

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

Rediseño del procesamiento de materia prima en una empresa metalmecánica

INGE-2478

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

Dalia Teresa Pauta Loor

Elvin Ramón Pincay Jiménez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## Dedicatoria

---

Este trabajo lo dedico a Dios, quién nunca me abandonó y me fortaleció en los momentos difíciles. Sin él no soy nada.

Y a la memoria de mi madre, quién siempre confió en que lo lograría. Y a quién extraño todos los días.

Dalia Pauta Loor

## Dedicatoria

---

El presente proyecto lo dedico a Dios, quien me ha guiado y dado fortaleza en cada paso de este proyecto.

A mi compañera de vida, Dalia, por su paciencia y motivación en los momentos más desafiantes de este proyecto.

Y a mi querida familia: mi madre Yenis, mi padre Edie y mi hermana Rosa por su inmenso amor y apoyo incondicional.

Ustedes han sido los pilares claves para alcanzar este logro. Este éxito también es suyo.

Elvin Pincay

## Agradecimientos

---

Agradezco a Dios por tocar los corazones de quienes me rodean.

Él me bendijo con maravillosas amigas que están pendientes de cada uno de mis pasos.

Con tíos y primos que me inspiran y animan a seguir adelante.

Con un sobrino y hermanos con los que puedo contar. Y un padre que siempre ora por mi bienestar.

Ellos son testimonio de su amor.

Dalia Pauta Loor

## Agradecimientos

---

Mi más sincero agradecimiento a nuestra tutora, María Isabel por su invaluable orientación y apoyo durante todo este proyecto.

A mi amigo Víctor, por su constante aliento, compañerismo, y su gran ayuda en las actividades laborales mientras desarrollaba este proyecto.

A mis jefes por darme la oportunidad, confianza y la flexibilidad para realizar este proyecto.

Y a las profesoras de la Facultad por compartir su conocimiento y orientarnos en nuestra vida profesional.

Les dedico este esfuerzo con profunda gratitud.

Elvin Pincay

## Declaración Expresa

---

Nosotros Dalia Teresa Pauta Loor y Elvin Ramón Pincay Jiménez 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.

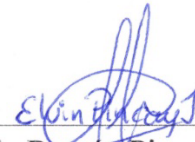
La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada 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 a los autores 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, 16 de mayo del 2024.



Dalia Teresa Pauta Loor



Elvin Ramón Pincay Jiménez

## **Evaluadores**

---

**María Laura Retamales García, MSc.**

Profesor de Materia

---

**María Isabel Alcívar García, MSc.**

Tutor de proyecto

## Resumen

Este proyecto busca rediseñar procesos para las operaciones de una empresa metalmeccánica, con el objetivo de agilizar la anidación de piezas diseñadas, establecer controles para sobrantes, piezas conformes y no-conformes y generar el cálculo de horas hombre de manera automatizada. Se utilizaron herramientas *Lean Six Sigma*, para la priorización de necesidades, análisis de la situación actual, diseño de soluciones, implementación y verificación. Para el análisis de los procesos se utilizó SIPOC, OTIDA, GEMBA, diagrama de flujo de procesos y espagueti. Se disminuyó el tiempo de anidación en un 35% y la variabilidad en un 4%. Se logró un ahorro en materia prima de \$1500 trimestral. Se implementó formatos y puntos de control para el área de corte y doblado. Se desarrolló una bodega virtual para un mejor manejo de sobrantes. En el análisis para la reubicación de estaciones de trabajos se comprobó que se podía reducir el desplazamiento en un 69% y el tiempo de transportación en un 48%. Con esto se logra establecer controles para el proceso que permitirán ahorros económicos, de tiempo y generará información para la toma de decisiones y la mejora continua.

**Palabras Clave:** Lean Six Sigma, anidación de piezas, diagrama espagueti, macros, tablas dinámicas.



## Abstract

*This project seeks to redesign process of the metalworking company's operation. The objective is to expedite the nesting design pieces, establish control for surpluses, conforming and non-conforming pieces and automate the quantification man-hours. Lean Six Sigma tools were used to prioritize needs, analyze the current situation, solutions design, implementation and verification. To analyze processes, we used SIPOC, OTIDA, GEMBA, flow process and spaghetti diagram. The nesting time decreased by 35% and the variability by 4%. The design managed to save \$1500 quarterly on raw materials. Templates and checkpoints were implemented in cutting and bending areas. A virtual warehouse was designed and implemented to improve the management of surpluses. In the analysis of workstations relocation was proved that transportation distance would be reduced by 69% and transportation time by 48%. Consequently, the design allows us to establish control for the process which will achieve economic, time saved and generate information to make decisions and continuous improvements.*

*Keywords: Lean Six Sigma, nesting pieces, spaghetti diagram, macros, pivot tables.*

## Índice general

Resumen .....	I
Abstract .....	II
Índice general .....	III
Abreviaturas .....	VII
Simbología .....	VIII
Índice de figuras .....	IX
Índice de tablas.....	XI
Índice de planos.....	XIII
Capítulo 1 .....	1
1    Introducción .....	2
1.1    Descripción del problema.....	3
1.2    Justificación del problema.....	4
1.3    Objetivos .....	5
1.3.1    Objetivo general .....	5
1.3.2    Objetivos específicos.....	5
1.4    Marco Teórico .....	6
1.4.1    Metodología Lean Six Sigma.....	6
1.4.2    Aplicaciones Lean Six Sigma en empresas metalmecánicas .....	7
1.4.3    Aplicaciones para la optimización de procesos en empresas metalmecánicas.....	7
Capítulo 2 .....	8
2    Metodología. ....	9
2.1    Etapa de Definición.....	9

2.1.1	Alcance del proyecto .....	9
2.1.2	Segmentación del cliente.....	10
2.1.3	Voz del cliente (VOC).....	10
2.1.4	Punto de vista (POV).....	11
2.1.5	Despliegue de las especificaciones técnicas de la calidad (QFD).....	13
2.1.6	Restricciones de diseño .....	14
2.1.7	Declaración de la oportunidad.....	14
2.1.8	Triple línea base (TBL) .....	15
2.2	Etapa de Medición.....	16
2.2.1	Plan de recolección de datos .....	16
2.2.2	Confiabilidad de los datos .....	17
2.3	Etapa de Análisis y Diseño.....	22
2.3.1	Análisis de la situación actual de los procesos estudiados.....	22
2.3.2	Propuestas de diseño para la creación de procedimientos.....	23
2.3.3	Cuadro de pros y contras de cada modelo para el rediseño de procesos..	26
2.3.4	Matriz de decisión de propuestas para la creación de procedimientos ....	27
2.3.5	Análisis de situación actual para ubicación de piezas diseñadas en planchas.	27
2.3.6	Propuestas de herramientas para la distribución de piezas diseñadas .....	28
2.3.7	Cuadro pros y contras: herramientas para ubicación de piezas en las planchas	29
2.3.8	Matriz de decisión para ubicación de piezas en las planchas.....	30

