

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Reducción del lead time en el proceso de fabricación de estructuras metálicas de
una compañía de construcción

INGE-2753

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Edgar Colón Naranjo Velasco

Mario Alejandro Sandoval Chévez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres que, sin su paciencia y sacrificio, no habría llegado tan lejos.

Edgar Colón Naranjo Velasco

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mis padres y mis hermanas que me han apoyado durante todos estos años, a mi compañero de proyecto Mario Sandoval, a nuestra tutora la Ing. María Isabel Alcívar y a todas las personas que nos apoyaron e hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

Edgar Colón Naranjo Velasco

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico a Dios, por ser mi guía y fuerza en cada paso de mi vida, permitiéndome culminar esta gran etapa. A mi madre Johanna, por su apoyo incondicional y por estar siempre presente, especialmente en los momentos de desvelo; a mi mami Laura, por su amor y por recordarme siempre lo orgullosa que se siente de mí; a mi papá Miguel, por su respaldo y sus sabias palabras; y a toda mi familia, por su amor y apoyo continuo a lo largo de este proceso.

Mario Alejandro Sandoval Chévez

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Ing. María Isabel Alcívar García, por su orientación y apoyo constante durante todo el proceso de materia integradora. A mi compañero Edgar, por su dedicación y trabajo en equipo. A Maite, por su apoyo incondicional en los momentos difíciles. A mis amigos y compañeros de la universidad, por hacer que esta etapa universitaria fuera tan enriquecedora. A mis hermanos, por su amor y apoyo continuo. Y por último, a mis mascotas Lucas y Suibo, por acompañarme en las desveladas y estar conmigo en los momentos de estrés. Gracias a la vida por darme la oportunidad de formar parte de esta maravillosa institución, gracias ESPOL.

Mario Alejandro Sandoval Chévez

Declaración Expresa

Nosotros Edgar Colón Naranjo Velasco y Mario Alejandro Sandoval Chévez acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

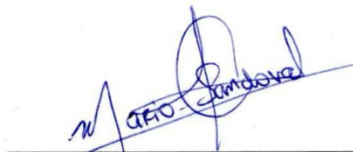
La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 04 de octubre del 2024.



Edgar Colón Naranjo Velasco



Mario Alejandro Sandoval Chévez

Evaluadores

María Laura Retamales G., M.Sc.

Profesor de Materia

María Isabel Alcívar G., M.Sc.

Tutor de proyecto

Resumen

El proyecto se realizó en una empresa que fabrica estructuras metálicas tipo Shelter para proteger equipos eléctricos de alta potencia, dirigidas principalmente a industrias camaroneras ecuatorianas. Se busca reducir los tiempos de entrega y fabricación para cumplir con la demanda bajo un modelo de producción por pedido directo del cliente. Para ello, se emplearon herramientas de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma, como lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Árbol Crítico de la Calidad, Mapa de Flujo de Valor y los 5 Porqués. El trabajo colaborativo fue fundamental, ya que el cliente, los actores principales del proceso y los trabajadores permitieron identificar y aplicar mejoras viables. Se optimizaron los tiempos de fabricación, se reorganizó la distribución de responsabilidades y se mejoró el flujo de información y materiales en la fábrica, incrementando así la eficiencia general. La implementación de las soluciones propuestas redujo el Lead Time de 745.33 horas a 742.98 horas en solo 4 meses.. En conclusión, la metodología DMAIC demuestra ser un enfoque robusto para abordar problemas desde su raíz, logrando mejoras significativas en el corto plazo. Además, se garantiza la sostenibilidad y el control de los cambios implementados mediante indicadores debidamente seleccionados, lo que permite mantener las mejoras logradas y fomentar la mejora continua en función de las metas establecidas.

Palabras Clave: DMAIC, shelter, mejora continua, procesos.

Abstract

The project was carried out in a company that manufactures Shelter-type metal structures to protect high-power electrical equipment, mainly for Ecuadorian shrimp industries. The aim of this work is to reduce delivery and manufacturing times to meet the demand under a production model by direct customer order. For this purpose, tools of the Lean Six Sigma's DMAIC methodology were used, such as brainstorming, Ishikawa diagram, Critical Quality Tree, Value Flow Map and the 5 Whys. Collaborative work was fundamental, as the client, the main actors of the process and the workers made it possible to identify and implement viable improvement. We optimized manufacturing times, reorganized the distribution of responsibilities and improved the flow of information and materials in the factory, thus increasing overall efficiency. The implementation of these solutions reduced Lead Time from 745.33 hours to 742.98 hours in only 4 months. In conclusion, the DMAIC methodology proves to be a robust approach to address problems at their root, achieving significant improvements in the short term. In addition, sustainability and control of the implemented changes is ensured by the implementation of key indicators, which allows maintaining the improvements achieved and promoting continuous improvement based on the established goals.

Keywords: DMAIC, shelter, continuous improvement, processes.

Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VI
Simbología.....	VII
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tablas.....	X
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	3
1.3 Justificación del Problema.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Marco teórico.....	5
Capítulo 2.....	7
2.1 Metodología.....	8
2.1.1 Definición.....	8
2.1.2 Diagrama OTIDA.....	9
2.1.3 Mapa de actores.....	12
2.1.4 Voz del cliente (VOC).....	13
2.1.5 Definición del problema.....	14
2.1.6 Critical to quality (CTQ).....	15

2.1.7	Tripple bottom line.....	16
2.1.8	Definición de variable de salida	17
2.1.9	Restricciones.....	18
2.2	Medición	19
2.2.1	Plan de recolección de datos.....	19
2.2.2	Mapa de flujo de Valor	22
2.2.3	Verificación de la fiabilidad de los datos	24
2.2.4	Análisis de capacidad	26
2.2.5	Estratificación.....	28
2.2.6	Problema enfocado.....	29
2.3	Análisis	30
2.3.1	Lluvia de ideas	30
2.3.2	Diagrama de Ishikawa	31
2.3.3	Matriz Causa-Efecto.....	32
2.3.4	Diagrama de Pareto.....	34
2.3.5	Diagrama Impacto vs. Esfuerzo.....	35
2.3.6	Plan de verificación de causas	35
2.3.7	Técnica de los 5 porqués.....	41
Capítulo 3.....		43
3.1	Resultados y análisis.....	44
3.2	Mejora.....	44
3.2.1	Posibles soluciones	44
3.3	Implementación	52
3.3.1	S1: Revisar el plan estratégico que incluya la definición de funciones y responsabilidades para todos los puestos	52
3.3.2	S3: Realizar análisis y justificar el puesto de gestor de inventario	58
3.3.3	S6: Capacitar al personal en mantenimiento preventivo y correctivo ...	60

3.3.4	Justificación económica	67
3.3.5	Justificación ambiental	67
3.3.6	Justificación social	67
3.3.7	Comparación: Antes vs. Después de implementaciones.....	67
3.3.8	Plan de control	68
Capítulo 4.....		71
4.1	Conclusiones y recomendaciones	72
4.1.1	Conclusiones.....	72
4.1.2	Recomendaciones	73
Referencias.....		74
Apéndice		75

Abreviaturas

AV	Agrega Valor
CP	<i>Capability Process</i>
CPK	<i>Capability Process Adjusted</i>
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
KPI	<i>Keep Performance Indicator</i>
NAV	No Agrega Valor
NAVN	No Agrega Valor pero es Necesario
MTO	<i>Make to Order</i>
VOC	<i>Voice of Customer</i>
VSM	<i>Value Stream Map</i>
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>

Simbología

h	Hora
m	Metro
m	Minuto

Índice de figuras

Figura 1 <i>Serie de tiempo del Lead Time de fabricación del año 2024</i>	4
Figura 2 <i>Diagrama SIPOC del proceso de fabricación de Shelter</i>	9
Figura 3 <i>Primera parte del Diagrama OTIDA del proceso de fabricación de Shelter</i>	10
Figura 4 <i>Segunda parte del Diagrama OTIDA del proceso de fabricación de Shelter</i>	11
Figura 5 <i>Gráfico del porcentaje de actividades del proceso de fabricación de Shelter</i>	12
Figura 6 <i>Mapa de actores del proceso de fabricación de Shelter</i>	13
Figura 7 <i>Diagrama de herramienta 3W2H para definir el problema</i>	14
Figura 8 <i>Diagrama CTQ de la necesidad principal de la empresa</i>	16
Figura 9 <i>Diagrama VSM previo a la implementación de mejoras</i>	23
Figura 10 <i>Ilustración de app "Stopwatch" en un celular</i>	26
Figura 11 <i>Resultado gráfico del análisis de capacidad en Minitab</i>	27
Figura 12 <i>Ilustrado del diseño de un Shelter</i>	29
Figura 13 <i>Mapa de lluvia de ideas de los actores del proceso</i>	31
Figura 14 <i>Diagrama Ishikawa del problema principal</i>	32
Figura 15 <i>Diagrama de Pareto de causas potenciales</i>	34
Figura 16 <i>Diagrama Impacto-Esfuerzo de las causas potenciales</i>	35
Figura 17 <i>Evidencia de supervisor en otras funciones</i>	38
Figura 18 <i>Organigrama actual (Nov-2024) de Fábrica de Shelter</i>	39
Figura 19 <i>Primera evidencia del espacio para almacenamiento de herramientas/consumibles</i>	40
Figura 20 <i>Segunda evidencia del espacio para almacenamiento de herramientas/consumibles</i>	40

Figura 21 <i>Diagrama Impacto vs. Esfuerzo de las mejores soluciones</i>	47
Figura 22 <i>Diagrama organizacional de la empresa anterior a la implementación</i>	53
Figura 23 <i>Evidencia fotográfica de supervisor de fábrica haciendo actividades operativas</i>	54
Figura 24 <i>Diagrama organizacional mejorado y aprobado por la empresa</i>	55
Figura 25 <i>Captura del documento del Diagrama Organizacional mejorado</i>	56
Figura 26 <i>Captura de la portada del documento que justifica la Solución S3</i>	59
Figura 27 <i>Captura de documento que justifica la Solución S3</i>	59
Figura 28 <i>Captura de pantalla del video de capacitación en mantenimiento</i>	61
Figura 29 <i>Formato de Bitácora de mantenimiento para registros periódicos</i>	62
Figura 30 <i>Captura de pantalla del formato de prueba de conocimiento sobre mantenimiento</i>	63
Figura 31 <i>Mapa de flujo de valor mejorado</i>	66

Índice de tablas

Tabla 1 Tabla resumen de la cantidad de eventos en el Diagrama OTIDA de fabricación de <i>Shelter</i>	12
Tabla 2 <i>Tabla del plan de recolección de datos del proyecto</i>	19
Tabla 3 <i>Tabla resumen del levantamiento de información del proceso estudiado</i> ...	24
El problema enfocado se realizó bajo las condiciones actuales de la empresa, las cuales fueron observadas y documentadas durante los primeros 2 meses, se pudo estratificar y enfocar el problema a un solo tipo de fabricación pre establecido por la empresa. De esta forma, se puede redactar el problema enfocado siguiendo las directrices de la herramienta <i>5W2H</i> , como se muestra en la Tabla 4.	
Tabla 4 Herramienta <i>5W2H</i> utilizada para encontrar el problema enfocado	29
Tabla 5 <i>Matriz Causa-Efecto de los actores del proceso</i>	32
Tabla 6 <i>Tabla de calificación para las posibles causas</i>	34
Tabla 7 <i>Plan de verificación de causas potenciales</i>	37
Tabla 8 <i>Técnica de 5 porqués para causas potenciales</i>	41
Tabla 9 <i>Tabla resumen de causas potenciales, causa raíz y posibles soluciones</i> ...	42
Tabla 10 <i>Matriz Causa-Efecto de clasificación de las diferentes soluciones</i>	45
Tabla 11 <i>Resumen de análisis financiero de las soluciones seleccionadas</i>	49
Tabla 12 <i>Plan de implementación de las soluciones escogidas</i>	51
Tabla 13 <i>Comparación antes vs. después de implementaciones</i>	68
Tabla 14 <i>Plan de control de soluciones</i>	69

Capítulo 1

1.1 Introducción

La optimización de procesos en la industria de la construcción es esencial para mejorar la eficiencia y la competitividad en un mercado cada vez más exigente. En este contexto, la fabricación de estructuras metálicas llamadas *Shelters* se ha convertido en un elemento crítico para la empresa. Estos *Shelters* albergan variadores, celdas, paneles y otros componentes, lo que requiere una producción precisa y alineada con las expectativas del cliente.

La empresa objeto de este estudio opera bajo un modelo de Fabricar Bajo Pedido, lo que significa que la producción se inicia únicamente tras la aprobación del diseño por parte del cliente. Este enfoque permite una personalización óptima, pero también presenta retos significativos en la gestión del tiempo y los recursos, ya que cualquier retraso puede afectar tanto la satisfacción del cliente como la rentabilidad de la empresa.

A pesar de la intención de ofrecer productos de calidad en plazos razonables, se han identificado ineficiencias en el proceso de fabricación. Estas ineficiencias no solo afectan los tiempos de entrega, sino que también pueden comprometer la competitividad de la empresa en un mercado que valora cada vez más la rapidez y la flexibilidad. Por ello, es fundamental realizar un análisis detallado de cada etapa del proceso de producción para identificar oportunidades de mejora.

Para abordar estos desafíos, se aplica la metodología DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*). Este enfoque estructurado permite examinar el proceso de fabricación, identificar las causas raíz de las demoras y establecer acciones concretas para resolver el problema. La implementación de estas mejoras busca no solo optimizar la operación de la empresa, sino también asegurar un servicio de mayor calidad, fortaleciendo

así la satisfacción del cliente y consolidando la posición competitiva en el sector de la construcción.

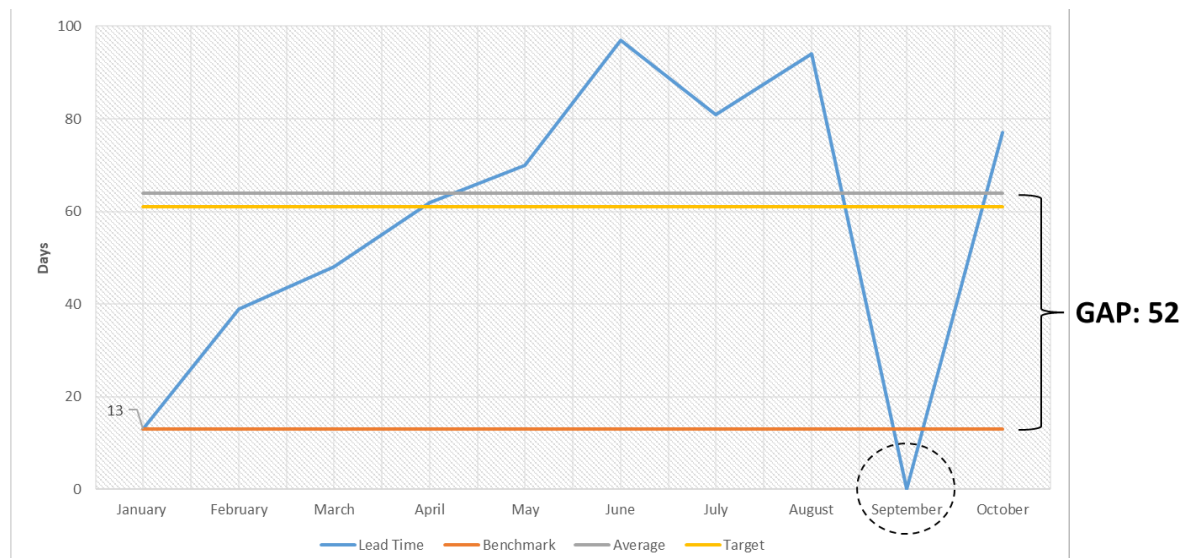
1.2 Descripción del Problema

La empresa enfrenta un problema de altos tiempos de entrega en la fabricación de *Shelters*, lo que impacta negativamente la eficiencia y la competitividad en el mercado. En la actualidad, el tiempo promedio de entrega es de 65 días, mientras que el *benchmark* establecido es de 13 días y el objetivo deseado es de 10 días, lo que refleja una brecha significativa de 52 días entre el promedio actual y el *benchmark*.

En la serie de tiempo que se muestra en la Figura 1, se observan variaciones mensuales en el tiempo de entrega desde enero hasta octubre de 2024. Durante este periodo, los tiempos de entrega muestran un aumento constante en la mayoría de los meses, con algunos picos en los cuales los tiempos son especialmente altos. Además, hubo una interrupción completa de la producción en septiembre, mes que no fue considerado en el cálculo del promedio. Este comportamiento evidencia ineficiencias en el proceso de fabricación, las cuales dificultan el cumplimiento de los tiempos de entrega esperados por los clientes y plantean la necesidad de identificar y resolver las causas de estos retrasos.

Figura 1

Serie de tiempo del Lead Time de fabricación del año 2024



Nota. Datos históricos recibidos de la fábrica de *Shelter*

El análisis de estas variaciones mensuales es fundamental para identificar los factores y restricciones que influyen en los tiempos de entrega. Este enfoque permitirá optimizar el uso de los recursos y mejorar la coordinación entre las distintas etapas de producción.

1.3 Justificación del Problema

Desde enero de 2024, se han identificado retrasos significativos en el proceso de fabricación de los *shelters* en la planta de producción ubicada en el pasillo 8 de las instalaciones de la empresa constructora. A pesar de que el tiempo estimado de fabricación es de 10 días laborables, el tiempo real de producción alcanza los 65 días, lo que genera una discrepancia considerable entre lo planeado y lo ejecutado.

Este retraso impacta directamente en la eficiencia operativa y en los plazos de entrega, afectando la rentabilidad de la empresa. Además, los prolongados tiempos de fabricación aumentan los costos operativos y comprometen la satisfacción del cliente, lo que repercute en los indicadores económicos de la empresa. La ineficiencia también afecta los aspectos

sociales y ambientales, ya que genera un desperdicio de recursos y materiales. Por lo tanto, la optimización del proceso de fabricación es clave para mejorar el desempeño económico, social y ambiental de la empresa, permitiendo cumplir con los plazos establecidos y contribuir a la sostenibilidad a largo plazo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Reducir el *lead time* del proceso de fabricación de *Shelters* metálicos en un 5% en un periodo de 4 meses, optimizando la eficiencia del proceso, reduciendo el inventario promedio y mejorando el *fill rate*, para garantizar una producción más ágil y eficiente.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Cuantificar el *lead time* actual y los tiempos asociados a las etapas críticas del proceso de fabricación.
2. Identificar y documentar las causas principales del aumento en el *lead time* mediante la recopilación de datos históricos de los últimos meses.
3. Determinar las áreas de mayor impacto en el *lead time* y evaluar las posibles soluciones para cada una, utilizando herramientas de análisis.
4. Realizar un plan de implementación y control que incluya indicadores clave (KPI), como el *lead time*, la eficiencia de producción y el *fill rate*.

