativas para la reducción del tiempo de entrega y finalmente definir una propuesta de mejora para reducir este tiempo. Finalmente, la evaluación y seguimiento de la propuesta cobra gran importancia, ya que basados en los

resultados se puede replicar esta propuesta en diferentes empresas que tengan sistemas de producción y estructuras similares a las analizadas en el caso. Cabe destacar que el tiempo de implementación de la prueba piloto no es suficiente, dado que no se contó con la disponibilidad de tiempo para obtener mayor número de pedidos entregados al establecer la propuesta para reducir el tiempo de entrega en el proceso productivo del taller de cerrajería.

En conclusión, la propuesta está basada en la metodología Lean Manufacturing que por medio de la eliminación de desperdicios y la estandarización contribuyen a la productividad del proceso del taller mejorando tiempos, calidad y bienestar para los operarios. La demanda de los productos para el terminado de las viviendas está en aumento, dado que es constante la reparación de las estructuras metálicas y surge la necesidad de tener un gran portafolio de productos personalizados, por lo tanto, para tener la capacidad de respuesta ante esta situación y por ende continuar siendo competitivos en el mercado, es indispensable que la compañía utilice la metodología Lean y garantice la mejora continua.

5.3 Recomendaciones

El trabajo realizado en el proyecto fue un punto de partida en la búsqueda de disminuir los diferentes factores que afectan o provocan que el porcentaje de cumplimiento en el tiempo de entrega hacia los clientes sea bajo. Por variables como el tiempo, la disponibilidad y la complejidad que presentó el trabajo en el taller las implementaciones de las tres primeras etapas de la herramienta 5's no quedaron completas, por ende, se sugiere estudiarlas, apropiarse de ellas y capacitar al personal para que las realicen de manera efectiva, como también continuar con las etapas restantes de la implementación, estandarización y disciplina, para reforzar lo que se había propuesto con los operarios y que estos realmente usen la herramienta, dado que estas etapas son de vital importancia si se desea mantener el nivel de cumplimiento establecido en la prueba piloto.

Implementar los formatos sugeridos en todos los pedidos que se realicen de manera continua, si es posible mejorar estos formatos para obtener datos más exactos de manera automática y adicionar los productos que no fueron considerados en el actual proyecto. A su vez, continuar alimentando la base de datos, dado que la muestra evaluada durante la prueba piloto no es representativa y se trata de una microempresa, por lo que puede ser difícil la adaptación permanente de los cambios sugeridos en sus procesos.

Es importante profundizar más en el formato de priorización del orden de corte de las láminas, dado que en el proyecto no fue evaluado la posibilidad de implementar un modelo de optimización con el objetivo de reducir los desperdicios de materia prima.

Además, fomentar la investigación de tecnología y gestión en todos los procesos para así tener una mejora continua y evitar problemas futuros que representen una disminución del nivel de cumplimiento del Lead Time, así como la capacitación oportuna del personal respecto a la propuesta de mejora planteada, ya que estas necesitan ser entendidas de manera clara y positiva para que se puedan evidenciar los resultados.

Por otro lado, incentivar estudios periódicos sobre el nivel de cumplimiento por parte de clientes u operarios externos, puesto que se tiene una visión imparcial sobre los procesos y se pueden evidenciar problemas que los trabajadores omiten. Esto con el objetivo de brindar propuestas de mejora y planes de control, a las situaciones que aún no son tenidas en cuenta dentro de los planes de mejora continua de La Forja.

Al establecer una unidad de medida como un estándar acorde a cada tipo de proceso que se ejecuta en cada estación de trabajo, es importante establecer como primer reto para los operarios la toma de tiempos más verídicos y luego validar con más tomas de tiempo con el objetivo de ir ajustando el tiempo estándar en cada proceso.