2.3.9	Análisis de la situación actual para el cálculo de horas hombre .....	30
2.3.10	Propuestas de método para la estimación horas-hombres .....	30
2.3.11	Análisis financiero.....	31
2.3.12	Análisis de los recursos y herramientas para el diseño propuesto. ....	33
2.3.13	Diagrama OTIDA del diseño propuesto.....	41
2.4	Etapas de verificación.....	43
2.4.1	Plan de prototipado.....	43
Capítulo 3	.....	46
3	Resultados y análisis .....	47
3.1	Herramientas y recursos implementados en la compañía metalmecánica .....	47
3.1.1	Software libre para la distribución de piezas diseñadas .....	47
3.1.2	Procedimiento para la máquina láser de corte.....	54
3.1.3	Puntos de Control .....	55
3.1.4	Estanterías para planchas y sobrantes .....	57
3.1.5	Relocalización de estaciones de trabajo .....	59
3.1.6	Estantería virtual para sobrantes .....	63
3.1.7	Cuantificación de las horas-hombre .....	65
3.2	Medición de las métricas del TBL .....	65
3.2.1	Métrica financiera .....	65
3.2.2	Métrica ambiental.....	66
3.2.3	Métrica social .....	67
Capítulo 4	.....	69

4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	70
4.1.1	Conclusiones .....	70
4.1.2	Recomendaciones.....	71
	Referencias .....	72
	Apéndices .....	73

**Abreviaturas**

CAD	<i>Computer Aided Design</i>
MPCEIP	Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversión y Pesca
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
POV	<i>Point of View</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
VAN	Valor Actual Neto
VOC	<i>Voice of Customer</i>

**Simbología**

h	horas
Kg	Kilogramo
min	minutos
Mm	Milímetro
s	segundos

## Índice de figuras

Figura 2.1 <i>Diagrama SIPOC</i> .....	9
Figura 2.2 <i>Segmentación del cliente</i> .....	10
Figura 2.3 <i>Voz del cliente</i> .....	11
Figura 2.4 <i>Análisis de punto de vista</i> .....	12
Figura 2.5 <i>Análisis QFD de la empresa metalmecánica</i> .....	13
Figura 2.6 <i>Uso de 5W+1H para identificar la declaración de la oportunidad</i> .....	14
Figura 2.7 <i>Triple línea base</i> .....	15
Figura 2.8 <i>Propuesta de tabla de recolección de datos</i> .....	16
Figura 2.9 <i>Características del dispositivo con cronómetro usado</i> .....	17
Figura 2.10 <i>Características de la aplicación de cronómetro usado</i> .....	18
Figura 2.11 <i>Características del Software de la máquina láser</i> .....	18
Figura 2.12 <i>Escala SUS</i> .....	22
Figura 2.13 <i>Diagrama OTIDA de la empresa metalmecánica</i> .....	22
Figura 2.14 <i>Diagrama de flujo de trabajo</i> .....	23
Figura 2.15 <i>Situación Actual y opciones para ubicación de piezas</i> .....	28
Figura 2.16 <i>Herramientas y recursos para el diseño propuesto</i> .....	33
Figura 2.17 <i>Resumen de recursos y herramientas: especificaciones y restricciones</i> ..	33
Figura 2.18 <i>Análisis comparativo de ambos softwares de uso libre</i> .....	34
Figura 2.19 <i>Diseño en Canva de la infografía para corte láser</i> .....	35
Figura 2.20 <i>Opción 1: Diseño y plano de estantería para sobrante</i> .....	36
Figura 2.21 <i>Opción 2: Diseño y plano de estantería para sobrante</i> .....	37
Figura 2.22 <i>Opción 3: Diseño y plano de estantería para sobrante</i> .....	38
Figura 2.23 <i>Identificación de lugares para ubicar estanterías</i> .....	39



Figura 2.24 <i>Diagrama de flujo de la situación actual.</i> .....	39
Figura 2.25 <i>Diagrama de flujo propuesto.</i> .....	40
Figura 2.26 <i>Representación esquemática de la bodega virtual</i> .....	40
Figura 2.27 <i>Formato propuesto para cuantificar horas-hombres por proyecto.</i> .....	41
Figura 2.28 <i>Diagrama OTIDA con el método propuesto.</i> .....	42
Figura 3.1 <i>Herramientas implementadas en la empresa metalmecánica.</i> .....	47
Figura 3.2 <i>Procedimiento escrito para anidación de piezas en planchas.</i> .....	48
Figura 3.3 <i>Manual para uso de Software NEST para anidación de piezas.</i> .....	49
Figura 3.4 <i>Formatos para la codificación de piezas.</i> .....	50
Figura 3.5 <i>Toma de tiempos de ubicación de piezas con el nuevo método.</i> .....	52
Figura 3.6 <i>Prueba de Hipótesis: diferencia de medias de antiguo y nuevo método.</i> ...	53
Figura 3.7 <i>Diagrama de Cajas de ambos métodos.</i> .....	53
Figura 3.8 <i>Ubicación de la infografía en la metalmecánica.</i> .....	55
Figura 3.9 <i>Formato de las plantillas para los puntos de control.</i> .....	56
Figura 3.10 <i>Tablero de control digital creado en Excel.</i> .....	56
Figura 3.11 <i>Ubicación de los tableros de puntos de control.</i> .....	57
Figura 3.12 <i>Ubicación la estantería elaborada para planchas.</i> .....	58
Figura 3.13 <i>Resumen de diagrama de flujo de procesos.</i> .....	59
Figura 3.14 <i>Diagrama espaguete de la situación actual.</i> .....	60
Figura 3.15 <i>Diagrama espaguete para el método propuesto.</i> .....	61
Figura 3.16 <i>Gráfico para el análisis de diagrama espaguete.</i> .....	62
Figura 3.17 <i>Estantería virtual.</i> .....	63
Figura 3.18 <i>Reporte de horas hombres obtenidos desde el panel de control</i> <i>desarrollado.</i> .....	65
Figura 3.19 <i>Gráfica de la reducción de planchas usadas.</i> .....	67