1.5 Marco teórico

En diferentes documentos se evidencia el uso, importancia y eficiencia que tiene la metodología DMAIC en proyectos de mejora continua, por ejemplo, se menciona que resulta fundamental, ya que proporciona un enfoque estructurado y sistemático para identificar, analizar y resolver los problemas que afectan el proceso de reparación de los refugios

electrónicos en el depósito del ejército de Tobyhanna. Cada una de sus etapas asegura que las soluciones implementadas no solo sean efectivas, sino también sostenibles a largo plazo. Al seguir esta dirección, les fue posible reducir significativamente el tiempo de ciclo de reparación, lo que permite optimizar sus operaciones, incrementar su capacidad de producción y responder de manera más eficiente a la creciente demanda. La aplicación de DMAIC no solo mejora la eficiencia del proceso, sino que también respalda la toma de decisiones basada en datos concretos y análisis detallados. (Abdelnour et al., 2023)

De la misma forma Cano Solis y Anali Kattia en su proyecto muestra que la metodología DMAIC de Six Sigma es clave en este estudio, ya que permite identificar y solucionar problemas específicos dentro del proceso de fabricación de estructuras metálicas en la empresa Heap Leaching Consulting S.A.C. A través de la recopilación y análisis de datos antes y después de su implementación, el estudio demostró un aumento del 74% en la eficiencia y del 37% en la eficacia, validando su impacto mediante la prueba *T-Student*. Estos resultados evidencian que DMAIC no solo es una herramienta efectiva para mejorar la productividad, sino también una estrategia clave para optimizar procesos y lograr resultados medibles y sostenibles. (Solis & Anali, 2017)

Hasta el momento no se ha podido encontrar o en última instancia no existen estudios específicos sobre la aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de tiempo de *Lead Time* en la fabricación de estructuras metálicas (*Shelter*), por lo que este proyecto poseerá el valor agregado al ser el primero o uno de los primeros en realizar este tipo de estudio, comprobando la funcionalidad y eficiencia de la aplicación de dicha metodología.

Capítulo 2

2.1 Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la metodología DMAIC, enfocada en abordar de manera estructurada la problemática en el proceso de fabricación de *Shelters*. Esta metodología permite descomponer el problema en etapas clave (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), con el fin de identificar y analizar las causas raíz, implementar soluciones y garantizar mejoras en el tiempo del proceso.

2.1.1 Definición

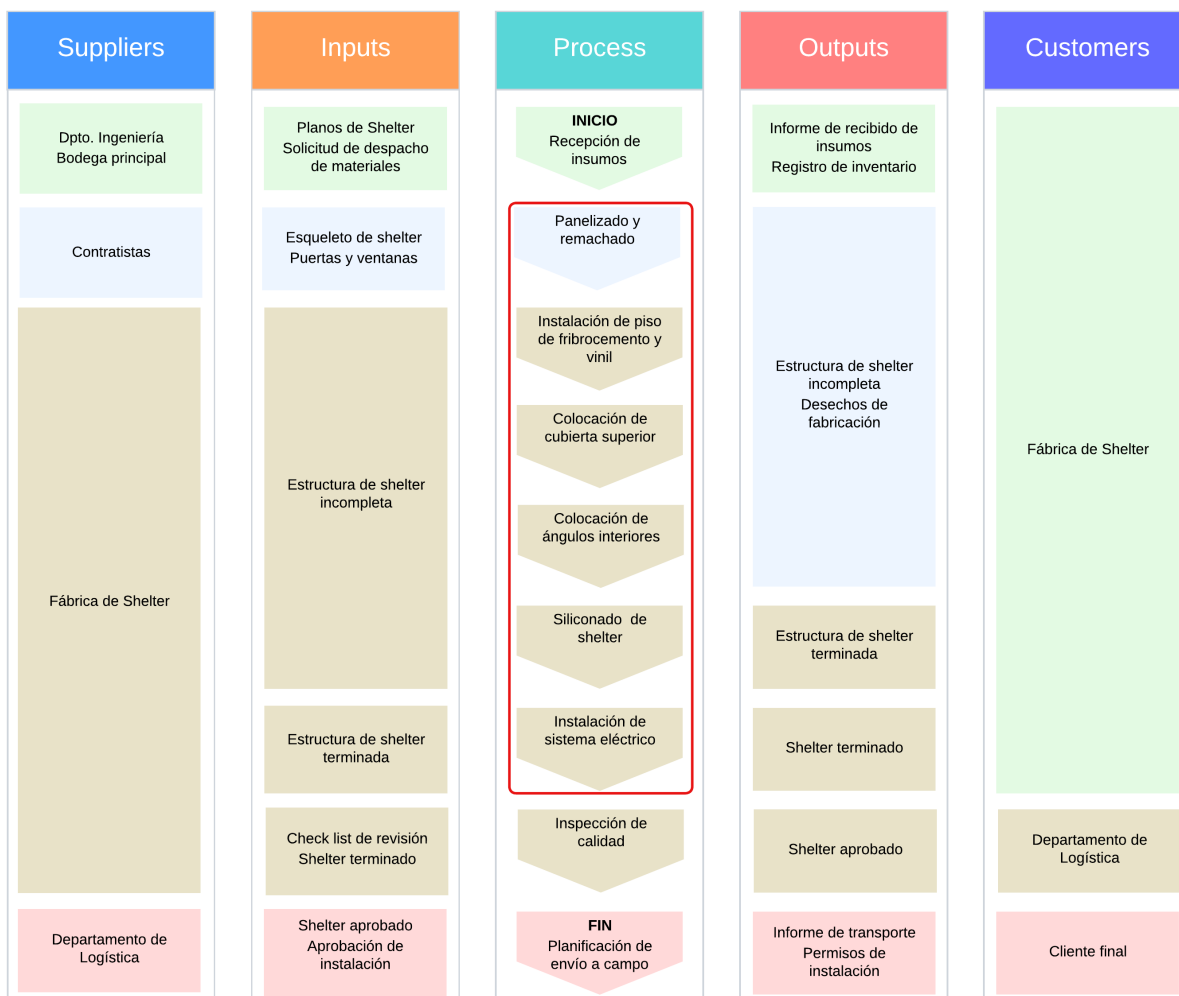
En esta primera etapa, se identificó claramente el problema relacionado con los tiempos de entrega en el proceso de fabricación de *Shelters*, lo cual afecta tanto la satisfacción del cliente como la eficiencia operativa. Se trabajó en conjunto con el equipo de proyecto para analizar la situación actual, logrando identificar las actividades del proceso y los actores involucrados.

2.1.1.1 Alcance

Se elaboró un diagrama *SIPOC* que se muestra en la Figura 2, para visualizar todas las etapas del proceso de fabricación de *Shelters*, desde su diseño hasta la entrega final al cliente. Este diagrama proporciona una visión amplia de los proveedores, insumos, proceso, productos y clientes, permitiendo identificar las entradas y salidas clave en cada fase. El alcance abarca el proceso de fabricación del *Shelter*, desde el panelado y remachado hasta la instalación del sistema eléctrico.

Figura 2

Diagrama SIPOC del proceso de fabricación de Shelter



Nota. El diagrama muestra con un recuadro rojo, el alcance inicial del proyecto.

2.1.2 Diagrama OTIDA

Se elaboró un diagrama de proceso OTIDA para clasificar y detallar cada actividad del proceso de fabricación de *Shelters* (Figura 3 y Figura 4). Estos diagramas facilitaron la detección de oportunidades para eliminar o reducir desperdicios, así como para optimizar las actividades esenciales para el cliente y reestructurar aquellas que afectan la fluidez del proceso.

Figura 3

Primera parte del Diagrama OTIDA del proceso de fabricación de Shelter

	DESCRIPCIÓN	Responsables	AV/NAV/NAVN	Operación	Transporte	Inspección	Demoras	Almacenaje
1	Se coloca llantas al esqueleto de shelter para transportar	Operadores	NAVN	1				
2	Se transporta el esqueleto de shelter al área asignada	Operadores	NAVN		1			
3	Se cargan los paneles en el montacarga	Operadores	NAVN	2				
4	Se transportan los paneles al área de corte	Operadores	NAVN		2			
5	Se cortan los paneles a las medidas requeridas	Operadores	AV	3				
6	Se transportan los paneles cortados hacia el shelter	Operadores	NAVN		3			
7	Se remachan los paneles en las paredes del esqueleto	Operadores	AV	4				
8	Se cargan las planchas de fibrocemento en el montacarga	Operadores	NAVN	5				
9	Se transportan las planchas de fibrocemento a lado del shelter	Operadores	NAVN		4			
10	Se corta el sobrante de plancha de fibrocemento para el piso del shelter	Operadores	AV	6				
11	Se colocan las planchas de fibrocemento en el piso del shelter	Operadores	NAVN	7				
12	Se perfora las planchas para ajustar al piso con pernos	Operadores	AV	8				
13	Se coloca masilla para tapar huecos en el piso	Operadores	AV	9				
14	Se lija todo el piso	Operadores	AV	10				
15	Se limpia toda el área del piso del shelter	Operadores	NAVN	11				
16	Se cargan los rollos de vinil en un yale	Operadores	NAVN	12				
17	Se transporta los rollos de vinil junto al shelter	Operadores	NAVN		5			
18	Se cortan los rollos de vinil a la medida	Operadores	AV	13				
19	Se pega el vinil al piso con cemento de contacto	Operadores	AV	14				
20	Se almacenan los desechos reutilizables en una canasta designada	Operadores	NAV					1
21	Se construye bases para celdas o UPS	Operadores	AV	15				

Figura 4

Segunda parte del Diagrama OTIDA del proceso de fabricación de Shelter

22	Se colocan los paneles/celdas/variadores dentro del shelter	Operadores	NAVN	16				
23	Se fijan los paneles/celdas/variadores al piso	Operadores	AV	17				
24	Se instalan paneles para cubierta	Operadores	AV	18				
25	Se instalan angulos interiores en el shelter	Operadores	AV	19				
26	Se coloca silicon para tapar espacios internos y externos	Operadores	AV	20				
27	Se instalan perfiles tipo T en la cubierta	Operadores	AV	21				
28	Se realizan remachados en la cubierta	Operadores	AV	22				
29	Se cubre con cemento asfáltico la cubierta	Operadores	AV	23				
30	Se realiza instalación de servicios generales (Instalaciones eléctricas)	Operadores	AV	24				
31	Se espera por la inspección por parte de Dpto. de Calidad y su aprobación	Superv. de planta Operadores	NAVN				1	
32	Se transportan los desechos inutilizables al pasillo 9	Operadores	NAV		6			
33	Se almacenan los desechos reutilizables en una canasta designada	Operadores	NAV					2
34	Se instalan llantas para transporte de shelter aprobado	Operadores	NAVN	25				
35	Se transporta el shelter aprobado fuera de la fábrica	Coord. de planta Operadores	NAVN		7			
36	Se realiza el izaje de shelter en la plataforma para despacho	Coord. de planta Operadores	NAVN	26				

De esta forma, en la siguiente Tabla 1 se muestra un resumen, donde se encuentra el total por tipo de operaciones realizadas durante la operación de la fabricación de *Shelter*, y en la Figura 5 esta descrito el porcentaje de actividades que AV, NAV y que NAVN del proceso de fabricación de *Shelter*.

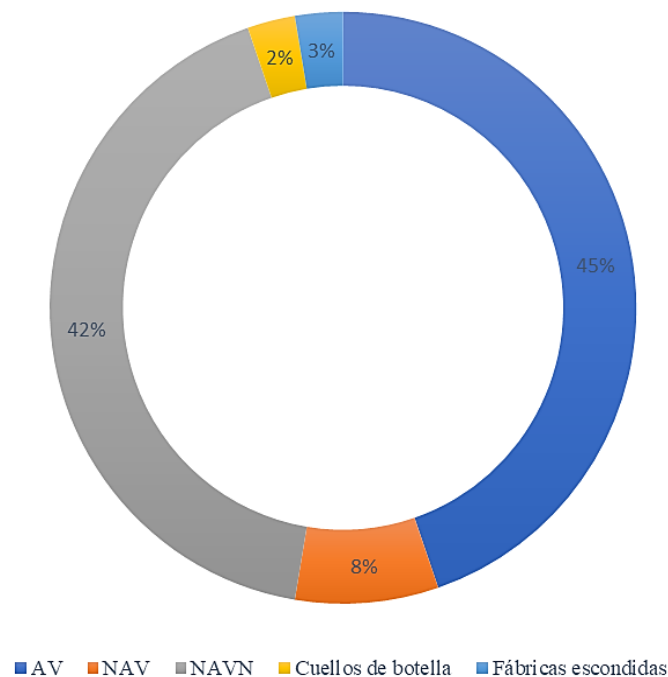
Tabla 1

Tabla resumen de la cantidad de eventos en el Diagrama OTIDA de fabricación de *Shelter*

RESUMEN	
Evento	Cantidad
Operación	26
Transporte	7
Inspección	0
Demoras	1
Almacenamiento	2
TOTAL	36

Figura 5

Gráfico del porcentaje de actividades del proceso de fabricación de *Shelter*



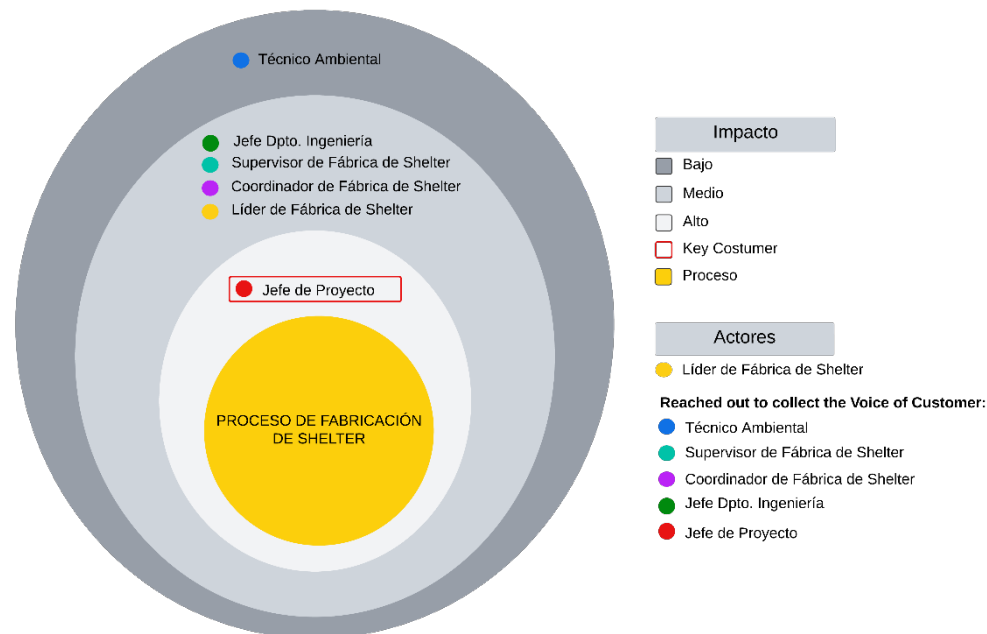
2.1.3 Mapa de actores

Se desarrolló un Mapa de Actores para identificar a todas las partes involucradas en el proceso de fabricación de *Shelters* y comprender sus roles y expectativas. Este análisis permitió detallar el impacto de los actores involucrados en el proceso, clasificándolos de alto a bajo. Tal como se observa en la Figura 6, este mapa ayuda a identificar con quiénes se tuvo acercamiento para realizar las entrevistas y construir el *VOC*, asegurando que las necesidades

y expectativas de cada grupo sean consideradas durante el análisis y la implementación de mejoras.

Figura 6

Mapa de actores del proceso de fabricación de Shelter



2.1.4 *Voz del cliente (VOC)*

Esta herramienta permitió captar las necesidades específicas de los actores involucrados en el proceso de fabricación de *Shelters*. A través de entrevistas y sesiones de lluvia de ideas, se recopilieron las expectativas y problemáticas señaladas, para determinar las principales necesidades y convertirlas a variables medibles y controlables bajo la aplicación de la herramienta de árbol crítico de calidad. A continuación, se presenta una breve recopilación de información de las entrevistas:

Jefe de Departamento de Ingeniería:

- Los cambios del cliente durante la producción pueden retrasar la entrega y aumentar los costos, aunque no son frecuentes.

Jefe de Fábrica de Shelter - Coordinador de Fábrica de Shelter:

- Falta personal y capacitación del personal en planta.

- Falta personal especializado, lo que afecta la eficiencia al asignar tareas fuera del ámbito de los operadores.
- La dependencia de terceros provoca retrasos en el proceso productivo.
- La fábrica se cuenta con suficiente materia prima acumulada para reponer cualquier parte de un Shelter. Se dispone para fabricar hasta cinco (5) *Shelters*.

Técnico Ambiental:

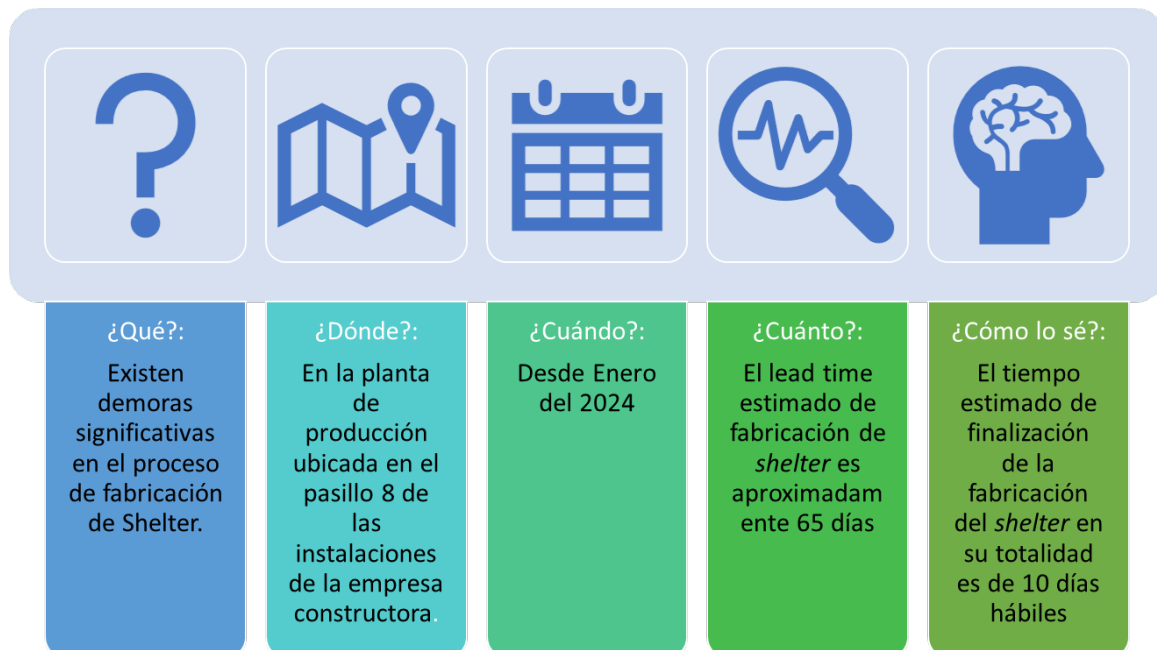
- Alto volumen de desperdicios tras la producción
- Falta de registro estandarizado para controlar los desechos de todas las áreas.