Por último, se recomienda evaluar otras alternativas que permitan estimar la fecha de entrega de acuerdo con la literatura y que no fueron consideradas en este proyecto, dado que se trata de una micro empresa que no contaba con los suficientes datos para implementarlas tales como la programación de la producción mediante modelos heurísticos o la herramienta Quick Response Manufacturing.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, J., Robinson, C., & Stewart, D. (2001). *Lean manufacturing: a plant floor guide*.
- Alomía, C., & Lozano, S. (2015). Programación de la producción en ambientes Job Shop - bajo pedido, basado en el enfoque de proyectos con restricciones de recursos. <https://doi.org/10.1159/000481873>
- Blanco Rivero, L., Romero Motta, E., & Páez Rodríguez, J. (2006). Conwip Un Sistema De Control De Producción. *Fourth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, (June), 1–7. Retrieved from http://www.cse.fau.edu/~maria/laccei/Papers/EDU063_Blanco.pdf
- Britto, R., Mejía, G., & Caballero, J. (2007). PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN SISTEMAS DE MANUFACTURA TIPO TALLER CON EL ALGORITMO COMBINADO CUELLO DE BOTELLA MÓVIL Y BÚSQUEDA TABU, 203–224.
- Buchelli Lozano, G. A., & Marín Restrepo, J. J. (2011). Estimación de la eficiencia del sector metalmeccánico en Colombia: análisis de la frontera estocástica. *Cuadernos de Economía*, 31(58), 257–286. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v35n67.52461>.Este
- Chung, D., Lee, K., Shin, K., & Park, J. (2005). A new approach to job shop scheduling problems with due date constraints considering operation subcontracts. *International Journal of Production Economics*, 98(2), 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.05.023>
- Coca, G. A., Castrillón, O. D., & Ruiz, S. (2013). Programación multiobjetivo en un sistema de fabricación tipo “contra existencia” (job shop). *Informacion Tecnologica*, 24(6), 79–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000600011>
- Congreso de la República de Colombia. (2004). Ley 905 De 2004. *Uma Ética Para Quantos?*, XXXIII(2), 81–87. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Corbett, S. (2007). Beyond manufacturing: The evolution of lean production. *McKinsey Quarterly*, (3), 95–105. Retrieved from <http://proxy1.ncu.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct>

=true&db=bth&AN=26295851&site=eds-live

- DANE. (2006). *Censo económico 2005*. Bogotá.
- DANE. (2011). *Muestra trimestral de comercio al por menor de Bogotá - IV Trimestre de 2010, I, II y III Trimestre de 2011*. Bogotá.
- DANE. (2016). Boletín técnico Encuesta Anual Manufacturera, (2015), 1–33.
- Escalda, I., Jara, P., & Letzkus, M. (2016). Mejora de procesos productivos mediante lean manufacturing. *Universia Business Review*, 14(2), 263–277. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>
- Fabrizio, T., & Tapping, D. (2006). *5S for the Office: Organizing the Workplace to Eliminate Waste*.
- Fundación Corona. (2005). *Retos y desafíos del sector de la microempresa en Colombia: tres aportes conceptuales*. Bogotá.
- GEO Tutoriales. (2015). Características de un Proceso Productivo Job Shop. Retrieved from <https://www.gestiondeoperaciones.net/procesos/caracteristicas-de-un-proceso-productivo-job-shop-produccion-tipo-taller/>
- Giraldo, J., Sarache, W., & Castrillón, O. (2010). Metodología integral soportada en simulación para el mejoramiento de sistemas de producción job shop. Aplicaciones en pymes metalmecánicas. *Ingeniería e Investigación*, 30(1), 97–106.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2005). *La Meta Un proceso de mejora continua*.
- Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*, 118(2), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.12.014>
- Murugesan, V. M., Rajenthirakumar, D., & Chandrasekar, M. (2016). Manufacturing Process Improvement Using Lean Tools. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*, 14(2), 151–154.
- Orejuela, J., Ocampo, J., & Micán, C. (2010). Propuesta Metodológica Para la Programación de la Producción en Las Pymes del Sector Artes Gráficas, Área Publi-Comercial. *Estudios Gerenciales*, 26(114), 97–118. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(10\)70104-2](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(10)70104-2)
- Paredes Rodríguez, A. M. (2017). Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio. *Entremado*, 13(1), 262–277. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25103>

- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Retrieved from http://books.google.com.co/books/about/Lean_Manufacturing_La_evidencia_de_una_n.html?id=IR2xgsdmdUoC&pgis=1
- Salazar, A., Vargas, L., Añasco, C., & Orejuela, J. (2010). PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA BIETAPA EN AMBIENTES DE MANUFACTURA FLEXIBLE MEDIANTE EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO, 161–175. Retrieved from <http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/index.cfm/Chart/getChart/chartType/lineChart/themeKy/3/groupKy/3/savFile/10000>
- Schrader, G. F., & Elshennawy, A. K. (2000). *Manufacturing Processes and Materials*.
- Segarra, S. M. (2011). ALGORITMO PARA LA OPTIMIZACIÓN EN EL PLANEAMIENTO Y LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. Retrieved from <http://www.scielo.org.za/pdf/sajie/v22n1/15.pdf>
- Slomp, J., Bokhorst, J. A. C., & Germs, R. (2009). A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation. *Production Planning & Control*, 20(7), 586–595. <https://doi.org/10.1080/09537280903086164>
- Stump, B., & Badurdeen, F. (2012). Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: A case study. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), 109–124. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0289-3>
- Sutcu, A., Tanritanir, E., Durmusoglu, B., & Korusa, H. I. (2011). an Integrated Methodology for Layout Design and Work Organisation in a Furniture Manufacturing Plant. *South African Journal of Industrial Engineering May*, 22(1), 183–197. <https://doi.org/10.7166/22-1-42>
- Veríssimo, F., Lopes, A. B., Message, L. B., Kimura, T., Bessi, N. C., Schiavon, L., & Godinho, M. (2016). PROPOSTA DE REDUÇÃO DE LEAD TIME NA LINHA DE PRODUTOS TERMOELÉTRICOS DE UMA PEQUENA EMPRESA FAMILIAR DO INTERIOR PAULISTA, 278–312.
- Yuan, R., & Graves, S. C. (2016). Setting optimal production lot sizes and planned lead times in a job shop. *International Journal of Production Research*, 54(20), 6105–6120. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1073859>