## Índice de tablas

Tabla 2.1 <i>Variable X1</i> .....	19
Tabla 2.2 <i>Variables X2, X3 y X4</i> .....	20
Tabla 2.3 <i>Variable X5</i> .....	21
Tabla 2.4 <i>Variable X6</i> .....	21
Tabla 2.5 <i>Propuestas de opciones de diseño</i> .....	24
Tabla 2.6 <i>Pro y contras de las opciones de diseño</i> .....	26
Tabla 2.7 <i>Matriz de decisión</i> .....	27
Tabla 2.8 <i>Cuadro de pro y contra: herramientas ubicación piezas</i> .....	29
Tabla 2.9 <i>Matriz de decisión para elegir método de ubicación de piezas en planchas</i> 30	
Tabla 2.10 <i>Tabla de costos de inversión inicial para la Opción #1</i> .....	31
Tabla 2.11 <i>Tabla de cálculo de Valor Actual Neto</i> .....	32
Tabla 2.12 <i>Plan de prototipado de las propuestas</i> .....	43
Tabla 3.1 <i>Tabla de costos para procedimiento escrito</i> . .....	48
Tabla 3.2 <i>Tabla de costos asociados al Manual implementado</i> . .....	49
Tabla 3.3 <i>Tabla de costos para el desarrollo de plantilla codificación piezas</i> . .....	50
Tabla 3.4 <i>Tabla de costos para la capacitación del uso del software NEST</i> . .....	51
Tabla 3.5 <i>Tabla de costos asociados a la capacitación del personal</i> . .....	51
Tabla 3.6 <i>Tabla de cálculo de estadísticos previos a la prueba de hipótesis</i> . .....	52
Tabla 3.7 <i>Tabla de costos de implementar procedimiento escrito</i> . .....	54
Tabla 3.8 <i>Tabla de costos de implementación de la infografía</i> . .....	54
Tabla 3.9 <i>Tabla de costos para la construcción de estanterías para sobrantes</i> .....	57
Tabla 3.10 <i>Tabla de costos para la construcción de estanterías para planchas</i> . .....	58
Tabla 3.11 <i>Tabla de costos para la reubicación de estaciones de trabajo</i> . .....	59

Tabla 3.12 <i>Tabla para el análisis del diagrama espaguete: Método actual.</i> .....	60
Tabla 3.13 <i>Tabla para el análisis del diagrama espaguete: Método propuesto.</i> .....	61
Tabla 3.14 <i>Tabla resumen de ambos diagramas espaguete.</i> .....	62
Tabla 3.15 <i>Tabla de costos para la estantería virtual de sobrantes.</i> .....	63
Tabla 3.16 <i>Tabla de costos para la codificación de sobrantes</i> .....	64
Tabla 3.17 <i>Tabla de costos para la capacitación de la estantería virtual.</i> .....	64
Tabla 3.18 <i>Tabla de costos por reducción de tiempo con el nuevo método.</i> .....	65
Tabla 3.19 <i>Tabla de la cantidad de planchas usadas por proyecto.</i> .....	66
Tabla 3.20 <i>Tabla de la reducción de planchas usadas por proyecto.</i> .....	66
Tabla 3.21 <i>Tabla del costo estimado de lo que se hubiera ahorrado por uso de planchas.</i> .....	67
Tabla 3.22 <i>Tabla de puntajes de encuesta SUS.</i> .....	68

## Índice de planos

- PLANO 1 Layout de la empresa metalmecánica.
- PLANO 2 Diagrama de flujo de trabajo de la empresa metalmecánica.
- PLANO 3 Opción 1: Diseño de estanterías para sobrantes.
- PLANO 4 Opción 1: Diseño de estanterías para sobrantes - lista de materiales.
- PLANO 5 Opción 2: Diseño de estanterías para sobrantes.
- PLANO 6 Opción 3: Diseño de estanterías para sobrantes.
- PLANO 7 Diagrama de flujo de trabajo propuesto para la empresa metalmecánica.

# Capítulo 1

## 1 Introducción

Según informes del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, en Ecuador, el sector alimenticio desempeña un papel importante en las actividades económicas del país. De acuerdo con el Boletín de Cifras de Comercio Exterior mayo 2024, entre los 5 principales productos de exportación no petrolera están: el camarón, el banano, cacao y enlatados de pescado. Su producción cubre la demanda interna y externa. La exportación tiene como principales destinos a: Estados Unidos, Unión Europea, China, Rusia y Colombia (MPCEIP, 2024).

La importante participación de este mercado tanto dentro como en otros países ha provocado la expansión y crecimiento de las empresas alimenticias, así como la creación de nuevas empresas que buscan incursionar en este sector. Dicha expansión genera un incremento en la demanda de maquinarias con diseños que cumplan con las normas alimentarias. Adicionalmente, se espera que estas maquinarias cubran con las necesidades de capacidad y requerimientos propias del tamaño y la disposición del espacio en estas compañías. Por tanto, se necesita la personalización de las diferentes máquinas procesadoras de alimentos.

Por eso la industria metalmecánica se ha visto en la necesidad de cumplir con estas expectativas y ha incrementado la producción de estas maquinarias, que por lo general toman mucho tiempo de construcción debido a su tamaño y complejidad. También, debido a la variabilidad de los proyectos es difícil estandarizar y tener indicadores que permitan medir el desempeño de esta. La actual empresa en estudio ha crecido a través de los años y se ha visto en la obligación de comenzar a tener un mejor control de sus procesos y buscar minimizar los tiempos para poder cumplir con su demanda.

Por lo tanto, este proyecto propone hacer un análisis de su proceso actual con la finalidad de identificar oportunidades de mejoras y plantear herramientas que ayuden a la estandarización de los procesos y al registro de información para futuros análisis.

### **1.1 Descripción del problema**

Una empresa metalmecánica, con 34 años en el mercado, ofrece soluciones industriales mediante el diseño y producción de maquinarias y equipos para la industria alimentaria. Cada equipo se personaliza según los requerimientos del cliente. Entre algunos de sus productos se encuentran: máquinas clasificadoras de camarones, línea de cocción por inmersión, glaseadoras, mesas de descabezado y mesas de pelado de camarón, máquinas lavadoras de gavetas, máquina lavadora de bines, hidratadores de camarón y transportadores. Esta compañía comercializa sus productos local e internacionalmente en más de 15 países.

Para la fabricación de máquinas y equipos, se identifican dos departamentos claves: el departamento de diseño (que a su vez está formada por las áreas de: diseño, corte, pulido y plegado de las piezas de chapa metálica), y el departamento de producción donde se ensambla y se sueldan las piezas de cada máquina o equipo diseñado.

Actualmente, la empresa percibe distintos problemas dentro de sus procesos que ocasionan que la fabricación de un producto tome hasta el doble de tiempo que se indica al cliente en la cotización. Por ejemplo, se ha evidenciado que para una clasificadora de camarón (el producto estrella de la compañía), el tiempo de fabricación se pacta en 40 días en la cotización, pero realmente puede tomar hasta 75 días. Para el departamento de diseño, se identifican posibles causas: la planificación de producción desordenada, no se entrega a producción ningún patrón de armado específico, y que existen equivocaciones con los ángulos de plegado que generan reprocesos, desperdicio de material, horas extras, y retrasos en general; tampoco existe un registro formal de reprocesos, productos no conformes y desperdicios. Estas situaciones desencadenan aumentos en costos de producción que impiden

un posicionamiento competitivo de la empresa en el mercado. Además, se conoce que la competencia puede ofrecer cotizaciones de los mismos productos con un precio 25% menor.