2.1.5 Definición del problema

Para plantear el problema de manera estructurada en este proyecto, se utilizó la herramienta 3W2H, que permite identificar y organizar de forma clara los aspectos clave del problema (Figura 7).

Figura 7

Diagrama de herramienta 3W2H para definir el problema



Con la información recolectada, se pudo identificar que: “Desde enero de 2024, se han identificado retrasos significativos en el proceso de fabricación de los *shelters* en la planta de producción ubicada en el pasillo 8 de las instalaciones de la empresa constructora. Según los datos históricos, el tiempo estimado de fabricación de un *shelter* es aproximadamente de 65 días, a pesar de que el tiempo estimado para completar todo el *shelter* es de 10 días laborables.”

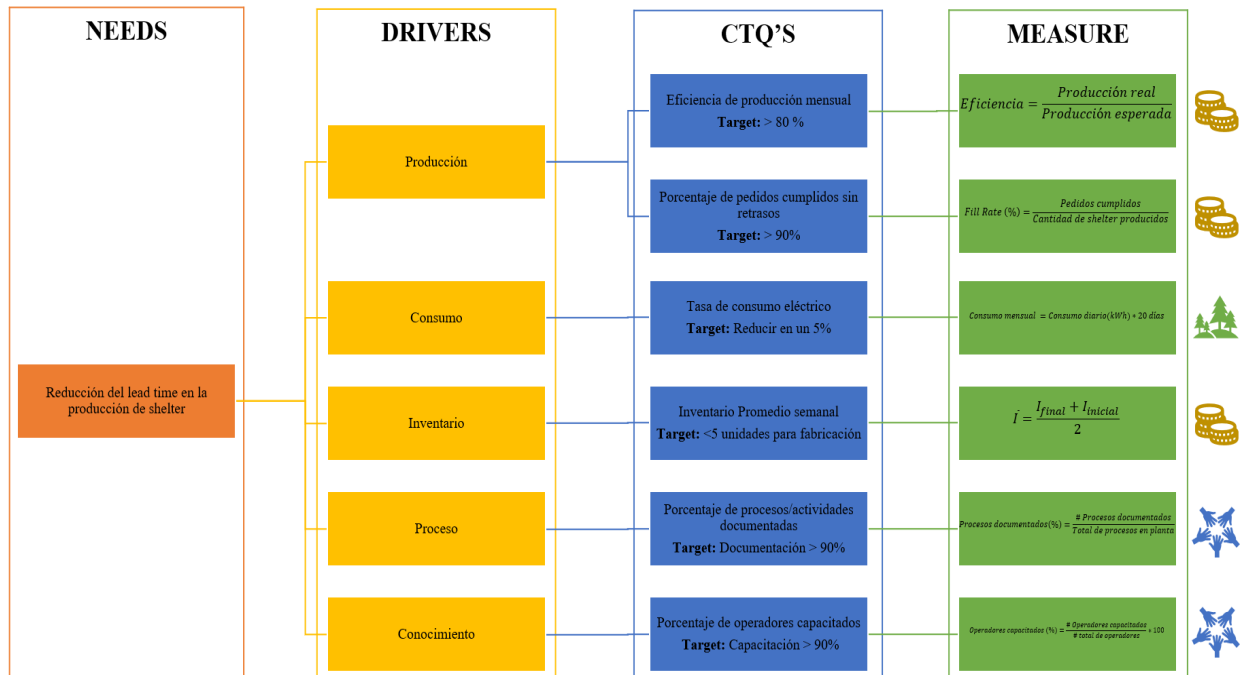
2.1.6 Critical to quality (CTQ)

Una vez identificadas las principales necesidades de los involucrados en el proceso, se procedió a realizar el *CTQ Tree* o árbol crítico de la calidad para transformar estas necesidades generales en variables medibles y controlables.

Se identificaron las Características Críticas de Calidad (CTQ), mostrado en la Figura 8, en el proceso, considerando los elementos esenciales que influyen en la satisfacción del cliente. Los *CTQs* sirven como criterios de referencia para medir la efectividad de las mejoras implementadas y asegurar que el proceso cumpla con los estándares esperados por el cliente.

Figura 8

Diagrama CTQ de la necesidad principal de la empresa



2.1.7 Tripple bottom line

A continuación, se presentan los indicadores de sostenibilidad propuestos para este proyecto, considerando los pilares económico, medio ambiental, y social.

- Económico
 1. Eficiencia de producción mensual

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ esperada} \quad (2.1)$$

2. Porcentaje de pedidos cumplidos sin retrasos

$$Fill\ Rate\ (\%) = \frac{Ordenes\ completadas}{Número\ de\ shelters\ producidos} \quad (2.2)$$

3. Inventario Promedio semanal

$$\bar{i} = \frac{I_{final} + I_{inicial}}{2} \quad (2.3)$$

- Medio Ambiental
 4. Tasa de consumo eléctrico

$$\text{Consumo mensual} = \text{Consumo diario(kWh)} * 20 \text{ días} \quad (2.4)$$

- Social

5. Porcentaje de operadores capacitados

$$\text{Operadores capacitados (\%)} = \frac{\# \text{ Operadores capacitados}}{\# \text{ Total de operadores}} * 100 \quad (2.5)$$

6. Porcentaje de procesos/actividades documentadas

$$\text{Proceso documentado(\%)} = \frac{\# \text{ documentos del proceso}}{\text{Total del proceso de fabricación}} \quad (2.6)$$

2.1.8 Definición de variable de salida

A partir de la información recolectada para la definición del problema, se establece como variable de salida Y al *lead time* del proceso de fabricación de *Shelters*. Esta variable, a su vez, se decompone en diferentes tiempos del proceso para su cálculo (Ecuación 2.7).

Y= Lead time del proceso de fabricación de *Shelters*

$$Y = Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + \dots + Y10 \quad (2.7)$$

Y1: Tiempo de Panelizado y remachado (medible en horas).

Y2: Tiempo de Instalación de piso de fibrocemento y vinil (medible en horas).

Y3: Tiempo de Colocación de cubierta superior (medible en horas).

Y4: Tiempo de Colocación de ángulos interiores (medible en horas).

Y5: Tiempo de Siliconado de Shelter (medible en horas).

Y6: Tiempo de Instalación de sistema eléctrico (medible en horas).

Y7: Tiempo de espera por materiales necesarios para la fabricación (medible en horas).

Y8: Tiempo de espera entre procesos (medible en horas de producción).

Y9: Tiempos de control de calidad (medible en horas de producción).

Y10: Tiempo de espera por terceros (medible en horas de producción).

2.1.9 Restricciones

- **Dependencia de contratistas:** Algunas etapas del proceso, como la fabricación de cubiertas y escaleras, dependen de los contratistas. Número de Contratistas: 2
- **Capacidad de personal limitada:** En la actualidad se opera con el mínimo necesario del personal, lo que requiere que los empleados realicen múltiples tareas y reciban capacitación adicional para suplir la falta de operadores, ayudando a mantener el flujo de trabajo. No se aprueban nuevas contrataciones. Número de operadores: 13
- **Presupuesto moderado:** La inversión debe ser viable y ofrecer resultados en mejoras de eficiencia sin exceder un límite razonable de costos.
- **Presupuesto para fábrica:** La compañía arrienda los espacios de trabajo, y como consecuencia, la fábrica de Shelter no puede realizar grandes modificaciones en el área, ya que existe la posibilidad de que sean reubicados nuevamente.
- **Limitación de espacio en la fábrica de Shelter:** La distribución del área fue ajustada y delimitada previamente para el correcto flujo de material. No existe área libre disponible.
- **Data:** No existen registros de datos ni documentación previa del proceso analizar.

2.2 Medición

Las siguientes subsecciones resumen el proceso de medición de datos necesarios para el análisis y mejora del proceso. Se mostrará el plan de recolección de datos, el análisis de valor del proceso, así como la verificación de los datos medidos.

2.2.1 Plan de recolección de datos

A continuación se muestra el plan de recolección de datos para la medición y mejora de la variable de salida elegida en este proyecto (Tabla 2). Se proporciona información sobre la definición operacional de cada tipo de dato, cómo se recolectó y verificó la información, así como el uso que se le dio a cada tipo de dato.

Tabla 2

Tabla del plan de recolección de datos del proyecto

Definición Operacional	¿Qué?		¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	Estado	Método de Verificación	¿Para qué?	¿Quién?
	Tipo de data	Factor de estratificación			Método de recolección				
Tiempo de Panelizado y remachado	Continua - Horas	Por tipo	Pasillo 8 - Línea de producción de Shelter	Noviembre 2024 – Enero 2025	Observación directa	50%	Comparar los tiempos medidos con los tiempos esperados del proceso y realizar un análisis de datos basado	Variable crítica a medir y mejorar para el proyecto	Mario Sandoval – Edgar Naranjo
Tiempo de Instalación de piso de fibrocemento y vinil						50%		Variable crítica a medir y mejorar para el proyecto	

Tiempo de Colocación de cubierta superior	60%	en diferencia de medias	Variable crítica a medir y mejorar para el proyecto
Tiempo de Colocación de ángulos interiores	50%		Variable crítica a medir y mejorar para el proyecto
Tiempo de Siliconado de Shelter	30%		Variable crítica a medir y mejorar para el proyecto
Tiempo de Instalación de sistema eléctrico	30%		Variable crítica a medir y mejorar para el proyecto
Tiempo de espera por materiales necesarios para la fabricación	No iniciada		Determinar el tiempo de inactividad del proceso y calcular eficiencias
Tiempo de espera entre procesos	30%		Determinar el tiempo de inactividad del proceso y calcular eficiencias
Tiempos de control de Dpto. De Calidad	No iniciada		Determinar el tiempo de inactividad del proceso y

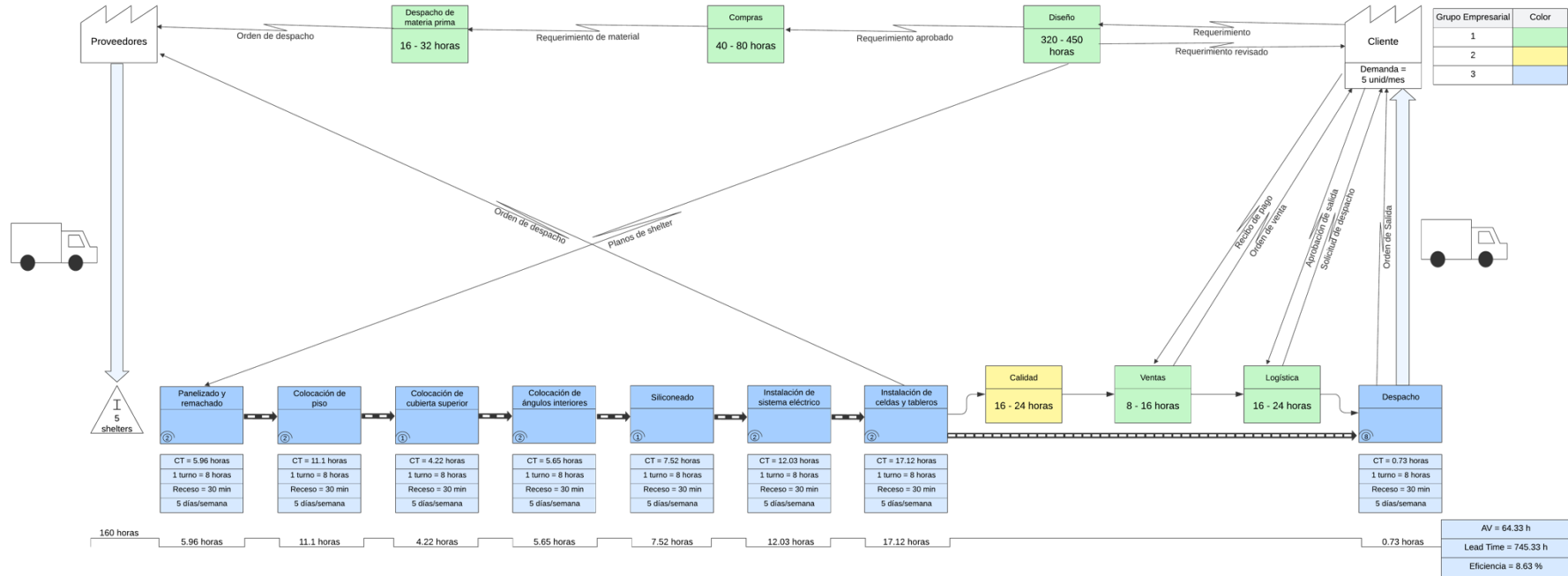
			calcular eficiencias
			Determinar el tiempo de inactividad del proceso y calcular eficiencias
Tiempos de espera por terceros		50%	

2.2.2 *Mapa de flujo de Valor*

Para el análisis del proceso de fabricación de los *shelters*, se utilizó el *Value Stream Mapping* (VSM), el cual ilustró de manera detallada el flujo de trabajo desde el proceso administrativo hasta la parte operativa. Como se puede observar en la Figura 9, el VSM inicia con la aprobación de los planos por parte del cliente, seguido por el pedido de materia prima realizado por el área de compras. Posteriormente, los materiales se despachan a la fábrica, donde los contratistas inician la fabricación de los esqueletos de los *shelters*. Una vez completada esta fase, el proceso continúa con el panelizado, remachado y, finalmente, el despacho al cliente final.

Figura 9

Diagrama VSM previo a la implementación de mejoras



2.2.3 Verificación de la fiabilidad de los datos

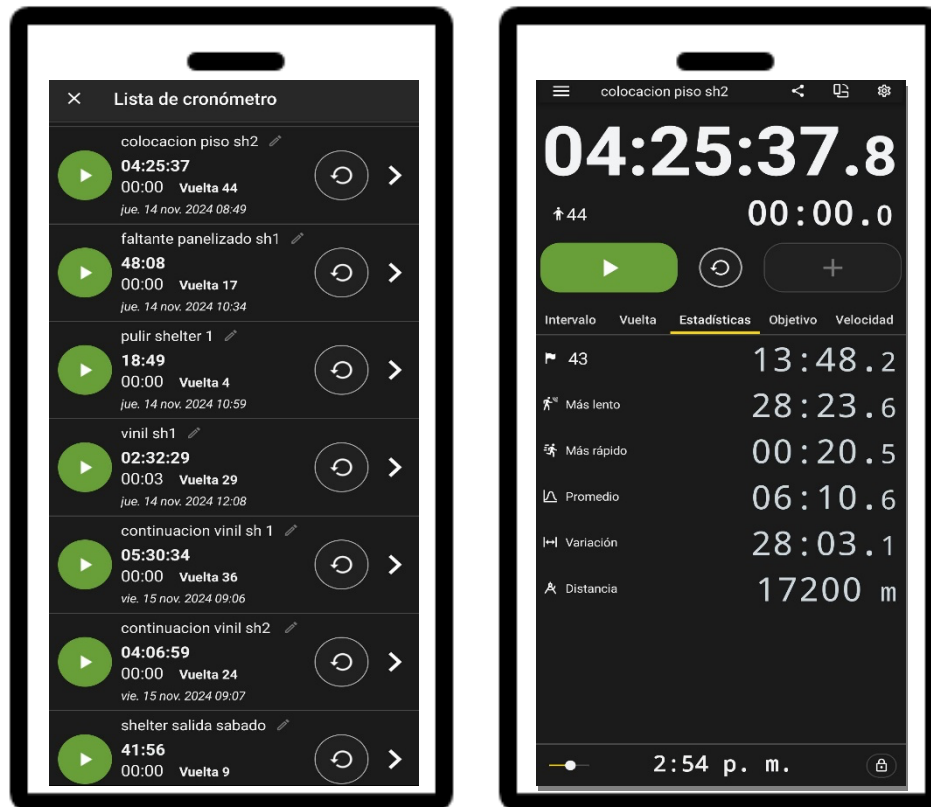
Tabla 3

Tabla resumen del levantamiento de información del proceso estudiado

Descripción	N.º operadores	Fecha Inicio	Fecha Fin	Días	Hora Inicio	Hora fin	Intervalo/ Tiempo efectivo
Corte de paneles Shelter 1	3	6/11/2024	6/11/2024	1	10:19	15:28	2:53:47
Instalación de 11 tableros en el Shelter	3	8/11/2024	8/11/2024	1	10:45	16:10	3:46:30
Panelizado de Shelter 2	3	11/11/2024	11/11/2024	1	9:04	14:15	3:19:35
Colocación de 9 planchas para piso en Shelter 1	2	11/11/2024	11/11/2024	1	9:19	14:15	2:30:57
Corte de 21 ángulos int. Y ext. Para campo para Shelter de 3 módulos	1	11/11/2024	11/11/2024	1	14:49	15:48	1:00:00
Remachado de piso, puesta de cera y pulimiento en Shelter 1	2	13/11/2024	13/11/2024	1	11:01	15:30	1:40:36
Colocación piso Shelter 2	2	14/11/2024	18/11/2024	5	8:48	16:23	11:34:55
Panelizado faltante Shelter 1	2	14/11/2024	14/11/2024	1	10:58	12:19	0:48:08
Pulir Shelter 1	2	14/11/2024	14/11/2024	1	11:08	11:59	0:18:49
Vinil Shelter 1	3	14/11/2024	15/11/2024	2	12:08	16:23	8:03:00
Salida de Shelters de 4,6	8	15/11/2024	15/11/2024	1	14:14	16:22	0:41:09
Últimos detalles Shelters de 4,6	1 3	15/11/2024	15/11/2024	1	14:53	16:22	1:28:35
Quitar plástico azul Shelter 1	1	18/11/2024	18/11/2024	1	9:10	15:33	0:20:01
Quitar plástico azul Shelter 2	1	18/11/2024	18/11/2024	1	13:44	15:01	0:12:17
Panelizado y remachado Shelter 3	2	18/11/2024	18/11/2024	1	13:29	16:15	1:42:20
Corte de panel faltante Shelter 3	1	18/11/2024	18/11/2024	1	13:56	15:25	0:44:01
Panelizado y remachado Shelter 4	2	19/11/2024	19/11/2024	1	10:40	14:15	1:45:58

Corte de panel faltante Shelter 4	2	19/11/2024	19/11/2024	1	10:40	14:09	0:47:34
Instalación de cubierta de Shelter 1	2	20/11/2024	21/11/2024	2	12:05	16:10	4:23:11
Terminado de remachado de panelizado en Shelter 4	1	20/11/2024	20/11/2024	1	12:07	15:31	1:43:06
Instalación de cubierta de Shelter 2	3	20/11/2024	21/11/2024	2	15:43	15:15	3:02:11
Medir y cortar ángulo int. Para Shelter 1 y 2	1	21/11/2024	21/11/2024	1	9:25	9:51	0:21:40
Instalación de piso en Shelter 3 y 4	2	21/11/2024	22/11/2024	2	8:48	12:30	8:10:34
Instalación de ángulos int. En Shelter 1	2	22/11/2024	22/11/2024	1	8:37	14:15	4:29:13
Pegado de vinil en piso de Shelter 3	1	22/11/2024	25/11/2024	4	11:02	14:33	8:44:13
Pegado de vinil en piso de Shelter 4	1	22/11/2024	29/11/2024	8	13:40	16:20	2:24:49
Instalación de ángulos int. En Shelter 2	2	22/11/2024	29/11/2024	8	14:10	16:20	1:44:35
Siliconado externo de Shelter 1	1	25/11/2024	25/11/2024	1	8:30	13:34	2:36:44
Instalación eléctrica Shelter 1	1	27/11/2024	27/11/2024	1	10:20	11:01	0:17:53
Instalación eléctrica Shelter 2	2	27/11/2024	27/11/2024	1	8:42	16:17	4:32:59
Ángulos internos Shelter 3	2	27/11/2024	27/11/2024	1	8:43	16:02	5:07:37
Cubierta: Ángulos T Shelter 1	1	27/11/2024	28/11/2024	2	15:01	16:11	1:10:56
Cubierta: Ángulos T Shelter 2	1	27/11/2024	27/11/2024	1	11:46	14:58	1:40:19
Cubierta/Techo Shelter 4	2	28/11/2024			9:08	12:23	1:00:40

Figura 10
Ilustración de app "Stopwatch" en un celular



Es relevante señalar que, debido a la falta de datos históricos, se realizó un levantamiento del proceso desde cero. Para ello, se utilizó una aplicación de cronómetro, “*Stopwatch*” (Figura 10), descargada desde la Play Store. Este dispositivo contaba con una precisión de 1/1000 de segundo, permitiendo medir simultáneamente varios tiempos del proceso.