ANEXOS

Anexo 1. Plano de distribución física del taller “La Forja

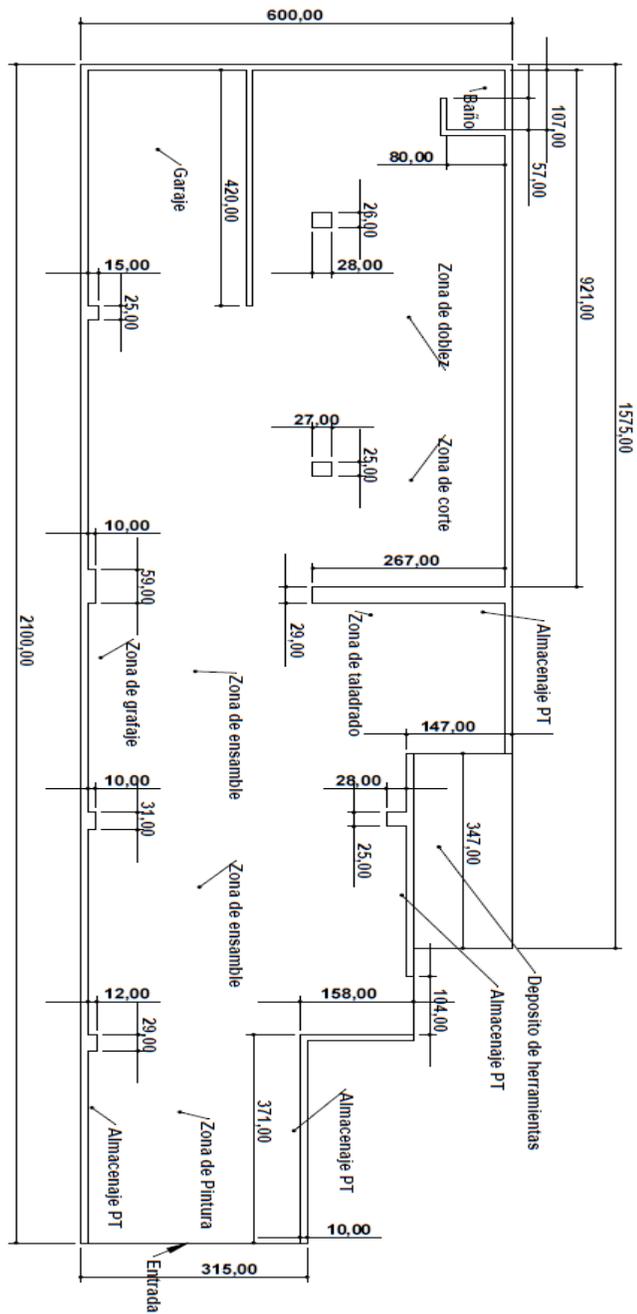


Ilustración 15. Plano de distribución física del taller "La Forja".

Fuente: Elaboración propia.

*Medidas en cm.

Anexo 2. Diagrama de desplazamiento del operario antes de la propuesta

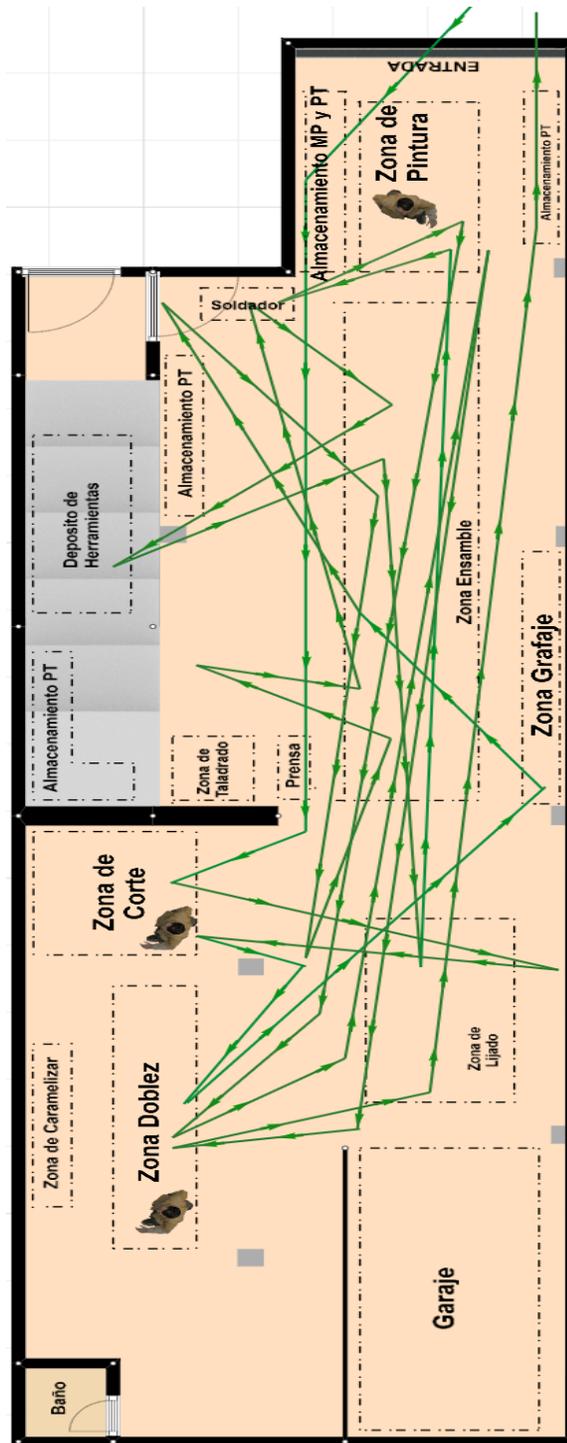


Ilustración 16. Diagrama de desplazamiento del operario antes de la propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Diagrama de desplazamiento del operario después de la propuesta