Por lo tanto, se requiere hacer un rediseño de los procesos del departamento de diseño, que involucre una mejora en la distribución de piezas diseñadas en cada plancha de material (esta operación es manual, y puede llegar a tomar hasta 8 horas acomodar todas las piezas de un solo proyecto); control de producto no conforme de piezas cortadas, pulidas y plegadas; y automatización de cuantificación de horas-hombre que toma fabricar una máquina (mejorando la estimación de costos y tiempos de fabricación).

## **1.2 Justificación del problema**

El presente proyecto está relacionado con el octavo objetivo de desarrollo sostenible (ODS) “Trabajo decente y crecimiento económico”. Esto es debido a que busca contribuir a que los puestos de trabajo se conviertan en actividades apropiadas y productivas, asegurando la perpetuidad de las oportunidades laborales y el crecimiento económico de quienes laboran en la compañía. Pensando en que un adecuado desarrollo y planificación para el aumento de productividad de la compañía beneficia directamente a este objetivo, el proyecto ofrece una estandarización de los procesos actuales y define actividades que contribuirán a un futuro análisis para una mejora continua.

Actualmente, la adquisición de nueva tecnología y la falta de procesos controlados en esta compañía ha provocado que sea difícil identificar metodologías que permitan que el personal pueda seguir el ritmo de producción y que determinen a tiempo cuando hay una no conformidad. Incluso enfrentan dificultades para costear sus productos debido a la falta de información sobre las horas-hombre que se necesitan para producir una máquina, lo que refleja una falta de control en los procesos.

Esta empresa procesa materia prima cuyo costo promedio en el mercado es de \$402,90 lo que; al no tener control en el proceso se generan fugas de dinero por desperdicios, pérdidas,



sobrantes no aprovechados y piezas con errores que, aunque se presentan con menos del 6% diario, representan un valor considerable de manera mensual no solo por el costo de la materia prima sino también que, por la falta de control, las piezas que no cumplen con los requerimientos pasan por el resto del proceso. Esto genera gastos de recursos como el tiempo de la mano de obra, los consumibles y suministros de las herramientas y maquinas, etc. Por lo que es importante proponer procesos y herramientas que permitan dejar asentada esta información para que pueda ser cuantificada.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Rediseñar los procesos del departamento de diseño de una empresa metalmeccánica relacionados con la transformación de las planchas metálicas (materia prima), a través de la aplicación de herramientas *Lean Six Sigma*, para la reducción del tiempo de ubicación de piezas a ser cortadas, la creación de sistemas de control de productos no conformes y sobrantes, y el establecimiento de horas-hombre hasta el 30 de agosto del 2024.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Identificar las necesidades del cliente y traducirlas a requerimientos y especificaciones de diseños usando herramientas *Lean Six Sigma*.
2. Analizar la información actual del proceso y generar opciones de diseño para sus estandarización y optimización.
3. Establecer alternativas de mejoras alineados con los requerimientos, especificaciones y restricciones del diseño.
4. Validar las propuestas generadas y prototipar el diseño elegido.

## 1.4 Marco Teórico

### 1.4.1 Metodología Lean Six Sigma

Seis Sigma es una implementación que utiliza herramientas y técnicas de calidad comprobadas a lo largo de la historia industrial y que busca eliminar errores disminuyendo la variabilidad (Pyzdek & Keller, 2010).

La metodología DMADV sigue 5 pasos: definir, medir, analizar, diseñar y verificar y busca desarrollar productos y procesos con la finalidad de lograr un nivel Seis Sigma (Montoya, 2011).

La lluvia de ideas es una herramienta que recolecta y toma en cuenta las ideas de los miembros de un grupo en un tiempo corto. Para llevarlo a cabo, primero se define un tema o problema a resolver, se lo socializa con los miembros del grupo y luego se recolecta todas las ideas. Algunas de ellas serán un punto de partida para encontrar soluciones (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

La diagramación de procesos, donde se utiliza gráficas, esquemas, fotos o dibujos es una herramienta esencial para el análisis de un proceso o problema, ya sea para comunicar o dar una instrucción. Para este fin, podemos encontrar diagramas prácticos para un buen análisis tales como: diagrama de flujo, SIPOC, mapeo de procesos, etc. (Gutiérrez Pulido, 2010).

La fábrica oculta son situaciones irregulares que no se ven a simple vista. Si se observa con detenimiento las máquinas y equipos encontraríamos anomalías que pueden convertirse en futuras averías, deterioro acelerado y un aumento de variación (Madariaga, 2021).

En *Lean Manufacturing* uno de los principales cimientos es la “estandarización”. Los estándares son especificaciones gráficas y escritas que permiten una mejor comprensión de las técnicas utilizadas sobre personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones e información,

para obtener productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápido (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

#### ***1.4.2 Aplicaciones Lean Six Sigma en empresas metalmecánicas***

La metodología *Six Sigma* se enfoca de diferentes formas a las expectativas de cada empresa, incluso a empresas metalmecánicas, donde es importante identificar los problemas de calidad que agobian a la empresa con el apoyo del equipo multidisciplinario, para poder concentrar los esfuerzos en problemáticas representativas y con mayor impacto (Zuluaga, 2016).

#### ***1.4.3 Aplicaciones para la optimización de procesos en empresas metalmecánicas***

La industria metalmecánica tiene la necesidad de encontrar métodos operativos para resolver problemas de corte y empaquetamiento, con el fin de eliminar sobreproducciones, demandas insatisfechas y alto desperdicio. Por lo que se han estudiado algoritmos que hacen viables la optimización y toman en cuenta las restricciones del espacio (Gracia, 2010).