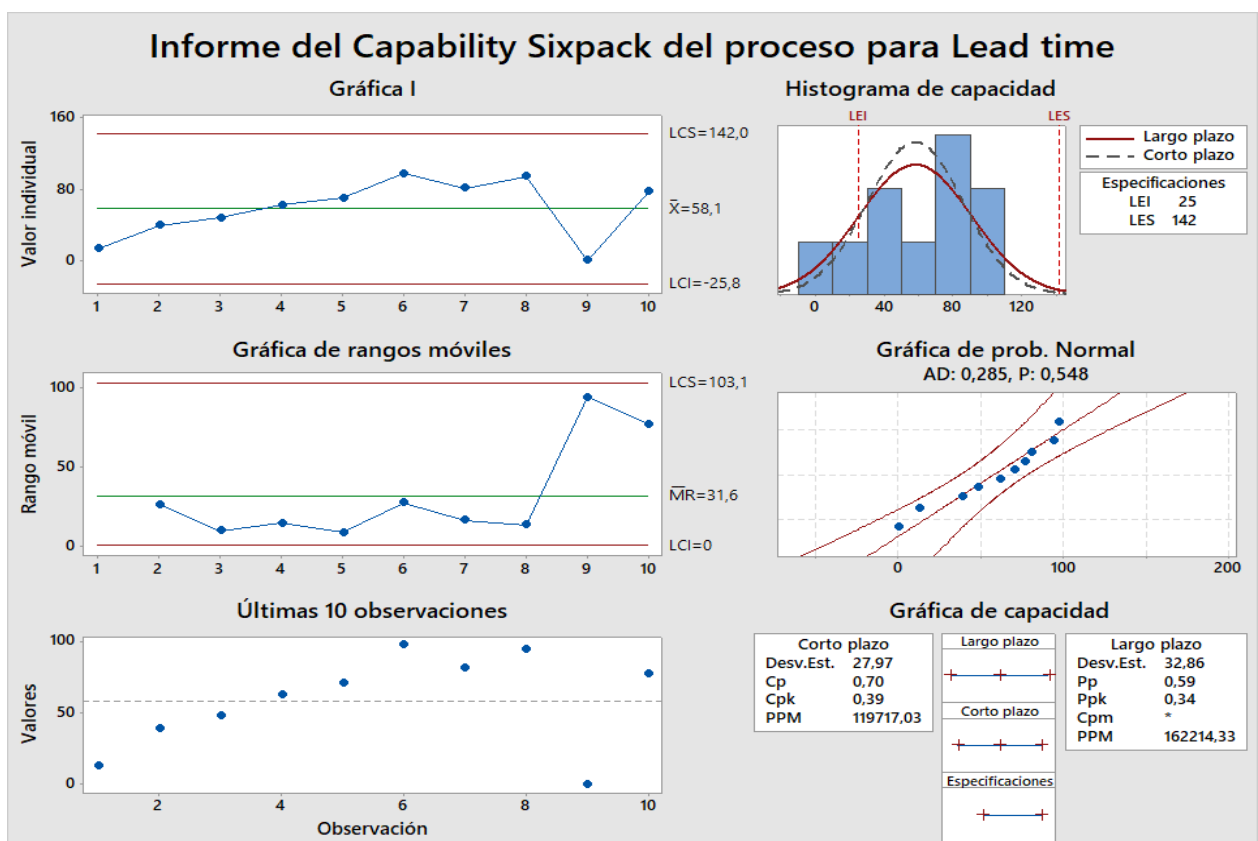
2.2.4 Análisis de capacidad

El análisis de capacidad permite evaluar si el proceso de fabricación de los *shelters* puede cumplir con los tiempos de entrega. En este proyecto, este análisis es clave para identificar problemas de variabilidad, mejorar la estabilidad del proceso y garantizar que los tiempos de fabricación se ajusten a las necesidades de la compañía y sus clientes.

Como se muestra en la Figura 11, los resultados del análisis indican que el proceso presenta una alta variabilidad en los tiempos de fabricación de los *Shelters*, lo cual dificulta el cumplimiento de los tiempos de entrega establecidos. Los índices Cp y Cpk, que se muestran en las gráficas de capacidad, son 0.7 y 0.39 respectivamente, lo que refleja que el proceso no está operando de manera eficiente. Un Cp bajo indica que el proceso no es capaz de cumplir con los límites de especificación, mientras que el Cpk bajo señala una mala centralización y una alta variabilidad en los tiempos de fabricación. Además, las gráficas de valores individuales y rangos móviles muestran fluctuaciones significativas, lo que evidencia una falta de estabilidad en el proceso.

Figura 11

Resultado gráfico del análisis de capacidad en Minitab



2.2.5 *Estratificación*

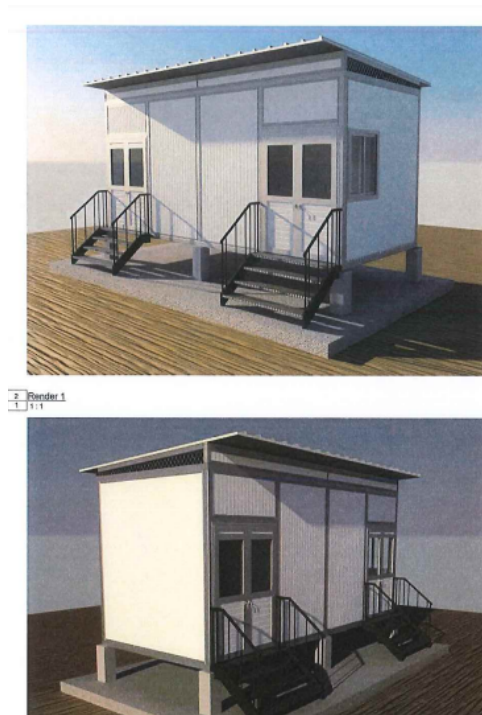
La estratificación del proceso se centró en la fabricación de estructuras metálicas de dimensiones 6.9 metros, ya que este es el único tipo que se fabricó durante el periodo analizado. Aunque por lo general se producen 5 unidades al mes, el pedido actual requería la fabricación de 4 estructuras de 6.9 metros, lo que orientó el enfoque exclusivamente hacia este tamaño.

El factor de estratificación seleccionado fue el tipo de estructura, que incluye tres tamaños diferentes: 4.6 metros, 5.8 metros y 6.9 metros. Sin embargo, dado que este proyecto solo abarcó el tipo de 6.9 metros, no se consideraron las otras dimensiones para este análisis. Además, como se muestra en la Figura 12, se dispone de planos de la estructura, lo que permite un mayor detalle en la comprensión del diseño y las especificaciones técnicas, facilitando la planificación y ejecución del proceso de fabricación.

Este enfoque en el tipo específico de *Shelter* ayuda a establecer el problema enfocado, permitiendo una evaluación más precisa y detallada del proceso de fabricación.

Figura 12

Ilustrado del diseño de un Shelter



Nota. Ilustración obtenida del Departamento de Ingeniería de la empresa

2.2.6 Problema enfocado

El problema enfocado se realizó bajo las condiciones actuales de la empresa, las cuales fueron observadas y documentadas durante los primeros 2 meses, se pudo estratificar y enfocar el problema a un solo tipo de fabricación pre establecido por la empresa. De esta forma, se puede redactar el problema enfocado siguiendo las directrices de la herramienta *5W2H*, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Herramienta *5W2H* utilizada para encontrar el problema enfocado

<i>What?</i>	<i>Where?</i>	<i>When?</i>	<i>How Much?</i>	<i>How do I know it?</i>
Hay importantes retrasos en el proceso de fabricación del	En la planta de producción de Shelter, situada en el pasillo 8 de las	Desde enero de 2024	El plazo estimado para la fabricación de refugios es de	El plazo estimado de finalización de todo el proceso de fabricación

Refugio de 6,9 metros.	instalaciones de la empresa constructora.	aproximadamente 65 días.	del refugio es de 10 días laborables.
------------------------	---	--------------------------	---------------------------------------

A partir de esta información, se define el siguiente problema enfocado: Desde enero de 2024, se han detectado retrasos significativos en el proceso de fabricación de los refugios de 6,9 metros en la planta de producción situada en el pasillo 8 de las instalaciones de la empresa constructora. Según los datos históricos, el plazo estimado para fabricar un refugio es de aproximadamente 65 días, a pesar de que el plazo de finalización previsto para todo el refugio es de 10 días laborables.

2.3 Análisis

En esta etapa se trabajó en identificar las posibles causas que afectan el proceso de fabricación de los Shelters. Se utilizaron diversas herramientas de análisis, como la lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, la matriz causa-efecto, el diagrama de Pareto y el diagrama de impacto vs esfuerzo, con el objetivo de clasificar y priorizar las causas más relevantes. Además, se emplearon el plan de verificación de causas y la técnica de los 5 porqué para profundizar en las posibles causas fundamentales que están afectando el proceso.

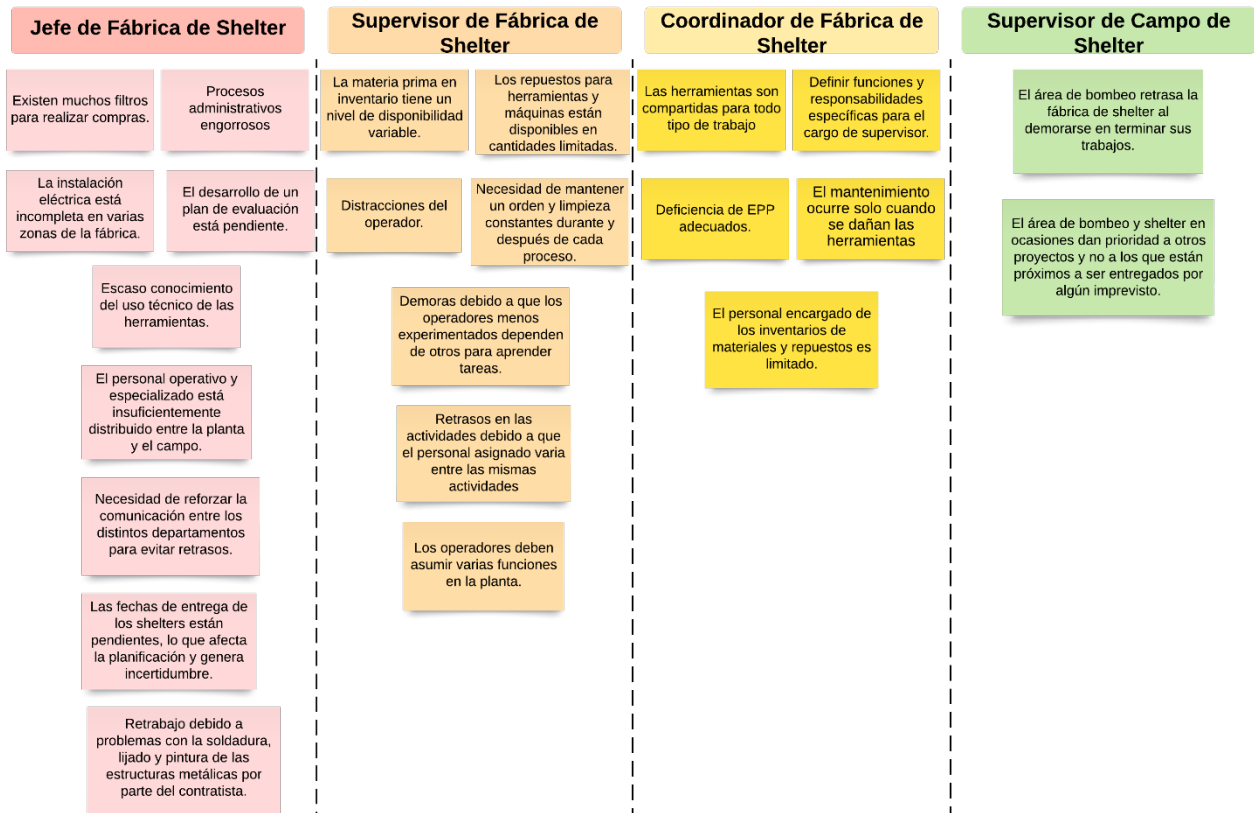
2.3.1 Lluvia de ideas

Para identificar las posibles causas que afectan la fabricación de los Shelters, se organizó una reunión con los actores clave directamente involucrados en el proceso. Durante la sesión, los participantes expresaron sus puntos de vista y observaciones sobre los factores que podrían estar afectando el proceso. Este intercambio de ideas permitió elaborar una lista de posibles causas potenciales, las cuales fueron estructuradas y organizadas para ser analizadas más profundamente en las siguientes etapas. Como se muestra en la Figura 13, la lluvia de ideas fue fundamental para la construcción del diagrama de Ishikawa, ya que ayudó

a identificar las posibles causas del problema y a enfocar el análisis en los factores más relevantes.

Figura 13

Mapa de lluvia de ideas de los actores del proceso

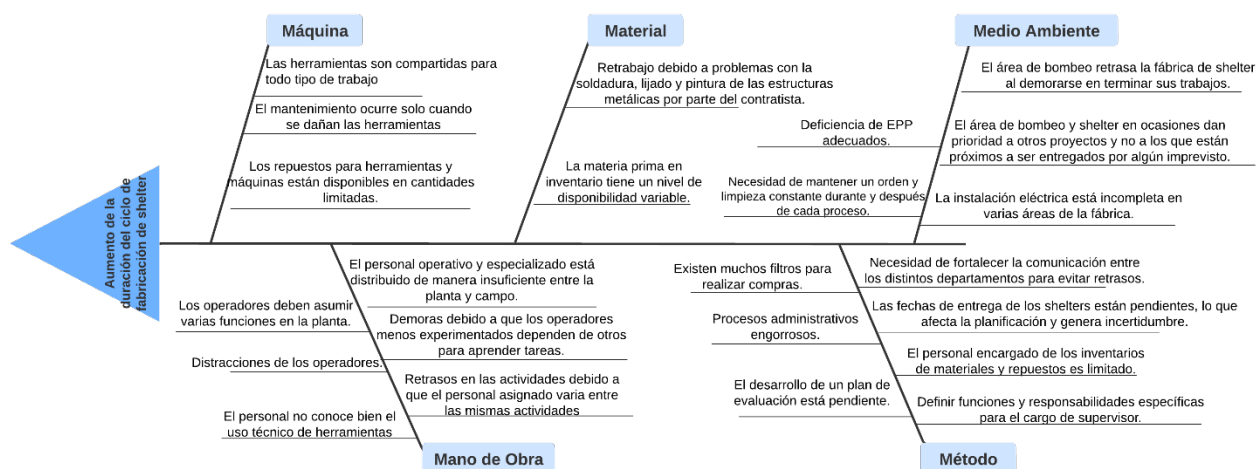


2.3.2 Diagrama de Ishikawa

Con la lista de causas potenciales obtenida de la lluvia de ideas, se procedió a elaborar un diagrama de *Ishikawa*, teniendo como problema principal el aumento en el ciclo de fabricación del *Shelter*. Este diagrama ayudó a organizar las causas en diferentes categorías, tales como métodos, materiales, mano de obra, máquinas y medio ambiente. El análisis permitió estructurar las causas de manera clara (Figura 14), facilitando la identificación de los factores clave que contribuyen a este aumento en el ciclo de fabricación.

Figura 14

Diagrama Ishikawa del problema principal



2.3.3 Matriz Causa-Efecto

Para evaluar las posibles causas, los actores del proceso asignaron una puntuación a cada causa utilizando una escala de 0 a 9, donde 0 representaba un impacto bajo, 1 moderado, 3 alto y 9 muy alto. Esta evaluación permitió clasificar y priorizar las causas según su importancia, lo que facilitó la construcción del Diagrama de Pareto. Como se muestra en la Tabla 5, al identificar las causas con mayor puntuación, se pudo enfocar el análisis en los problemas más significativos.