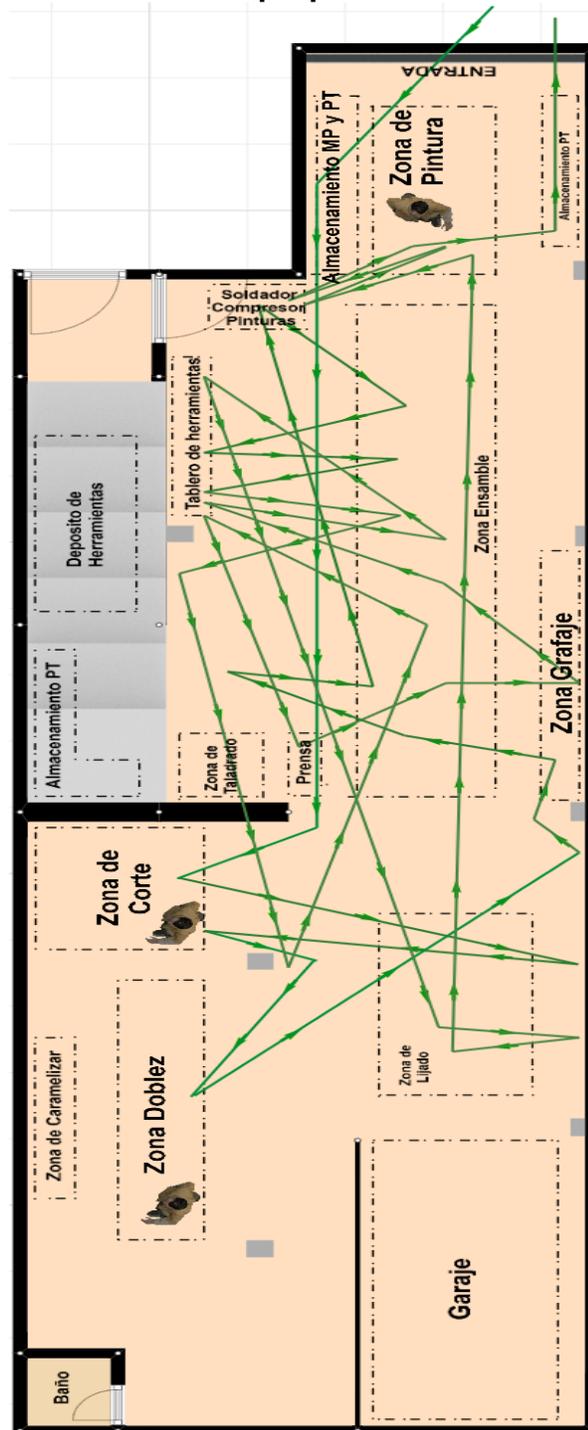


Ilustración 17. Diagrama de desplazamiento del operario después de la propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Cursogramas del taller La Forja

Ver [Cursogramas_La_Forja](#)

Anexo 5. VSM's

Ver [VSM's](#)

Anexo 6. Datos de pedidos

Ver [Datos_Pedidos](#)

Anexo 7. Formato A3

Ver [Formato_A3](#)

Anexo 8. Formato de fecha de entrega

Ver [Formato_fecha_de_entrega](#)

Anexo 9. Implementación 5's

Ver [5's.xlsx](#)

Anexo 10. Formato de orden de corte

Ver [Formato_orden_de_corte](#)