## **Capítulo 2**

## 2 Metodología.

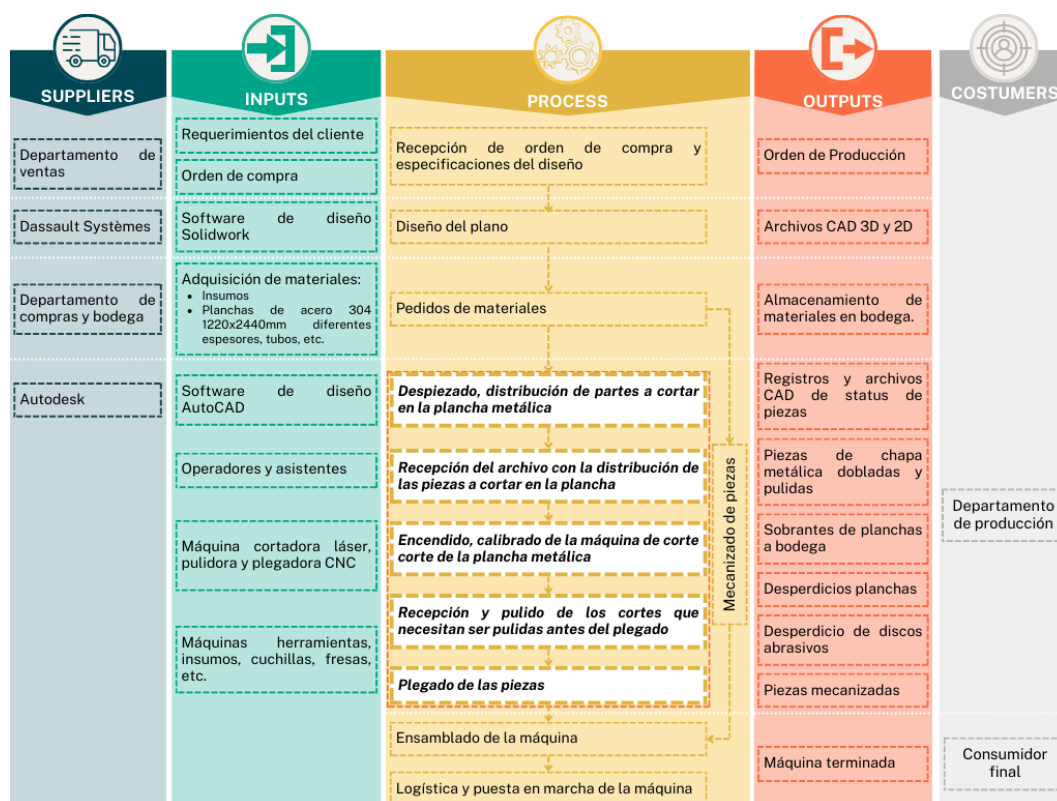
Este proyecto se desarrolló utilizando la metodología “Diseño desde Cero” con la intención de buscar un diseño que beneficie los procesos de la empresa en estudio. A continuación, se describen las herramientas utilizadas.

### 2.1 Etapa de Definición

#### 2.1.1 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto se analizó mediante la herramienta SIPOC. En la Figura 2.1 se resaltó las actividades del proceso en las cuales se enfocará el presente proyecto.

**Figura 2.1** Diagrama SIPOC



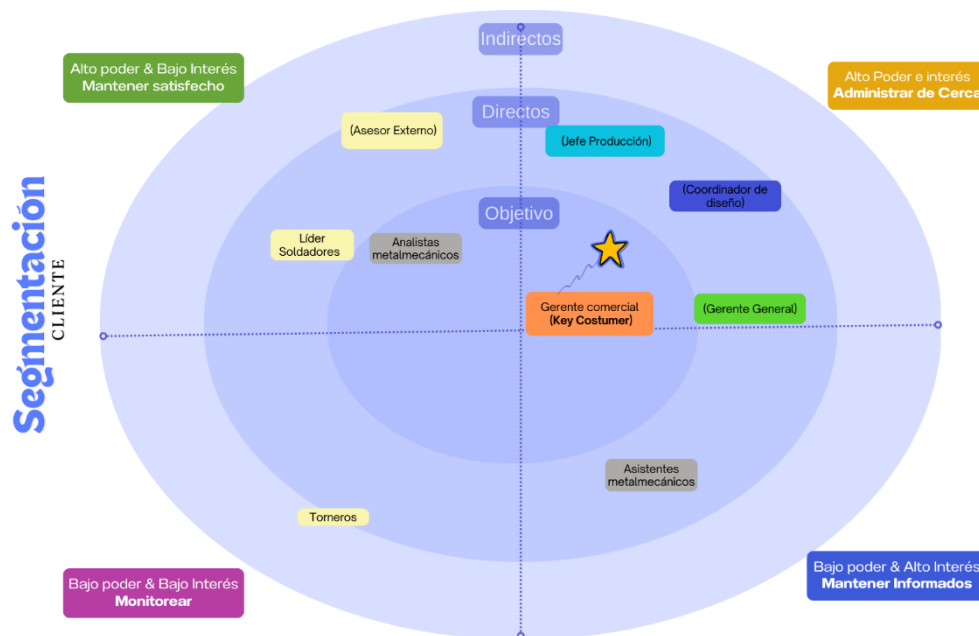
*Nota.* La figura muestra el diagrama SIPOC de una empresa metalmeccánica.

Para el presente proyecto se determinó como cliente interno; al departamento de producción (donde se realiza el proceso de ensamblado de la máquina) y se delimitó el estudio desde la ubicación de las piezas de la máquina diseñada en las planchas metálicas hasta el pulido y plegado obteniendo las chapas metálicas para su posterior ensamblado.

### 2.1.2 Segmentación del cliente

Para la segmentación del cliente se utilizó la herramienta *Stakeholder map*, que se observa en la Figura 2.2.

**Figura 2.2** Segmentación del cliente



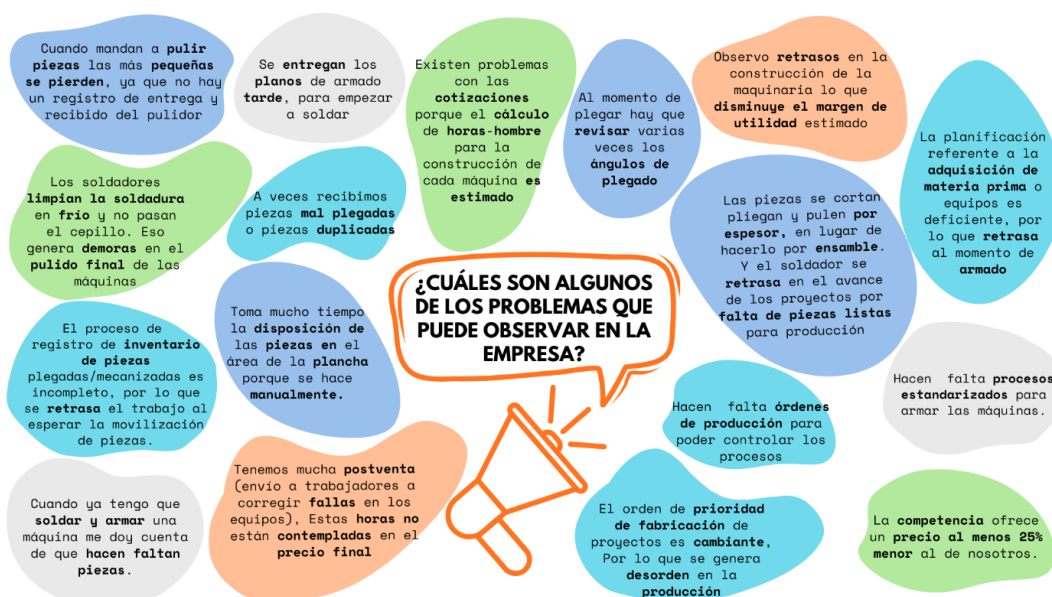
*Nota.* La figura muestra de manera visual la identificación de los grupos de interés.