Tabla 5

Matriz Causa-Efecto de los actores del proceso

Factores	Variable	Causas	Actores				TOTAL
			Jefe de Supervisor	Coordinador	Supervisor	Supervisor	
Mano de Obra	x1	El personal operativo y especializado está distribuido de manera insuficiente entre la planta y campo.	3	3	1	3	10
	x2	Los operadores deben asumir varias funciones en la planta.	3	3	3	3	12
	x3	Los operadores menos experimentados dependen de otros para aprender tareas.	3	3	9	3	18
	x4	Distracciones de los operadores.	3	9	9	3	24

	x5	Retrasos en las actividades debido a que el personal asignado varía entre las mismas actividades	3	9	9	9	30
	x6	No se conoce bien el uso técnico de herramientas	1	3	0	3	7
	x7	Existen muchos filtros para realizar compras	9	9	9	9	36
	x8	Procesos administrativos engorrosos	9	9	3	9	30
	x9	Mala comunicación entre departamentos	9	9	9	3	30
Métodos	x10	Las fechas de entrega de los Shelters están pendientes, lo que afecta la planificación y genera incertidumbre.	3	3	9	3	18
	x11	Definir funciones y responsabilidades específicas para el cargo de supervisor.	9	3	9	9	30
	x12	El desarrollo de un plan de evaluación para mejorar la posición del personal está pendiente.	9	9	3	3	24
	x13	El personal encargado de los inventarios de materiales y repuestos es limitado.	9	9	9	9	36
	x14	Los repuestos para herramientas y máquinas están disponibles en cantidades limitadas.	9	9	9	9	36
Máquinas	x15	El mantenimiento ocurre solo cuando se dañan las herramientas	3	3	3	3	12
	x16	Las herramientas son compartidas para todo tipo de trabajo	3	3	3	9	18
Materiales	x17	La materia prima en inventario tiene un nivel de disponibilidad variable.	9	9	9	9	36
	x18	Retrabajo debido a problemas con la soldadura, lijado y pintura de las estructuras metálicas por parte del contratista.	1	3	3	3	10
	x19	El área de bombeo retrasa la fábrica de Shelter al demorarse en terminar sus trabajos.	9	3	3	3	18
Medio Ambiente (Entorno)	x20	El área de bombeo y Shelter en ocasiones dan prioridad a otros proyectos y no a los que están próximos a ser entregados.	3	3	3	3	12
	x21	La instalación eléctrica está incompleta en varias áreas de la fábrica.	9	9	3	3	24
	x22	Deficiencia de PPE.	3	3	3	3	12
	x23	Necesidad de mantener un orden y limpieza constante durante y después de cada proceso.	1	3	9	3	16

Tabla 6

Tabla de calificación para las posibles causas

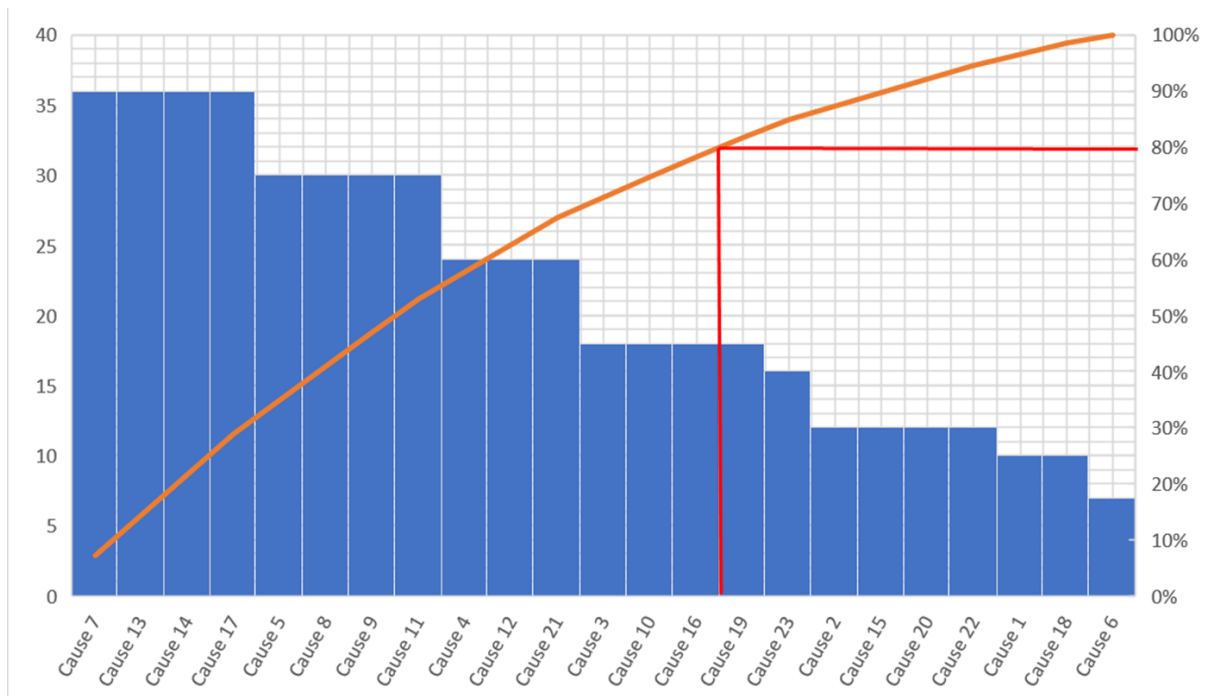
Puntaje	Impacto
0	Bajo
1	Moderado
3	Alto
9	Muy alto

2.3.4 Diagrama de Pareto

Se construyó el Diagrama de Pareto para visualizar las causas más relevantes que afectan el proceso de fabricación. Se identificaron 14 causas potenciales (Figura 15), y el análisis del diagrama reveló que, aplicando la regla 80/20, un pequeño número de causas representa la mayor parte del impacto en el proceso. Este análisis facilitó la identificación de las causas críticas, lo que permitió avanzar hacia el siguiente paso del proceso.

Figura 15

Diagrama de Pareto de causas potenciales

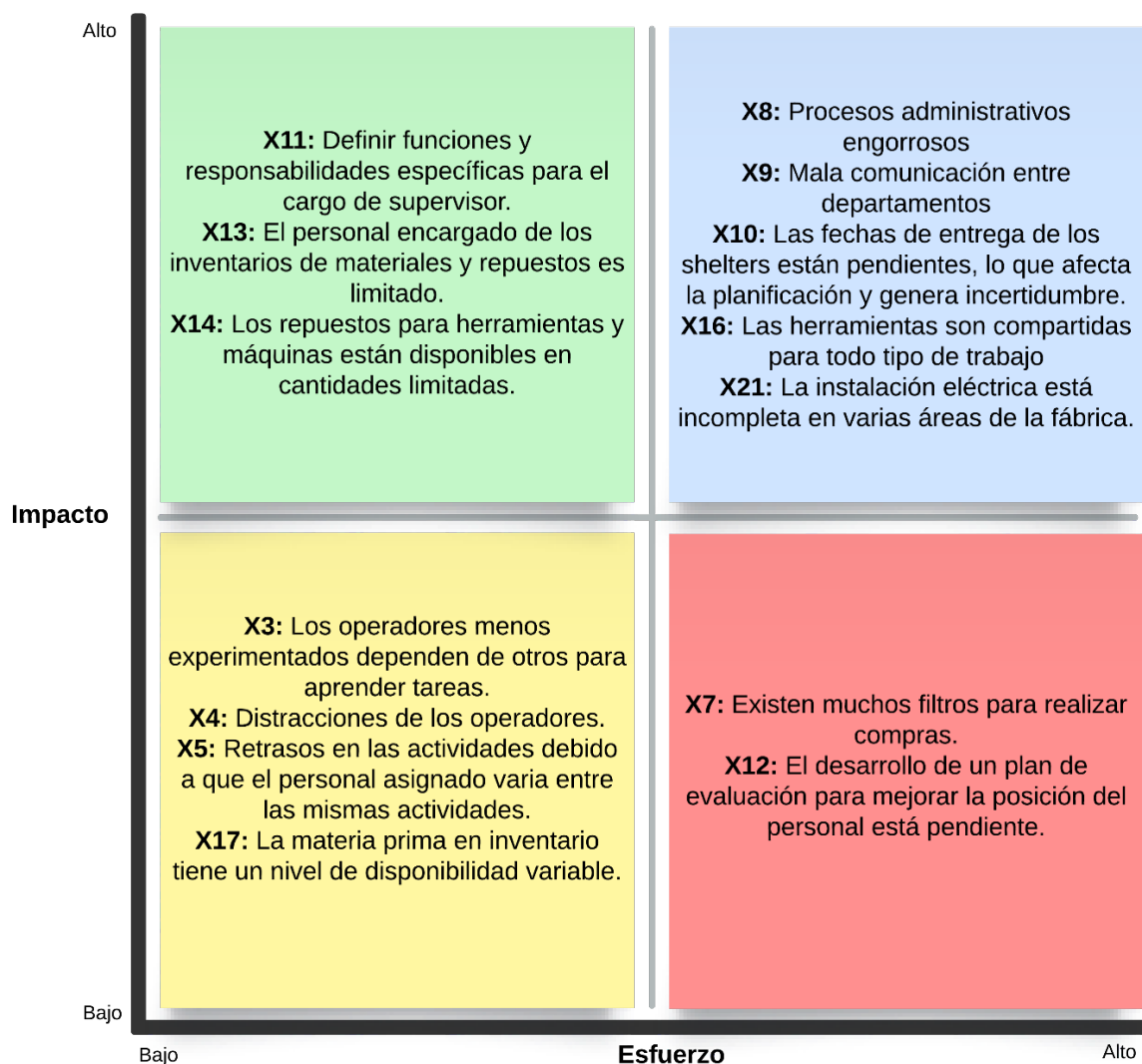


2.3.5 Diagrama Impacto vs. Esfuerzo

Este diagrama permitió clasificar las causas identificadas en el análisis previo. Como se observa en la Figura 16, tres causas potenciales sobresalieron por su alto impacto y bajo esfuerzo requerido. Estas causas fueron priorizadas y se consideraron fundamentales para avanzar hacia el siguiente paso del análisis: el Plan de Verificación de Causas.

Figura 16

Diagrama Impacto-Esfuerzo de las causas potenciales



2.3.6 Plan de verificación de causas

El Plan de Verificación de Causas se diseñó para validar las causas potenciales identificadas en los análisis previos. En la Tabla 7 se incluyeron las causas potenciales junto

con su impacto en la variable de salida Y. El método de comprobación utilizado consistió en la observación directa en el lugar de trabajo (*Gemba*) y entrevistas con los actores involucrados en el proceso, lo que permitió recopilar información precisa sobre cada causa.

Este análisis resultó clave para confirmar las causas más relevantes, lo que permitió luego, explorar posibles soluciones que aborden efectivamente los problemas detectados en el proceso.

Tabla 7*Plan de verificación de causas potenciales*

	Causa potencial	Impacto en la variable Y	¿Cómo se comprueba?	Responsables	Estado
X11	Definir las funciones y responsabilidades específicas del puesto de supervisor.	Si no se definen la función y las actividades del supervisor de fábrica, se pueden confundir sus responsabilidades y retrasar la priorización de sus actividades, lo que puede provocar retrasos en todas las operaciones.	Gemba y entrevistas con las partes interesadas	Líderes de proyecto	Completo
X13	Falta de personal encargado de los inventarios de materiales y piezas de repuesto.	La fábrica gestiona su propio espacio para el inventario de materias primas y no tiene una persona encargada de este inventario, lo que provoca un inventario descontrolado y desabastecimientos recurrentes.	Gemba y entrevistas con las partes interesadas	Líderes de proyecto	Completo
X14	Falta de piezas de repuesto para herramientas/máquinas	No disponer de piezas de repuesto para herramientas o máquinas provoca que las operaciones se detengan y se pospongan hasta obtener las piezas de repuesto necesarias, lo que retrasa la entrega puntual del producto, aumenta las repeticiones de trabajo y genera gastos elevados e innecesarios en compras de emergencia.	Gemba y entrevistas con las partes interesadas	Líderes de proyecto	Completo

A continuación, se mostrará una descripción de los hallazgos de cada una de las causas potenciales de la Tabla 7.

X11: Definir las funciones y responsabilidades específicas del puesto de supervisor.

Se observó que el supervisor de fábrica de *shelters* (Figura 17) se involucra en múltiples actividades a lo largo del proceso de fabricación, lo que genera una sobrecarga de tareas y reduce su capacidad de supervisión eficiente. El supervisor no solo coordina el trabajo en el área, sino que también realiza tareas operativas.

Figura 17

Evidencia de supervisor en otras funciones



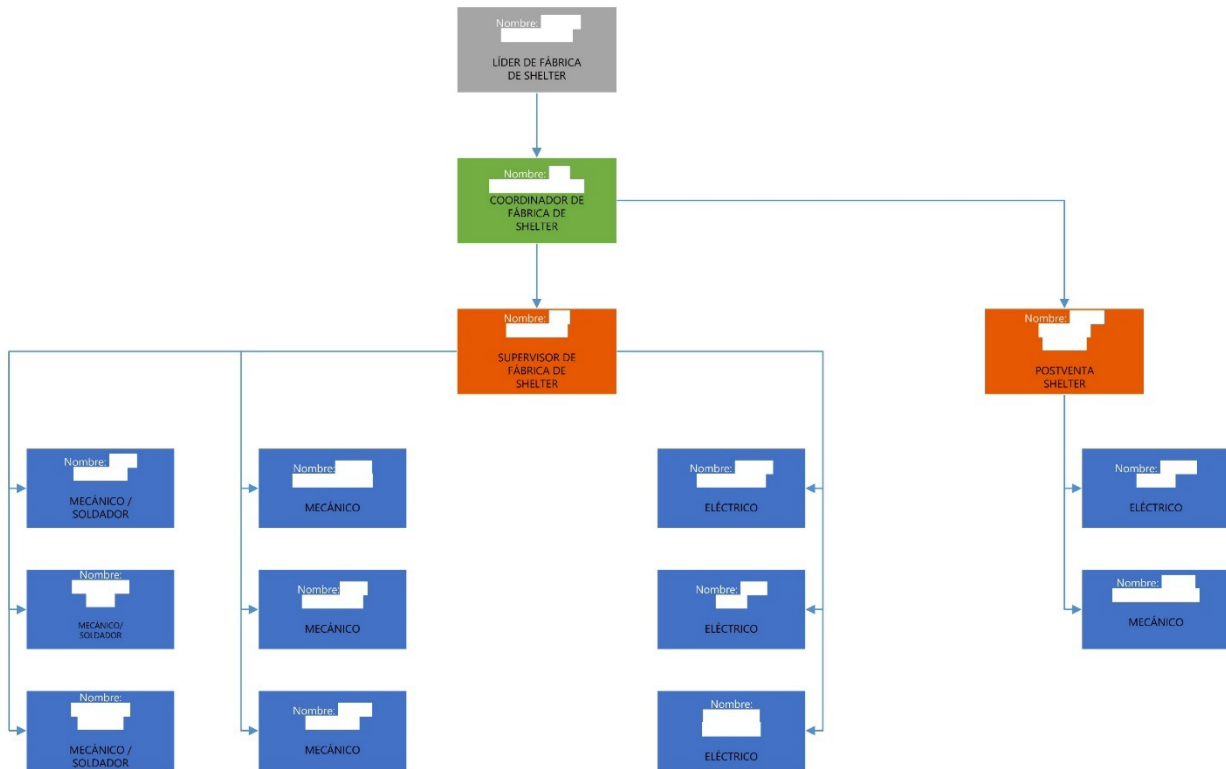
X13: Falta de personal encargado de los inventarios de materiales y piezas de repuesto.

En el perfil de trabajo de cada persona dentro de la jerarquía organizacional (Figura 18), sus funciones no incluyen responsabilidades relacionadas con la gestión de inventarios. Esto ha generado una gestión ineficiente de los recursos, ya que no se realiza un seguimiento

adecuado de los materiales y piezas de repuesto necesarios para la fabricación, lo que provoca retrasos en el proceso productivo.

Figura 18

Organigrama actual (Nov-2024) de Fábrica de Shelter



X14: Falta de piezas de repuesto para herramientas/máquinas

El espacio designado para las piezas de repuesto de herramientas o máquinas no está claramente definido. Esta falta de organización en el almacenamiento (Figura 19 y Figura 20) de las piezas de repuesto genera dificultades para localizar rápidamente los elementos necesarios durante el proceso de producción. La ausencia de un área específica puede causar interrupciones en las operaciones, aumentando los tiempos de inactividad de las máquinas y retrasando la fabricación de los *Shelters*.

Figura 19

Primera evidencia del espacio para almacenamiento de herramientas/consumibles

**Figura 20**

Segunda evidencia del espacio para almacenamiento de herramientas/consumibles



2.3.7 Técnica de los 5 porqués

Tabla 8

Técnica de 5 porqués para causas potenciales

CAUSA POTENCIAL	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?
X11 Definir las funciones y responsabilidades específicas del puesto de supervisor.	Dado que no existe una descripción formal del puesto	Porque no se ha dado prioridad a la estructuración de las funciones dentro de la organización.	Porque no existe un plan estratégico claro que establezca las funciones y responsabilidades de cada puesto.	Porque no se han asignado recursos para aplicar mejoras en la gestión organizativa	
X13 Falta de personal encargado de los inventarios de materiales y piezas de repuesto.	Dado que no existe un puesto específicamente designado para esta función.	Debido a que las responsabilidades de inventario se dividen entre varios trabajadores existentes	Porque la organización no ha priorizado la contratación de personal adicional.	Porque la organización no ha priorizado la contratación de personal adicional.	Porque este requisito no se ha identificado como crítico para la operación.
X14 Falta de piezas de repuesto para herramientas/máquinas	Porque no se reabastecen a tiempo	Porque no existe un control eficaz del inventario de piezas de repuesto.	Porque no existe un sistema para registrar el desgaste y las futuras necesidades de piezas de repuesto.	Porque no existe una planificación preventiva para el mantenimiento de herramientas y máquinas.	

Tabla 9

Tabla resumen de causas potenciales, causa raíz y posibles soluciones

Causas potenciales	Causas raíces	Posibles soluciones
X11 Definir las funciones y responsabilidades específicas del puesto de supervisor.	Porque no se han asignado recursos para aplicar mejoras en la gestión organizativa	Crear un plan estratégico que incluya la definición de funciones y responsabilidades para todos los puestos. Organizar talleres con la dirección para definir las expectativas y las funciones clave. Implantar un manual de funciones y procesos para orientar a los supervisores y otros cargos.
X13 Falta de personal encargado de los inventarios de materiales y piezas de repuesto.	Porque este requisito no se ha identificado como crítico para la operación.	Realizar un análisis de la carga de trabajo y justificar la contratación de un gestor de inventario. Contratar o formar a personal especializado en gestión de materiales. Implantar un sistema digital de gestión de inventarios para optimizar el control.
X14 Falta de piezas de repuesto para herramientas/máquinas.	Porque no existe una planificación preventiva para el mantenimiento de herramientas y máquinas.	Diseñar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo que incluya la gestión de piezas de repuesto. Establecer un sistema de inventario de piezas de repuesto críticas. Formar al personal sobre la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo.