Esta herramienta ayudó a identificar a los clientes internos de acuerdo con su nivel de interés y poder en la compañía. Se determinó como los más importantes a: el coordinador de diseño, gerente general, jefe de producción y como cliente clave a el gerente comercial.

### 2.1.3 Voz del cliente (VOC)

La segmentación se realizó para conocer la voz del cliente, recolectar información y averiguar los problemas de la compañía, en la Figura 2.3 se observan las ideas que surgieron con las entrevistas.

**Figura 2.3** *Voz del cliente*



*Nota.* La figura muestra los problemas comunes en la empresa metalmecánica.

Algunos comentarios interesantes recolectados con los actores de interés fueron:

- Toma mucho tiempo ubicar las piezas en la plancha manualmente.
- Cuando tienen que soldar para ensamblar, hay piezas que hacen falta.
- En el plegado de las piezas, los ángulos deben ser chequeados varias veces.
- Se observa retrasos en la fabricación, lo que afecta a la utilidad estimada.
- Existen falta de precisión en el cálculo horas-hombres.

### 2.1.4 Punto de vista (POV)

En la Figura 2.4 se muestra el análisis que ayudó a clasificar y agrupar la información, establecer las necesidades del cliente e identificar los usuarios implicados. Lo que reveló:

- Falta de procesos claros y con trazabilidad.
- La ubicación manual de piezas en la plancha en CAD genera errores.
- Una producción desorganizada que conduce a retrasos.
- No hay una cuantificación y control sobre las piezas, sobrantes y defectos.
- Existen dificultades en la estimación realista de los costos.

Figura 2.4 Análisis de punto de vista

USUARIO	VOZ DEL CLIENTE	NECESIDADES	NECESIDADES	DESCUBRIMIENTOS	
• Departamento de diseño	"Las piezas se cortan plegan y pulen <b>por espesor</b> , en lugar de hacerlo por <b>ensamble</b> . Soldadores no pueden avanzar <b>por falta de piezas listas</b> para producción."	<i>Estandarizar la planificación del diseño, corte y plegado de piezas antes de ser ensambladas.</i>	<i>Estandarizar la planificación del diseño, corte y plegado de piezas antes de ser ensambladas.</i>	El proceso a seguir por el personal de diseño no se basa en un desarrollo secuencial y ordenado de pasos a seguir, continuamente buscan arreglar "errores" que se vuelven comunes cuando hay nuevo personal debido a que los procesos no son claros. Además algunas piezas no están rotuladas y se pierde trazabilidad del proyecto al que pertenece.	
	"Hacen <b>falta procesos estandarizados</b> para armar las máquinas." No sé cuales piezas van soldadas con otras.				
	"Al momento de plegar <b>hay que revisar varias veces</b> los ángulos de plegado."				
	"Cuando ya tengo que soldar y armar una máquina me doy cuenta de que <b>hacen falta piezas</b> "				
	"Muchas veces recibimos piezas mal plegadas o <b>piezas duplicadas</b> "	<i>Agilizar la asignación de las piezas en el plano Autocad previo al corte.</i>	<i>Agilizar la asignación de las piezas en el plano Autocad previo al corte.</i>	La distribución de las piezas en el plano Autocad es manual y no se ha buscado otros métodos más rápidos o automatizados de hacerlo, para optimizar mejor el material usado. Muchas veces el analista encargado se olvida de colocar todas las piezas en el plano de AutoCAD, otras veces asigna a la pieza en un espesor incorrecto y en otras ocasiones duplica las piezas.	
	" <b>Toma mucho tiempo la disposición de las piezas</b> en el área de la plancha porque se hace manualmente."			La distribución de piezas en las planchas en el plano AutoCAD puede llegar a tomar varias horas porque es manual. Además existen demoras al ubicar en el layer de grabado las líneas indicativas donde se debe plegar, incluso algunas veces se ha cortado en lugar de marcar.	
• Departamento de diseño • Departamento de producción	"Cuando ya tengo que <b>soldar y armar</b> una máquina me doy cuenta de que <b>hacen falta piezas</b> "	<i>Entregar a tiempo y completas las piezas de chapa metálica al proceso de Producción/ensamblado.</i>	<i>Entregar a tiempo y completas las piezas de chapa metálica al proceso de Producción/ensamblado.</i>	Existe una producción desordenada lo que provoca retrasos y reprocesos, las piezas no son entregadas a tiempo, porque con frecuencia se cambian las prioridades de ensamblado, también sucede esto por demoras en la entrega de los pedidos de las planchas por parte de los proveedores.	
	"El orden de <b>prioridad de fabricación</b> de proyectos es <b>cambiante</b> , por lo que se genera <b>desorden en la producción</b> "				
	"La planificación referente a la <b>adquisición de materia prima</b> o equipos es deficiente, por lo que <b>retrasa al momento de armado</b> "				
	"Cuando mandan a <b>pulir piezas</b> las piezas <b>pequeñas se pierden</b> , ya que no hay un registro de entrega y recibido del pulidor."				
	"El proceso de registro de inventario de <b>piezas plegadas y piezas mecanizadas es incompleto</b> , por lo que se <b>retrasa el trabajo</b> al esperar la movilización de piezas."	<i>Monitorear las piezas, sobrantes y productos no conformes en el departamento de diseño.</i>	<i>Monitorear las piezas, sobrantes y productos no conformes en el departamento de diseño.</i>	No existe un control de piezas, productos no conformes, ni existe una adecuada rotulación y almacenaje de los sobrantes que pueden ser utilizados para cortar piezas de otros proyectos.	
	"Muchas veces recibimos piezas <b>mal plegadas</b> o piezas duplicadas"				
• Departamento de diseño	"Observo <b>retrasos</b> en la construcción de las máquinas lo que <b>disminuye el margen de utilidad estimado</b> ."	<i>Mejorar la estimación del costo de las máquinas en el departamento de diseño antes del ensamblado.</i>	<i>Mejorar la estimación del costo de las máquinas en el departamento de diseño antes del ensamblado.</i>		Debido a que, las máquinas son personalizadas en base a los requerimientos y disponibilidad de espacio de cada cliente, no se logra obtener una estimación más real del costo de horas-hombre, lo que afecta en las ganancias estimadas y en la competitividad con las empresas de la competencia que ofrecen productos similares. Y por el alcance del proyecto nos vamos a enfocar en estimar el costo de las Máquinas en lo que se refiere al área de diseño.
• Departamento de producción	"Los soldadores <b>limpian la soldadura</b> en frío y no pasan el cepillo. Eso genera demoras en el <b>pulido final</b> de las maquinas"				
	"Hay mucha <b>postventa</b> (envío a trabajadores a corregir <b>fallas</b> en los equipos), estas <b>horas no están contempladas</b> en el <b>precio final</b> ."				
• Departamento de ventas	"Existen problemas con las <b>cotizaciones</b> porque el <b>cálculo de horas-hombres</b> es estimado."				
	"La <b>competencia</b> ofrece un <b>precio al menos 25% menor</b> al de nosotros."				

Nota. La figura muestra el análisis POV para obtener las necesidades del cliente.

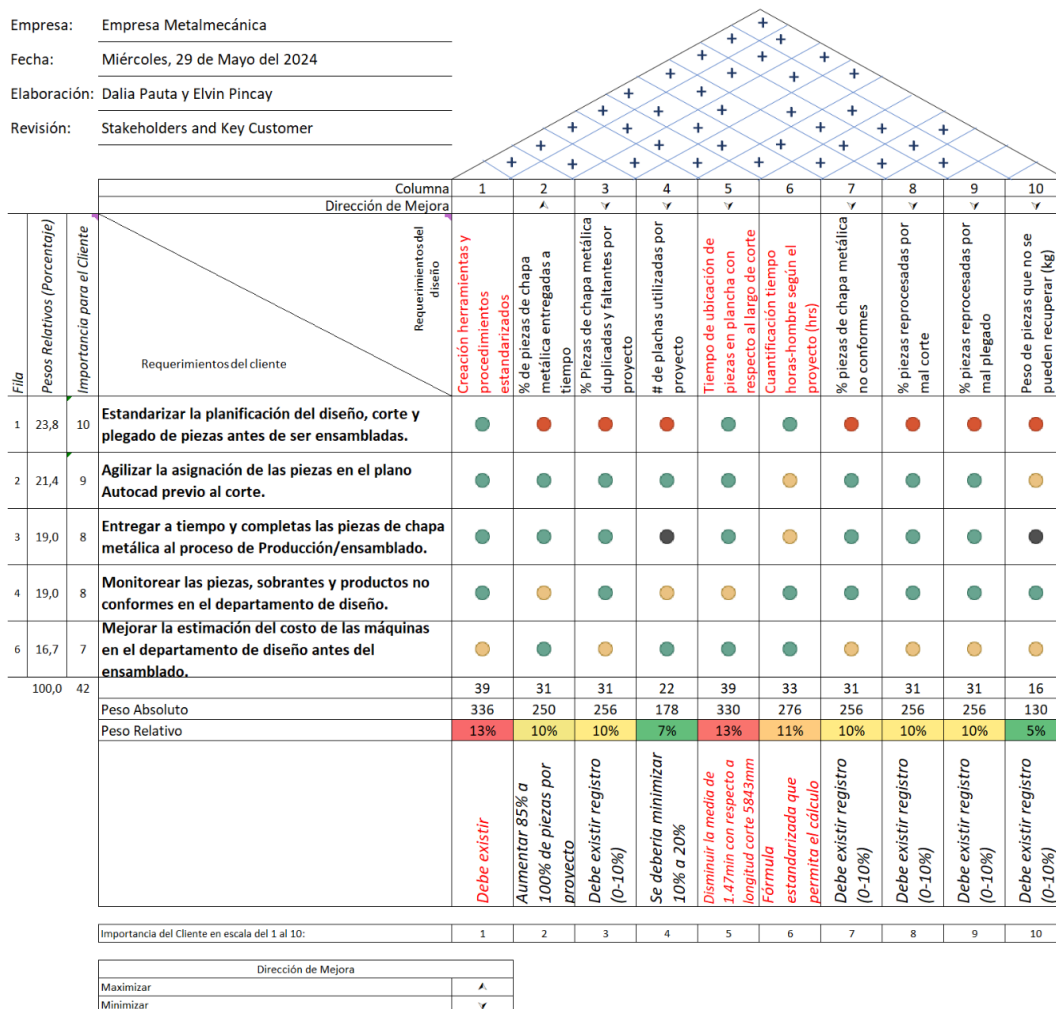


### 2.1.5 Despliegue de las especificaciones técnicas de la calidad (QFD)

Con la herramienta de despliegue de la función de calidad QFD (*Quality Function Deployment*); que se observa en la Figura 2.5, se tradujo las necesidades del cliente en requerimientos técnicos. Luego de priorizarlos se estableció la relación entre ambas dándoles una puntuación junto con los actores claves de la compañía, y se identificó como los 3 más importantes:

- Creación de herramientas y procedimientos estandarizados.
- Disminución del tiempo de ubicación de las piezas en las planchas
- Cuantificación de horas-hombres.

**Figura 2.5** Análisis QFD de la empresa metalmeccánica



Nota. La figura muestra el análisis QFD con los 3 requerimientos más importantes.

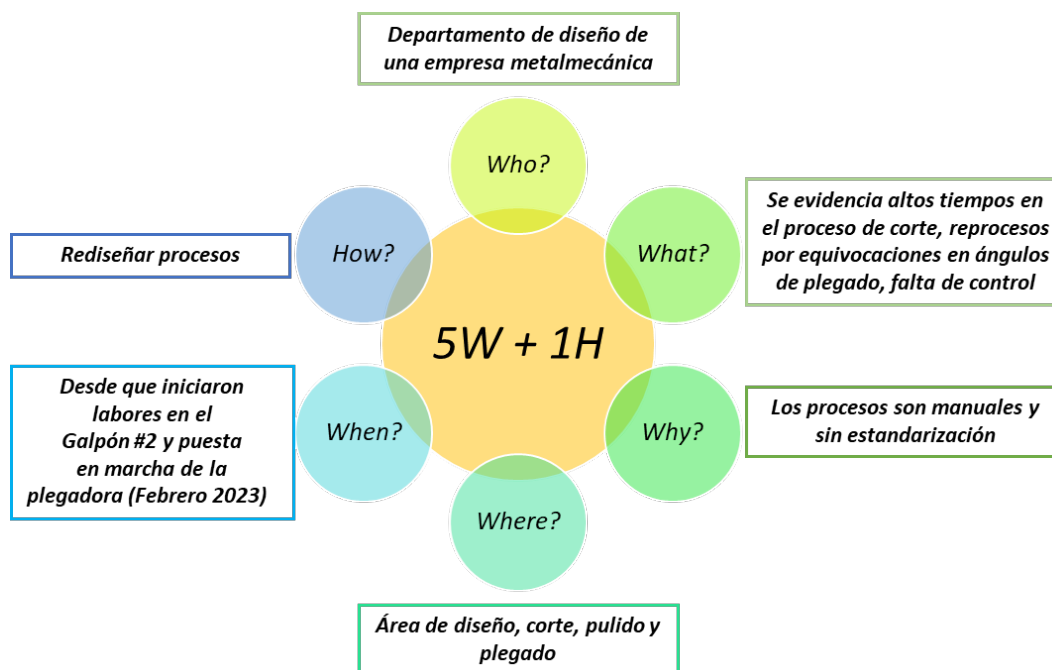
### 2.1.6 Restricciones de diseño

Se identificaron las restricciones del diseño previo a su desarrollo, las cuales son:

- Presupuesto limitado para el proyecto, menor a un salario básico.
- Las máquinas son personalizadas según los requerimientos de cada cliente.
- Los procedimientos deben ser de baja complejidad.
- El diseño debe crearse e implementarse en menos de 4 meses.