Capítulo 3

3.1 Resultados y análisis

3.2 Mejora

En esta etapa, a partir de las causas raíz identificadas en la fase de análisis, se desarrollaron y priorizaron soluciones efectivas. Se elaboró un plan de recolección de datos, se analizaron las posibles soluciones asociadas a cada causa raíz, y se emplearon herramientas como la matriz causa-efecto y el diagrama impacto vs. esfuerzo para evaluar y jerarquizar las alternativas. También se realizó un análisis económico para evaluar la viabilidad financiera de las propuestas y se estableció un cronograma de implementación detallado.

3.2.1 Posibles soluciones

Al aplicar la técnica de los 5 porqués, se identificaron posibles soluciones para cada causa raíz. Para cada una de ellas, se analizó cuáles serían los pasos necesarios para su implementación y los beneficios esperados, con el fin de abordar directamente los problemas fundamentales. Las soluciones fueron evaluadas y priorizadas según su impacto y viabilidad. Este análisis permitió seleccionar las opciones más efectivas para mejorar el proceso de fabricación

3.2.1.1 Matriz causa efecto

Una vez planteadas las posibles soluciones, se utilizó la matriz causa-efecto para evaluarlas considerando la retroalimentación de los involucrados en el proceso. Cada solución fue evaluada según parámetros como costos, eficacia, facilidad de implementación, impacto a largo plazo, flexibilidad y adaptabilidad. Con base en las puntuaciones obtenidas en cada parámetro, se seleccionaron las soluciones con las puntuaciones más altas como se muestra en la Tabla 10. Estas soluciones priorizadas fueron luego clasificadas en el diagrama de impacto vs. Esfuerzo.

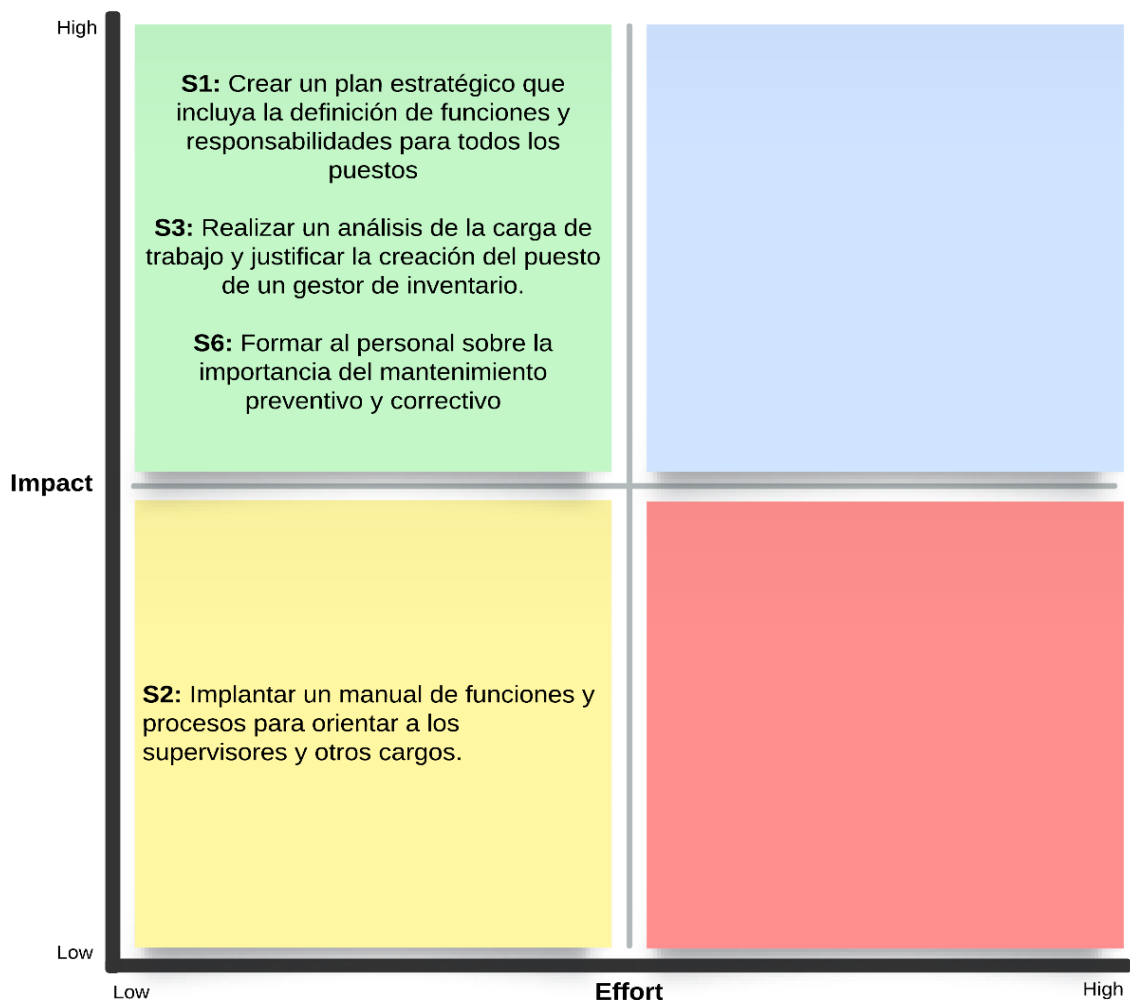
El personal encargado de los inventarios de materiales y piezas de repuesto es limitado	S 3	Realizar un análisis de la carga de trabajo y justificar la creación del puesto de un gestor de inventario	3	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	93
	S 4	Formar a personal especializado en gestión de materiales	4	4	4	4	4	3	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	89
Las piezas de repuesto para herramientas y máquinas están disponibles en cantidades limitadas.	S 5	Diseñar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo que incluya la gestión de piezas de repuesto	3	4	4	4	5	4	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	88
	S 6	Formar al personal sobre la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	95

3.2.1.2 Diagrama Impacto vs. Esfuerzo

Con los resultados obtenidos de la matriz causa-efecto, se clasificaron las soluciones con mayor impacto y menor esfuerzo en el diagrama de impacto vs. esfuerzo, lo que permitió priorizar las opciones más viables para el proyecto. Como se muestra en la Figura 21, las soluciones seleccionadas fueron aquellas que ofrecían los mayores beneficios con un bajo nivel de dificultad para su implementación. A partir de estas, se procedió a realizar el análisis económico para evaluar la viabilidad financiera de cada una.

Figura 21

Diagrama Impacto vs. Esfuerzo de las mejores soluciones



3.2.1.3 Análisis Financiero

Planteadas todas las posibles soluciones, se procedió a realizar un análisis financiero para evaluar el costo de implementar cada una. Este análisis permitió identificar factores clave como el costo estimado, que incluyó inversiones iniciales y costos de seguimiento, dependiendo de la naturaleza de cada solución. Se consideraron también aspectos como el tiempo de desarrollo, el personal involucrado, los recursos necesarios y el alcance. Como se puede observar en la Tabla 11, el análisis proporcionó una visión clara de lo que implicaría implementar cada solución en términos de inversión y recursos requeridos para su desarrollo.

Tabla 11*Resumen de análisis financiero de las soluciones seleccionadas*

Solución elegida	Costo Estimado	Justificación	Tiempo de desarrollo	Alcance	Implementación	Documentos/ Recursos	Involucrados
S1: Crear un plan estratégico que incluya la definición de funciones y responsabilidades para todos los puestos	Inversión Única: \$700 - \$1100	19 personas. Capacitación: \$30 a \$50 Costo de los materiales: \$100 - \$150.	8 horas/semana	Personal de fábrica de Shelter	1. Diagnóstico de roles actuales 2. Creación de un plan estratégico 3. Capacitación	Manuales de roles, guías de responsabilidad, plan estratégico, presentaciones de capacitación	Jefe de fábrica Coordinador de fábrica Supervisor de fábrica TTHH
S3: Realizar un análisis de la carga de trabajo y justificar la creación del puesto de un gestor de inventario.	\$700 - \$1000 mensual	El salario mensual del gestor de inventarios	6 horas/semana	Personal encargado de análisis de carga de trabajo en la bodega.	1. Recolección de datos y entrevistas 2. Análisis de carga de trabajo 3. Justificación del nuevo puesto	Reporte de análisis, descripción de puesto	Jefe de fábrica Coordinador de fábrica Supervisor de fábrica Operador asignado a gestionar inventario TTHH
S6: Formar al personal sobre la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo	Inversión inicial: \$900 - \$1,500 Inversión anual (seguimiento): \$250 - \$400	19 personas. Capacitación: \$30 a \$50 Costo de los materiales: \$100 y \$150. Seguimiento anual: \$250 - \$400	8 horas/semana	Personal de fábrica de Shelter	1. Definición de programas y cronograma 2. Ejecución de sesiones 3. Evaluación de progreso	Manuales de mantenimiento, cronograma de capacitación, reportes de progreso	Personal operativo Jefe de fábrica Coordinador de fábrica Supervisor de fábrica

3.2.1.4 Cronograma de Implementación

Luego de identificar todos los factores y sus costos para la implementación, se elaboró un plan de implementación para cada una de ellas. Este cronograma, como se muestra en la Tabla 12, resalta la importancia de cada solución, detallando cómo se implementará, el lugar, los involucrados, la fecha y su estado. Este cronograma fue crucial para asegurar que todo fluya de manera organizada, garantizando que las soluciones se implementen dentro del tiempo establecido.

Tabla 12*Plan de implementación de las soluciones escogidas*

Causas raíces	Solución	Por qué?	Cómo?	Dónde?	Quienes?	Cuándo?	Estado
Falta de definición clara de roles y responsabilidades	S1: Revisión del plan estratégico de funciones y responsabilidades	Mejorar la coordinación y eficiencia operativa.	Diagnóstico, definición de roles, creación de manuales y capacitación.	Pasillo 8 de la fábrica de Shelter	Jefe de fábrica Coordinador de fábrica Supervisor de fábrica TTHH	18/12/2024- 22/01/2025	Finalizado
Carga de trabajo excesiva en la gestión de inventario	S3: Realizar análisis y justificar el puesto de gestor de inventario	Reducir errores en el control de materiales, mejorar la eficiencia operativa y asegurar que los recursos estén disponibles cuando se necesiten.	Análisis de carga de trabajo, entrevistas, creación del puesto.		Jefe de fábrica Coordinador de fábrica Supervisor de fábrica Operador asignado a gestionar inventario TTHH	16/12/2024- 22/01/2025	
Falta de formación en mantenimiento preventivo y correctivo	S6: Capacitar al personal en mantenimiento preventivo y correctivo	Reducir tiempos y costos de mantenimiento.	Evaluar competencias, definir programas, ejecutar y medir la capacitación.		Personal operativo Jefe de fábrica Coordinador de fábrica Supervisor de fábrica	26/12/2024- 22/01/2025	

3.3 Implementación

Una vez seleccionadas las soluciones más viables, se procedió a la fase de implementación. En este paso, es fundamental detallar cómo se llevará a cabo cada solución, teniendo en cuenta los aspectos clave como los recursos necesarios, las acciones a seguir y el cronograma de ejecución. A continuación, se presentará un análisis detallado de cada una de las soluciones seleccionadas:

3.3.1 *S1: Revisar el plan estratégico que incluya la definición de funciones y responsabilidades para todos los puestos*

Para mejorar la claridad de roles y responsabilidades, se implementó una revisión exhaustiva del plan estratégico. Esta acción fue crucial para organizar de manera eficiente las funciones dentro de la Fábrica de Shelter, mejorando la comunicación y alineando las tareas con los objetivos organizacionales.

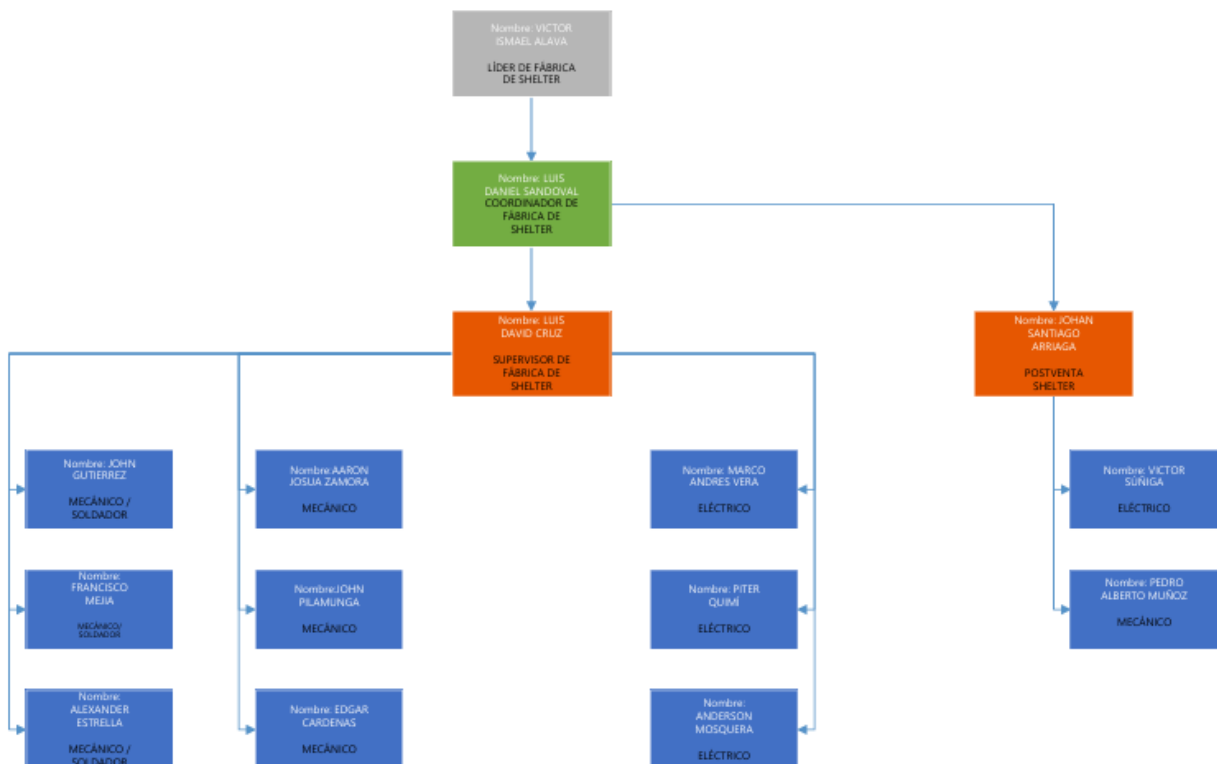
3.3.1.1 Análisis detallado de los organigramas:

El organigrama original de la organización era simple y compacto como se muestra en la Figura 22, con un número reducido de perfiles. Aunque la estructura era directa, la falta de una definición clara de funciones y responsabilidades generaba confusión y retrasos operativos. Se identificaron los siguientes perfiles:

- Líder de Fábrica de Shelter
- Coordinador de Shelter
- Supervisor de Shelter
- Supervisor de Campo
- Perfiles operativos (Shelter): Soldadores (3), Mecánicos (3), Eléctricos (3)
- Perfiles operativos (Postventa): Eléctrico (1), Mecánico (1)

Figura 22

Diagrama organizacional de la empresa anterior a la implementación



Como se muestra en la Figura 23, la falta de claridad en los roles ocasionaba duplicación de tareas, descoordinación entre equipos y una ejecución ineficiente de los procesos. Esto afectaba el rendimiento general de la planta de fabricación.

Figura 23

Evidencia fotográfica de supervisor de fábrica haciendo actividades operativas

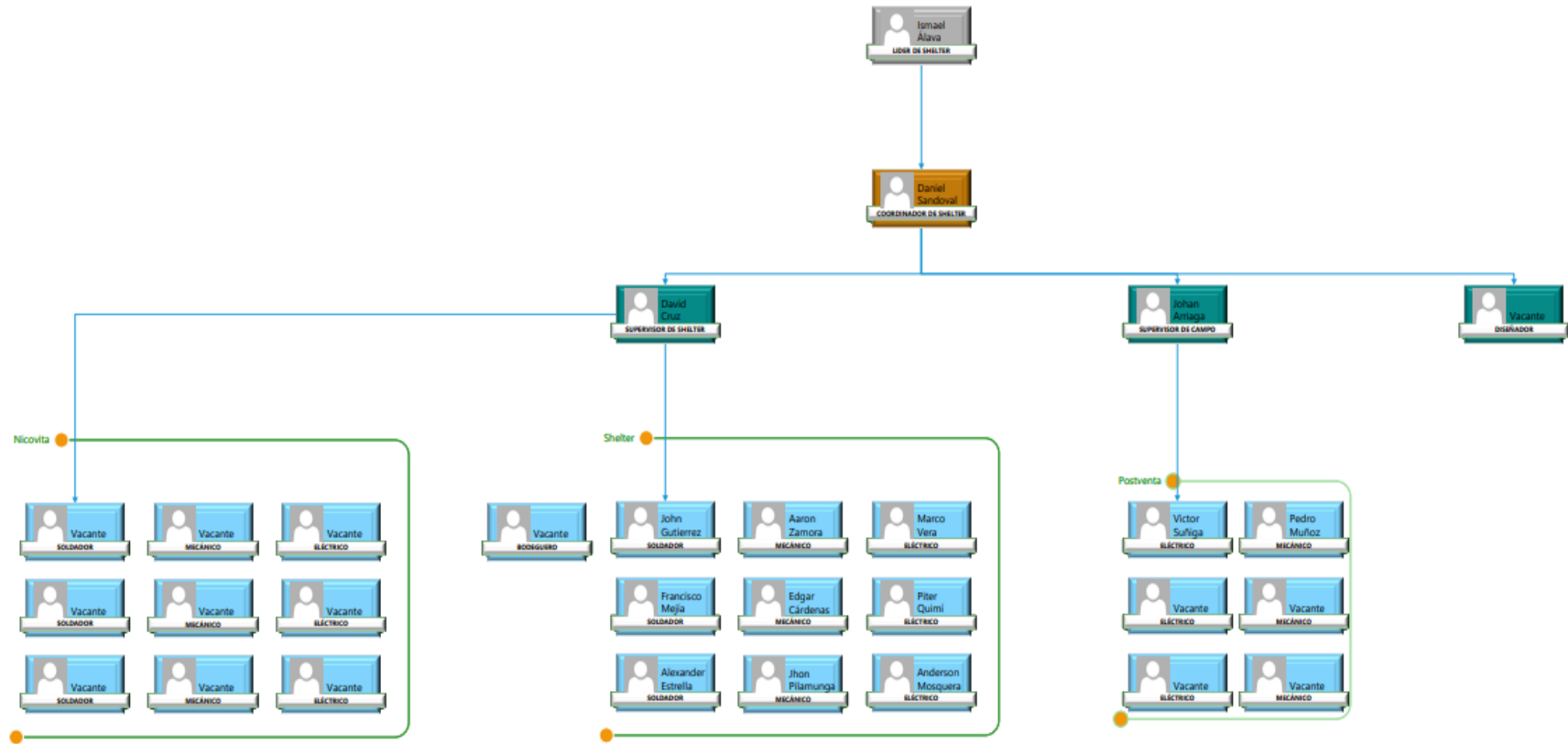


Con el fin de resolver las deficiencias detectadas, se diseñó un nuevo organigrama que redefine de forma clara los roles y responsabilidades. Como se puede observar en la Figura 24, el nuevo organigrama incluyó la incorporación de vacantes y la reestructuración de algunos perfiles, para mejorar la eficiencia operativa, donde:

- Se mantuvieron los 4 perfiles principales: Líder de Fábrica de Shelter, Coordinador de Shelter, Supervisor de Shelter, Supervisor de Campo.
- Se agregó una vacante para un Diseñador.
- Se incluyeron nuevas vacantes en los perfiles operativos:
 - **Fábrica de Shelter:** Gestor de Inventario (1 vacante).
 - **Postventa:** Eléctricos (2 vacantes) y Mecánicos (2 vacantes).
 - **Proyecto Nicovita:** Vacantes para Soldadores, Mecánicos y Eléctricos (3 vacantes por área).

Figura 24

Diagrama organizacional mejorado y aprobado por la empresa



El nuevo organigrama permitió una distribución más eficiente de las responsabilidades, mejorando la comunicación interna y reduciendo los tiempos de espera y errores. A su vez, la asignación más clara de funciones contribuyó a un ambiente de trabajo más organizado y alineado con los objetivos estratégicos de la organización. Este organigrama fue aprobado por el Jefe de Fábrica y presentado a Gerencia y Recursos humanos.

Una vez que el organigrama fue actualizado, se trabajó en conjunto con el Coordinador y el Jefe de Fábrica para revisar los documentos previos que contenían los roles y funciones de los colaboradores. Se procedió a actualizar y redefinir los cargos existentes, así como a agregar los roles correspondientes para los nuevos puestos. Como se puede visualizar en la Figura 25, se detallaron de manera específica las funciones y responsabilidades de cada puesto, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa dentro de la Fábrica de Shelter.

Figura 25

Captura del documento del Diagrama Organizacional mejorado

DEFINICIÓN DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	
1. LÍDER DE FÁBRICA DE SHELTERS PROPÓSITO DEL PUESTO Coordinar y supervisar todas las actividades relacionadas con la producción de estos productos, asegurando un proceso eficiente y cumpliendo con los estándares de calidad establecidos, lo que contribuye al éxito general de la empresa ayudando incluso en el ingreso a reuniones con los diversos departamentos	
ACTIVIDADES A REALIZAR Coordinar y asignar tareas al equipo de producción. Implementar mejoras en el proceso de producción. Colaborar con otros departamentos, como ingeniería y control de calidad, para resolver problemas y mejorar procesos. Garantizar el cumplimiento de los plazos de entrega. Liderar al equipo de producción y de planificación asignando tareas en base a los proyectos a realizar Realizar reuniones con otros departamentos involucrados en la finalización de los diversos proyectos Mantener la calidad de la producción Controlar la Planificación de la producción Mantener el orden de los lugares de trabajo (5S) Elaboración de informes técnicos Mantener indicadores de gestión	
META Buscar la forma más eficiente de reducir los tiempos de producción dentro de fábrica Mejorar la comunicación y la coordinación entre los diferentes equipos y departamentos dentro de la empresa.	
Fomentar el desarrollo profesional y el crecimiento personal del equipo de producción. Fomentar una cultura de seguridad en el lugar de trabajo fomentando el uso correcto de los EPP Promover la diversidad e inclusión en el lugar de trabajo, asegurando que todos los empleados se sientan valorados y respetados. Identificar áreas de oportunidad para reducir costos operativos sin comprometer la calidad del producto final	
CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA PARA EL PUESTO	
CONOCIMIENTOS NECESARIOS	Nivel de dominio
Experiencia en Metalmecánica y eléctrica	Alto
Conocimientos de normas nacionales e internacionales	Alto
Detección de fallas y resolución de problemas	Alto
Realización de informes con índices de producción	Alto
Gestión de personal.	Alto
Implementación de mejoras continuas	Alto
Manejo de paquete de Microsoft Office, Programas de diseño	Alto
2. COORDINADOR DE FÁBRICA DE SHELTERS PROPÓSITO DEL PUESTO Coordinar las actividades diarias de producción para garantizar que los procesos se realicen de manera eficiente, dentro de los plazos establecidos y con los estándares de calidad requeridos.	
ACTIVIDADES A REALIZAR Coordinar las tareas diarias de producción con los equipos de trabajo. Asegurar que los recursos necesarios (materiales, herramientas, personal) estén disponibles para los procesos de producción. Monitorear el progreso de la producción, reportando cualquier desviación o retraso. Gestionar la asignación de tareas y distribución de trabajo entre los operativos. Colaborar para garantizar la alineación en los procesos.	
META Garantizar que la producción cumpla con los plazos establecidos.	

3.3.1.2 Control de Solución S1

Para el control de esta solución, se establecieron KPIs específicos que definen su frecuencia, metas, responsables y herramientas de medición. Esto asegura el seguimiento efectivo de las funciones y roles, permitiendo evaluar el progreso y ajustar las acciones cuando sea necesario.

Eficiencia de reasignación =

$$\frac{\text{Número de responsabilidades reasignadas correctamente}}{\text{Número total de responsabilidades revisadas}} * 100 \quad (2.8)$$

- Frecuencia: Trimestral.
- Meta: >80%
- Responsable: Recursos Humanos.
- Herramientas: Reportes internos de cambios en responsabilidades.

Satisfacción de los empleados =

$$\frac{\text{Suma Puntajes individuales de empleados}}{\text{Número total de empleados encuestados}} * 100 \quad (2.9)$$

- Frecuencia: Semestral
- Meta: >80%
- Responsable: Recursos Humanos.
- Herramientas: Encuestas.

Tasa de rotación =

$$\frac{\text{\# de empleados que dejaron la empresa por redefinición de funciones}}{\text{\# total de empleados con funciones redefinidas}} * 100 \quad (2.10)$$

- Frecuencia: Anual.
- Meta: <5%
- Responsable: Recursos Humanos.
- Herramientas: Sistema de Recursos Humanos

3.3.2 S3: Realizar análisis y justificar el puesto de gestor de inventario

Para esta solución, se procedió a justificar la creación del puesto de Gestor de Inventario a través de un análisis detallado. En primer lugar, se retomó la información preliminar del perfil de dicho puesto, definida en la solución anterior. Se elaboró un documento en el que se analizó y justificó la necesidad de este puesto, evaluando la carga de trabajo actual y los problemas existentes en la gestión de inventarios. Además, se identificaron los beneficios potenciales de contar con este perfil y se realizó un análisis de los costos asociados, así como los equipamientos y herramientas necesarios para el desempeño eficiente de las tareas.

En el documento también se incluyeron comparaciones y alternativas sobre las condiciones de contratación del puesto, considerando opciones como contrato temporal o a tiempo completo, con sus respectivas ventajas y desventajas, para asegurar la mejor decisión. Como se muestra en la Figura 26 y la Figura 27, se detalla toda esta información de forma clara para justificar la implementación del puesto y su impacto en la eficiencia operativa de la Fábrica de Shelter.

Figura 26

Captura de la portada del documento que justifica la Solución S3



Figura 27

Captura de documento que justifica la Solución S3

- **Consistencia:** Los empleados a tiempo completo tienden a ser más consistentes y confiables.
- **Mayor Compromiso:** Mayor lealtad y compromiso con la empresa.
- **Desarrollo de Carrera:** Puedes invertir en el desarrollo y crecimiento del empleado a largo plazo.

Desventajas

- **Mayores Costos:** Incluye salario, beneficios y potenciales costos de capacitación.
- **Menos Flexibilidad:** Difícil ajustar rápidamente a las fluctuaciones en la carga de trabajo.
- **Proceso de Despido:** Puede ser más complicado y costoso rescindir el contrato si la persona no se adapta.

Comparación de Costos Aproximados

Contrato Temporal (6 meses)

- **Tarifa Horaria:** \$20 por hora
- **Horas por Semana:** 40 horas
- **Total Semanal:** \$800
- **Total 6 Meses:** \$800 x 26 semanas ≈ \$20,800
- **Beneficios y Otros:** Poca o ninguna carga adicional.

Item	Costo Aproximado (6 meses)
Tarifa Horaria	\$20,800
Beneficios	N/A
Capacitación	Mínimo
Equipamiento	\$2,000 - \$4,000
Total	\$22,800 - \$24,800

Contrato a Tiempo Completo (1 año)

- **Salario Anual:** \$7,200 - \$18,000
- **Beneficios:** 10-20% del salario (\$1,080 - \$3,840)

- **Capacitación:** \$1,000 - \$3,000
- **Equipamiento:** \$2,000 - \$4,000

Item	Costo Aproximado (1 año)
Salario Anual	\$12,000 - \$18,000
Beneficios	\$1,080 - \$3,840
Capacitación	\$1,000 - \$3,000
Equipamiento	\$2,000 - \$4,000
Total	\$11,280 - \$30,040

Alternativa de automatización

Incremento en la Precisión

- **Menos Errores Humanos:** La automatización reduce los errores humanos en la actualización y seguimiento de los inventarios.
- **Actualización en Tiempo Real:** Los sistemas automatizados pueden ofrecer datos en tiempo real sobre el estado del inventario.

Mejora en la Eficiencia Operativa

- **Procesos Más Rápidos:** Automatizar tareas manuales, como registros y conteos de inventario, permite finalizar estas tareas de manera más rápida.
- **Optimización del Personal:** El personal puede centrarse en tareas de mayor valor, como la planificación y la estrategia, en lugar de operaciones diarias repetitivas.

Reducción de Costos

- **Ahorro en Mano de Obra:** Menos personal necesario para la gestión del inventario.
- **Optimización del Espacio:** Con un seguimiento preciso, puedes mejorar la disposición del almacén y reducir el espacio necesario.

Mejora en la Satisfacción del Cliente

3.3.2.1 Control de Solución S3

Se establecieron KPIs específicos para monitorear el desempeño de este nuevo puesto, asegurando el control y seguimiento continuo de las responsabilidades del Gestor de Inventario.

$$\text{Tasa de Rotación de Inventario} = \frac{\text{Costo de bienes vendidos}}{\text{Promedio del Inventario disponible}} \quad (2.11)$$

- Frecuencia: Trimestral.
- Meta: >80%
- Responsable: Gestor de inventarios y Coordinador de fábrica
- Herramientas: Oodo, reportes de ventas e inventarios.

$$\text{Precisión del Inventario} = \frac{\text{Inventario registrado} - \text{Inventario físico}}{\text{Inventario Registrado}} * 100 \quad (2.12)$$

- Frecuencia: Trimestral.
- Meta: >90%
- Responsable: Gestor de inventarios
- Herramientas: Oodo, validaciones regulares

3.3.3 S6: Capacitar al personal en mantenimiento preventivo y correctivo

Para esta solución, se desarrolló un video de capacitación dirigido al personal operativo de la fábrica, con el objetivo de proporcionarles los conocimientos necesarios sobre mantenimiento preventivo y correctivo. Este video no solo busca enseñarles la importancia de estos procedimientos, sino también asegurar que los trabajadores estén capacitados para mantener un nivel adecuado de funcionamiento de los equipos e instalaciones. (Figura 28)

Además, para evaluar la efectividad de la capacitación y confirmar que los conocimientos fueron comprendidos de manera adecuada, se diseñó una prueba de

conocimientos. Esta prueba permitirá verificar que la información impartida haya sido clara y entendida en su totalidad por el personal (Figura 29).

Por otro lado, se elaboró un formato de bitácora para el registro de mantenimientos preventivos y correctivos, con el fin de llevar un historial detallado de las intervenciones realizadas. Este registro permitirá realizar análisis posteriores y planificar de manera más efectiva los mantenimientos en períodos específicos (Figura 30).

Figura 28

Captura de pantalla del video de capacitación en mantenimiento



Figura 29

Formato de Bitácora de mantenimiento para registros periódicos

BITACORA DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE FÁBRICA				GRE-0002025-XXX-XXX		
Ubicación:		Inicio de mantenimiento:	D	M	A	
Área:	Fábrica de Shelter - Pasillo 8	Fin de mantenimiento:	D	M	A	
Actividad:	Mantenimiento de herramientas/equipos	Máquina/Equipo:				
Técnico encargado:		Marca:				
		Modelo:				
Recomendaciones:						
1. MANTENER LIMPIO EL ESPACIO O ÁREA DE TRABAJO						
2. UTILIZAR LAS HERRAMIENTAS IDONEAS PARA CADA PROCESO						
3. VERIFICAR LOS ACCESORIOS DE LA MÁQUINA O HERRAMIENTA (CORREAS, AGARRES, ETC.)						
4. UTILIZAR EN TODO MOMENTO EL EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL NECESARIO PARA CADA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
5. REALIZAR EL MANTENIMIENTO PROGRAMADO EN LA FECHA Y LUGAR DESIGNADOS						
Mantenimiento						
Tipo de mantenimiento a realizar:	Preventivo	SI / NO	Fecha de último mantenimiento preventivo:	D	M	A
	Correctivo	SI / NO				
Fallas:						
Requerimientos:						
Observaciones:						
ELABORÓ:		REVISÓ:		AUTORIZÓ:		
FIRMA		FIRMA		FIRMA		
Apellidos - Nombres		Apellidos - Nombres		Apellidos - Nombres		

Figura 30

Captura de pantalla del formato de prueba de conocimiento sobre mantenimiento

Prueba de Conocimientos	
Tema: Mantenimiento Preventivo y Correctivo	
Nombre: _____	Fecha: ___/___/___
<p>1. ¿Cuál es el principal objetivo del mantenimiento preventivo?</p> <p>a) Reparar los equipos después de una falla. b) Reducir costos operativos a corto plazo. c) Evitar fallas antes de que ocurran. (Respuesta correcta) d) Sustituir equipos antiguos.</p> <p>2. ¿Qué tipo de mantenimiento es más costoso generalmente?</p> <p>a) Preventivo. b) Correctivo. (Respuesta correcta) c) Ambos tienen el mismo costo. d) Depende del equipo.</p> <p>3. Una ventaja del mantenimiento preventivo es:</p> <p>a) Prolonga la vida útil de los equipos. (Respuesta correcta) b) Es reactivo. c) Requiere menos planificación. d) Solo se realiza cuando ocurre una falla.</p> <p>4. ¿Qué es una acción típica de mantenimiento preventivo?</p> <p>a) Reparación estructural. b) Análisis de vibraciones después de una falla. c) Limpieza y lubricación. (Respuesta correcta) d) Diagnóstico de una avería.</p> <p>5. El mantenimiento correctivo se realiza:</p> <p>a) Antes de que ocurra un problema. b) Para prevenir fallos. c) Para restaurar la operatividad tras una falla. (Respuesta correcta) d) Para actualizar un equipo.</p> <p>6. ¿Cuál de las siguientes NO es una acción de mantenimiento preventivo?</p> <p>a) Inspecciones regulares. b) Ajustes de componentes. c) Reparaciones estructurales. (Respuesta correcta) d) Reemplazo de piezas desgastadas.</p>	
<p>7. Un ejemplo de mantenimiento correctivo es:</p> <p>a) Inspección periódica. b) Diagnóstico de fallos después de una avería. (Respuesta correcta) c) Limpieza y lubricación. d) Programación de tareas.</p> <p>8. Una diferencia clave entre el mantenimiento preventivo y el correctivo es:</p> <p>a) El correctivo es más planificado. b) El preventivo es menos costoso. (Respuesta correcta) c) El correctivo no requiere personal especializado. d) Ambos tienen los mismos objetivos.</p> <p>9. ¿Qué tipo de registro es esencial para un buen programa de mantenimiento?</p> <p>a) Informes financieros. b) Historial de trabajos realizados. (Respuesta correcta) c) Inventarios de piezas de repuesto. d) Hojas de asistencia del personal.</p> <p>10. ¿Cuál es un beneficio clave de la planificación del mantenimiento?</p> <p>a) Incremento de paradas no planificadas. b) Mejor control de costos. (Respuesta correcta) c) Reducir la documentación. d) Evitar inspecciones periódicas.</p>	
Resultado:	
Firma	Firma
Capacitado:	Revisado por:
Apellidos y Nombres	Apellidos y Nombres

3.3.3.1 Control de la Solución S6

Se establecieron KPIs para medir la efectividad de la solución, en los cuales se detalla la frecuencia de evaluación y las metas a alcanzar. Estos indicadores servirán para asegurar que los procedimientos implementados contribuyan a la mejora continua.

$$\text{Nivel de aprendizaje (\%)} = \frac{\text{Número de participantes aprobados}}{\text{Total de participantes evaluados}} * 100 \quad (2.13)$$

- **Frecuencia:** Después de cada capacitación mediante evaluaciones.
- **Meta:** > 85% de los participantes.

$$\text{Cumplimiento (\%)} = \frac{\text{Número de actividades realizadas}}{\text{Número de actividades programadas}} * 100 \quad (2.14)$$

- **Frecuencia:** Trimestral

- **Meta:** >95%.

$$\text{Reducción de incidencias (\%)} = \frac{\text{Fallas registradas antes} - \text{Fallas registradas después}}{\text{Fallas registradas antes}} * 100 \quad (2.15)$$

- **Frecuencia:** Semestral para observar tendencias.
- **Meta:** <20%.

La fabricación de *shelters* presentó algunos inconvenientes, ya que, al operar bajo pedido, la empresa no podía iniciar la producción sin la aprobación del cliente.

Tras concluir el levantamiento de información tanto en el área administrativa como en la operativa, donde los tiempos se midieron desde cero debido a la falta de datos reales (solo contaban con estimaciones), se obtuvieron cifras precisas sobre la producción de *shelters*. Con esta información, fue posible construir el VSM, como se observa en la Figura 31, obteniendo un lead time de 745.33 horas.

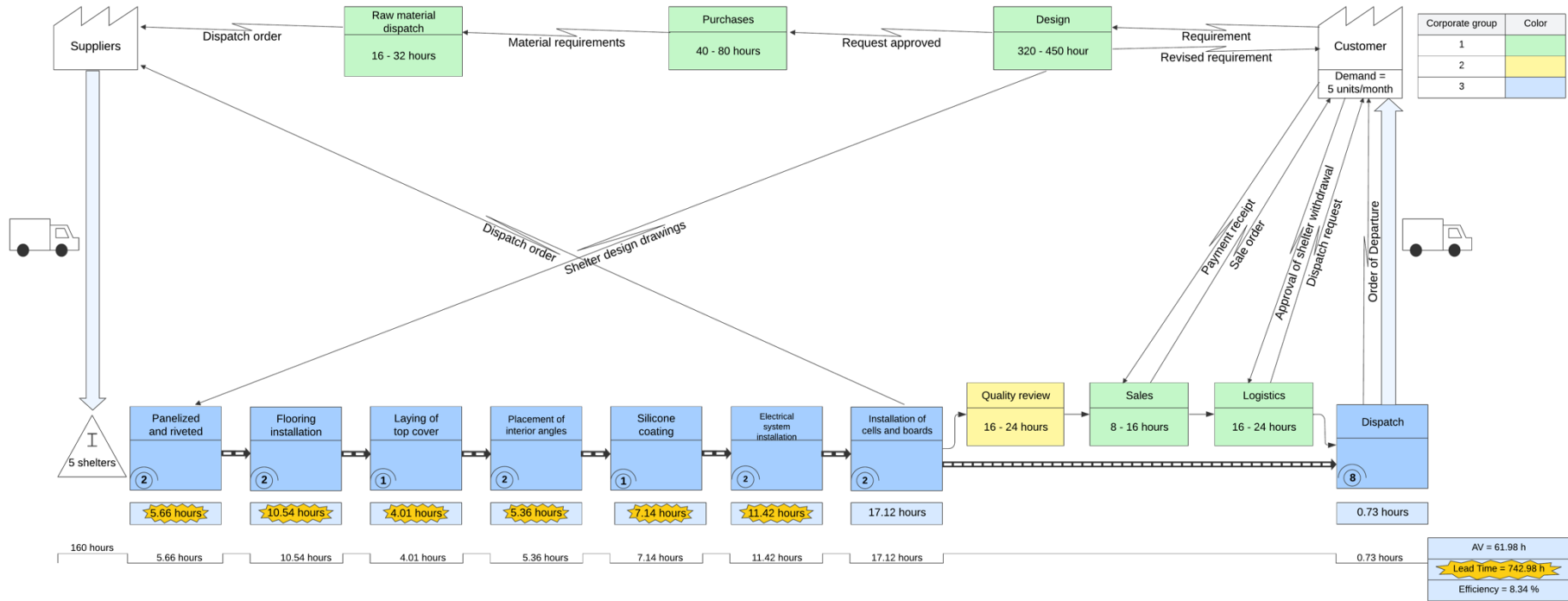
Con la implementación de las soluciones, como revisar el plan estratégico que incluya la definición de funciones y responsabilidades para todos los puestos y realizar análisis y justificar el puesto de gestor de inventario, se observaron mejoras en los tiempos de ciclo de los procesos operativos, particularmente en los de panelizado y remachado, colocación de piso y colocación de cubierta superior. En el VSM mejorado (Figura 31), estas mejoras quedaron marcadas en amarillo, evidenciando la disminución en los tiempos de ciclo de dichos procesos y, como resultado, una reducción en el *lead time*. Mayor información sobre el cálculo de las mejoras se puede encontrar en la sección de apéndices.

Sin embargo, en otros procesos operativos, como la colocación de ángulos interiores, siliconado e instalación del sistema eléctrico, no se observaron cambios significativos debido a que se requiere un tiempo superior al periodo de ejecución del presente proyecto para realizar un seguimiento completo del proceso en su conjunto. Se estimó que estos procesos podrían beneficiarse a corto o mediano plazo.

En cuanto a la tercera solución, capacitar al personal en mantenimiento preventivo y correctivo, se implementó parcialmente debido a ajustes organizacionales. Parte del personal no estaba disponible en la fábrica, ya que realizaba trabajos de instalación de *shelters* en campo, reparaciones u otras actividades adicionales, lo que reflejaba la falta de personal. Para mitigar este problema, se optó por realizar un video de capacitación sobre el mantenimiento preventivo y correctivo. Se espera que, una vez implementada esta solución, los tiempos de ciclo de los procesos operativos se redujeran aún más, contribuyendo a una disminución adicional del *lead time*.

Figura 31

Mapa de flujo de valor mejorado



3.3.4 Justificación económica

- La eficiencia de la producción incrementó un 20%, ya que la empresa fabrica un promedio de cinco *shelters* al mes, pero en esta ocasión se fabricaron seis *shelters*.
- El *fill rate* de pedidos cumplidos sin retrasos fue del 66%, lo que muestra una mejora. Esto se debe a que, de los seis *shelters* programados para entrega, se lograron entregar cuatro a tiempo, lo que implicó un incremento de un *shelter* adicional en comparación con los meses previos.
- A pesar del aumento en la producción, el inventario promedio semanal se mantuvo constante.

3.3.5 Justificación ambiental

- Se espera una reducción del 5% en el consumo eléctrico para el próximo mes, como parte de las medidas de sostenibilidad. En la sección de apéndice se proporciona mayor detalle sobre esta estimación.

3.3.6 Justificación social

- El porcentaje de operadores capacitados está parcialmente implementado.
- En cuanto a la documentación de procesos, la empresa no contaba con registros previos. Sin embargo, a lo largo del proyecto se lograron documentar 8 de los 14 procesos, alcanzando un 57% de avance.

3.3.7 Comparación: Antes vs. Después de implementaciones

La Tabla 13 muestra la comparación del proceso antes y después de la intervención realizada a partir de la ejecución del presente proyecto. Las primeras dos soluciones contribuyen al mejoramiento de los tiempos. El plan de control se elaboró en base a las soluciones implementadas y se detalla en la Tabla 13. Esto garantiza que las soluciones sean

monitoreadas de manera periódica, asegurando que se cumplan los objetivos establecidos conforme a los tiempos definidos por la empresa.

Tabla 13

Comparación antes vs. después de implementaciones

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	ANTES (HORAS)	DESPUÉS (HORAS)	MEJORA (%)
Y1	Tiempo de Panelizado y remachado	5,96	5,66	5,03%
Y2	Tiempo de Instalación de piso de fibrocemento y vinil	11,1	10,54	5,05%
Y3	Tiempo de Colocación de cubierta superior	4,22	4,01	4,98%
Y4	Tiempo de Colocación de ángulos interiores	5,65	5,36	5,13%
Y5	Tiempo de Siliconado de Shelter	7,52	7,14	5,05%
Y6	Tiempo de Instalación de sistema eléctrico	12,03	11,42	5,07%
Y7	Tiempo de espera por materiales necesarios para la fabricación	24	24	0
Y8	Tiempo de espera entre procesos	477,76	477,76	0
Y9	Tiempos de control de calidad	20	20	0
Y10	Tiempo de espera por terceros	160	160	0
Lead Time		745,33	742,98	0,32

3.3.8 Plan de control

El plan de control se elaboró en base a las soluciones implementadas y se detalla en la Tabla 13. Esto garantiza que las soluciones sean monitoreadas de manera periódica, asegurando que se cumplan los objetivos establecidos conforme a los tiempos definidos por la empresa.

Tabla 14*Plan de control de soluciones*

Mejoras	Tareas	Responsables de tarea	Responsable de seguimiento	Periodo	Recursos	Indicador	Meta
S1	<ul style="list-style-type: none"> Realizar reuniones con líderes de departamento para identificar funciones actuales. Documentar funciones y responsabilidades específicas para cada puesto. 	Asistente de Recursos Humanos Coordinador de Fábrica de Shelter	Dpto. de Recursos Humanos	Trimestral	Reportes internos de cambios en responsabilidades	Eficiencia de reasignación	>80%
				Semestral	Encuestas	Satisfacción de los empleados	>80%
				Anual	Sistema de Recursos Humanos	Tasa de rotación	<5%
S2	<ul style="list-style-type: none"> Analizar las razones principales de rotación mediante entrevistas de salida. Supervisar periódicamente el clima laboral para detectar problemas tempranos. 	Coordinador de Fábrica de Shelter	Dpto. de Recursos Humanos	Trimestral	Oodo, reportes de ventas e inventarios.	Tasa de rotación de inventario	>80%

	puesto de gestor de inventario	<ul style="list-style-type: none"> • Crear reportes trimestrales de productos con baja rotación. 	Controlador de Inventario					
		<ul style="list-style-type: none"> • Realizar auditorías de inventarios regulares con el equipo responsable. • Establecer reportes visuales para revisar discrepancias rápidamente. 			Trimestral	Oodo, validaciones regulares	Precisión de inventario	>90%
		<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar evaluaciones después de cada módulo para medir aprendizaje. • Realizar simulacros en escenarios reales de mantenimiento. 			Después de cada capacitación	Pruebas de conocimiento	Nivel de aprendizaje	>85%
S3	Capacitar al personal en mantenimiento preventivo y correctivo	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorear asistencia a las capacitaciones mediante fichas de asistencia. • Revisar registros de cumplimiento en reuniones trimestrales. 	Coordinador de Fábrica de Shelter	Dpto. de Seguridad y Salud Ocupacional	Trimestral	Ficha de Asistencia	Cumplimiento	>95%
		<ul style="list-style-type: none"> • Registrar y analizar incidentes técnicos previos para identificar causas comunes. • Implementar mantenimiento preventivo según cronogramas establecidos. 			Semestral	Bitácora de Mantenimiento	Reducción de incidencias	<20%

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Gracias a la revisión del plan estratégico y a la justificación del puesto de gestor de inventario, se logró una mejora en los tiempos de ciclo de los tres primeros procesos operativos. La mejora fue de un 5.034% en panelizado y remachado, 5.045% en la colocación de piso, y 4.976% en la colocación de la cubierta superior. Estas mejoras indican que las soluciones implementadas tuvieron un impacto positivo en la eficiencia operativa de los procesos.
- El análisis de los datos mediante el VSM mostró que, antes de implementar las soluciones, el *lead time* promedio era de 745.33 horas. Después de aplicar las mejoras, este tiempo se redujo a 742.98 horas. A pesar de que la reducción es leve, refleja un impacto positivo en la mejora del tiempo de producción.
- Al mejorarse tres procesos operativos, se tienen otras partes del macroproceso, como la colocación de ángulos interiores, siliconado e instalación del sistema eléctrico, que no se evidenciaron mejoras; esto debido a ajustes organizacionales en la empresa y la necesidad de un periodo de tiempo superior al de ejecución del presente proyecto para continuar el seguimiento adecuado en estas etapas. Se estima estas actividades mejorarán a corto o mediano plazo.
- La capacitación en mantenimiento preventivo y correctivo se encuentra parcialmente implementada, debido a la ausencia parcial de personal a capacitar se ha limitado la implementación completa del plan. A pesar de esto, se ha optado por capacitar al personal a través de un video, lo cual ha permitido que algunos operarios continúen su formación.

- Se logró un avance en la documentación de procesos, alcanzando el 57% de los procesos documentados, lo cual es un paso significativo en la estandarización de las operaciones. Sin embargo, es necesario continuar con la documentación de los procesos restantes para asegurar la trazabilidad y la mejora continua.

4.1.2 Recomendaciones

Tras culminar lo planificado en la propuesta, se obtienen las siguientes recomendaciones primordiales:

- Se recomienda realizar un mejor seguimiento y registro constante de la fabricación, así como de los tiempos administrativos, para poder determinar y obtener análisis más precisos, lo que permitirá tomar decisiones basadas en datos más exactos.
- Es necesario realizar un análisis más profundo de los procesos que no mostraron mejoras inmediatas, para poder identificar las áreas que requieren intervención para su respectiva mejora.
- Se debe fortalecer la capacitación en mantenimiento preventivo y correctivo, asegurándose de que todos los operarios reciban la formación necesaria, y que el personal esté lo suficientemente capacitado para evitar interrupciones en las operaciones.
- Se recomienda continuar con la documentación de los procesos restantes para asegurar una completa estandarización y trazabilidad de la producción, ya que también contribuirá a una mejor calidad operativa y mayor eficiencia a largo plazo.

Referencias

Abdelnour, B., Dent, A., Fenn, J., Gray, C., Smith, N., & Schlegel, J. (2023). Lean Six

Sigma: AN/ANS-146 Electronic Shelter Vans, Tobyhanna. *New York*.

https://www.ieworldconference.org/content/WP2023/Papers/GDRKMCC23_22.pdf

Solis, C., & Anali, K. (2017). *Aplicación de la Metodología DMAIC de Six Sigma para la mejora de productividad en el proceso de fabricación de estructuras metálicas de la empresa Heap Leaching Consulting S.A.C.*

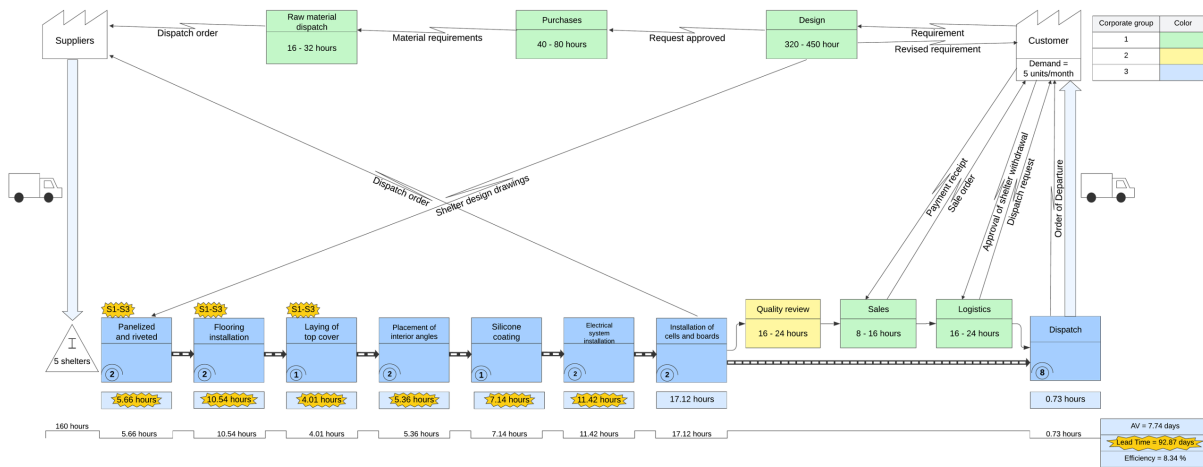
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/17447/Cano_SA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Apéndice

Cálculo de mejoras en el VSM del proceso

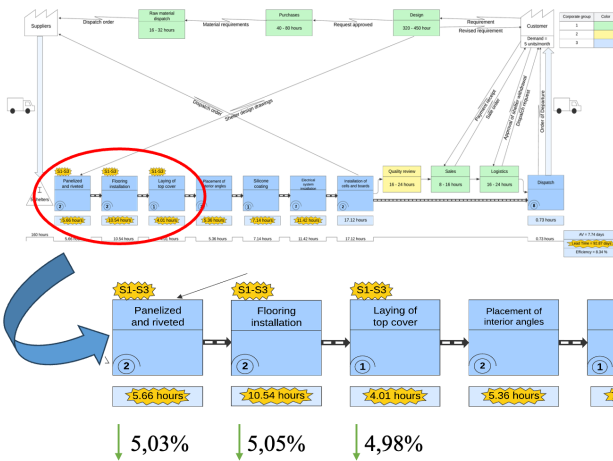
- Time was measured for 3 activities:
 - Panelizing and riveting time 5.66 hours
 - Installation time of fiber cement and vinyl flooring 10.54 hours
 - Top deck installation time 4.01 hours
- Average improvement of the first 3 processes: 5.01%.
- This average was used to estimate the following 3 processes that will be affected by the improvements.
- Time of activities that add value:
 - AV= Paneling and riveting + Laying of floor + Laying of top cover + Laying of interior angles + Siliconing + Installation of electrical system + Installation of cells and boards + PT dispatching.
 - AV = 5.66 + 10.54 + 4.01 + 5.36 + 7.14 + 11.42 + 17.12 + 0.73
 - AV = 61.98 hours
- Time that does not add value:
 - NAV= Inventory Time
 - NAV=160 hours
- Lead time = Processing time + Waiting time
- Lead time = 61.98 + 521 + 160
- Lead time = 742.98 hours = **92,87 days**
- They had an improvement of
 - Panelized and riveted: 5.03%.
 - Floor installation: 5.04%.
 - Laying of top cover: 4.97%.
- Time of activities that add value but are necessary:
 - NAVN= Design + Purchasing + Raw Material Dispatch + Quality + Sales + Logistics.
 - NAVN = 385 + 60 + 24 + 20 + 12 + 20
 - NAVN = 521 hours
- Efficiency % = AV time / Lead time
- Efficiency % = (61.98 / 742.98)*100%
- Efficiency % = 8.34%

VALUE STREAM MAP (IMPROVED VSM)



Relacionamiento de soluciones con mejoras percibidas en el proceso

REDEFINED SCOPE



SOLUTIONS

- S1: Review the strategic plan including the definition of roles and responsibilities for all positions.
- S3: Conduct a workload analysis and justify the creation of an inventory manager position.
- S6: Train personnel on the importance of preventive and corrective maintenance

DISCOVERIES:

- The scope of the project ranged from paneling to the installation of the electrical system.
- The activities enclosed in the red circle arose after the implementation of S1 and S3. For the remaining three processes (from the placement of interior angles to the installation of the electrical system), an estimate was made based on the percentage of progress of the measured processes.
- Due to these findings, the scope was redefined, as the process turned out to be broader than anticipated.
- Although the lead time in hours shows a reduction of 0.32%, which is low, in the first three processes evaluated, each showed a reduction of close to 5% (5.03%, 5.05% and 4.98%, respectively) with the implementations carried out, which indicates an improvement. In addition, the last solution (S6) was partially implemented, so a greater reduction is expected in the short to medium term once all solutions are fully implemented.

BEFORE VS. AFTER

Variables	Before (hours)	After (hours)	Improved (%)
Y1 Panelizing and riveting time	5,96	5,66	5,03%
Y2 Installation time of fiber cement and vinyl flooring	11,1	10,54	5,05%
Y3 Top deck installation time	4,22	4,01	4,98%
Y4 Interior angles installation time	5,65	5,36	5,13%
Y5 Shelter silicone time	7,52	7,14	5,05%
Y6 Electrical system installation time	12,03	11,42	5,07%
Y7 Waiting time for materials needed for manufacturing	24	24	0
Y8 Waiting time between processes	477,76	477,76	0
Y9 Quality control times	20	20	0
Y10 Waiting time for third parties	160	160	0
Lead time	745,33	742,98	0,32%

With the implementation of the first two solutions, a reduction in the time of these processes of approximately 5% was verified.

Estimates were made based on the percentages of the first three activities

→ Improvement of 0.3 days or 0.32%.