### 2.1.7 Declaración de la oportunidad

**Figura 2.6** Uso de 5W+1H para identificar la declaración de la oportunidad



*Nota.* La figura muestra las respuestas a las preguntas que plantea la herramienta.

Como se observa en la Figura 2.6, con la información obtenida y utilizando la herramienta 5W+1H se realizó la declaración de oportunidad, definida como: “El departamento de diseño de una empresa metalmeccánica necesita rediseñar los procesos relacionados al área de diseño, corte, pulido y plegado que facilite el control de piezas conformes, no conformes, y sobrantes ya que se ha evidenciado altos tiempos en el proceso de corte, reprocesos por equivocaciones en lo ángulos de plegado y falta de control en sus

actividades, desde que iniciaron labores en el Galpón #2 y puesta en marcha de la plegadora (Febrero 2023) relacionados a procedimientos manuales sin estandarización”

### 2.1.8 Triple línea base (TBL)

El TBL permite identificar la manera en la que el proyecto afecta la parte social, financiera y medio ambiental. Estas métricas están asociadas al QFD y serán medidas antes y después y se pueden observar en la Figura 2.7.

**Figura 2.7** Triple línea base



*Nota.* La figura muestra las métricas: social, financiera y medio ambiental.

**2.1.8.1 Pilar económico.** Esta métrica busca comparar el costo por el tiempo de ubicación de las piezas en la plancha de corte.

**2.1.8.2 Pilar social.** Esta métrica mide la experiencia de usuario en la metodología que se usa para la ubicación de las piezas en la plancha. Para esto se utilizó la Escala SUS, la cual tiene una encuesta de 10 preguntas establecidas con una ponderación para las preguntas pares y otra para las impares. La puntuación se calcula con las siguientes formulas:

$$\text{Preguntas impares: } x = \sum_{i=2n+1}^4 x_i - 5 \quad (2.1)$$

$$\text{Preguntas pares: } y = 25 - \sum_{i=2n}^5 y_i \quad (2.2)$$

$$\text{Puntuación} = (x + y) * 2.5 \quad (2.3)$$

**2.1.8.3 Pilar ambiental.** Se compara el número de planchas utilizadas por proyecto analizado antes de las implementaciones versus después. Y se espera que este sea menor.

## 2.2 Etapa de Medición

### 2.2.1 Plan de recolección de datos

Como se observa en la Figura 2.8, según los objetivos definidos y el resultado del análisis QFD se plantea el siguiente plan de recolección para analizar y evaluar los cambios propuestos.

**Figura 2.8** Propuesta de tabla de recolección de datos

Variable	¿QUÉ?				¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿CÓMO?	¿POR QUÉ?		¿QUIÉN?	Estado
	Nombre de la variable	Unidad de medición	Tipos de datos	Factores de estratificación	Fecha	Punto de origen	Método de recolección	Método de validación de datos	Uso futuro	Persona a cargo	
X1	Tiempo proporcional de ubicación de piezas en planchas con respecto a la mínima longitud de corte	Minutos	Cuantitativo-Continuo	Proceso de diseño	31-01-2024 al 15-08-2024	Departamento de diseño	$X1 = \frac{(X1.1 + X1.2) + Min(X1.3)}{X1.3}$	Medida indirecta	Comparar el tiempo de ubicación de piezas en planchas por proyecto con el proceso actual para compararlo con el tiempo del nuevo método. Calcular la reducción del costo. Nos ayuda a medir el TBL económico	Elvin Pincay	En proceso
X1.1	Tiempo total de ubicación de piezas con respecto al largo de corte	Minutos	Cuantitativo-Continuo	Proceso de diseño	31-01-2024 al 15-08-2024	Departamento de diseño	Medición directa de tiempo	Se verifica la precisión y calibración del instrumento (cronómetro de celular)		Elvin Pincay	En proceso
X1.2	Tiempo de colocar líneas de marcación en layer de grabado	Minutos	Cuantitativo-Continuo	Proceso de diseño	31-01-2024 al 15-08-2024	Departamento de diseño	Medición directa de tiempo	Se verifica la precisión y calibración del instrumento (cronómetro Microsoft)		Elvin Pincay	En proceso
X1.3	Longitud total de corte	Milímetros	Cuantitativo-Continuo	Proceso de diseño	31-01-2024 al 15-08-2024	Departamento de diseño	Medición indirecta de la longitud	Se verifica la precisión y calibración del software CypCut		Elvin Pincay	En proceso
X2	Piezas chapa metálica no conformes por día	Porcentaje	Cuantitativo-Discreto	Proceso de corte y plegado	17-06-2024 al 15-08-2024	Departamento de producción	Formato de registro de piezas	GEMBA	Cuantificar en \$ el costo de los errores en Dpto. de diseño y estimar las mejoras con el diseño propuesto	Dalia Pauta y Elvin Pincay	En proceso
X3	Piezas de chapa metálica faltante por día	Porcentaje	Cuantitativo-Discreto	Proceso de corte y plegado	17-06-2024 al 15-08-2024	Departamento de diseño y producción	Formato de registro de piezas	GEMBA	Cuantificar en \$ el costo de los errores en Dpto. de diseño y estimar las mejoras con el diseño propuesto	Dalia Pauta y Elvin Pincay	En proceso
X4	Piezas de chapa metálica duplicadas por día	Porcentaje	Cuantitativo-Discreto	Proceso de diseño	17-06-2024 al 15-08-2024	Departamento de diseño	Formato de registro de piezas	GEMBA	Cuantificar en \$ el costo de los errores en Dpto. de diseño y estimar las mejoras con el diseño propuesto	Dalia Pauta y Elvin Pincay	En proceso
X5	Planchas utilizadas por proyectos	Unidad	Cuantitativo-Discreto	Proceso de diseño	01-04-2024 al 15-08-2024	Departamento de diseño	Registros en los archivos del dpto. de diseño	GEMBA	Comparar la utilización de las planchas antes y después de la propuesta	Elvin Pincay y Dalia Pauta	En proceso
X6	Usabilidad del Sistema	No aceptable - Marginal - Aceptable	Cualitativo-Discreto	Proceso de diseño	10-06-2024 al 15-08-2024	Departamento de diseño	Encuestas presenciales al grupo de usuarios	Confiabilidad del método	Comparar la experiencia de usuario del sistema actual de distribución de piezas en planchas versus el propuesto	Dalia Pauta	En proceso

*Nota.* La figura muestra la tabla propuesta para recolectar los datos requeridos.

## 2.2.2 Confiabilidad de los datos

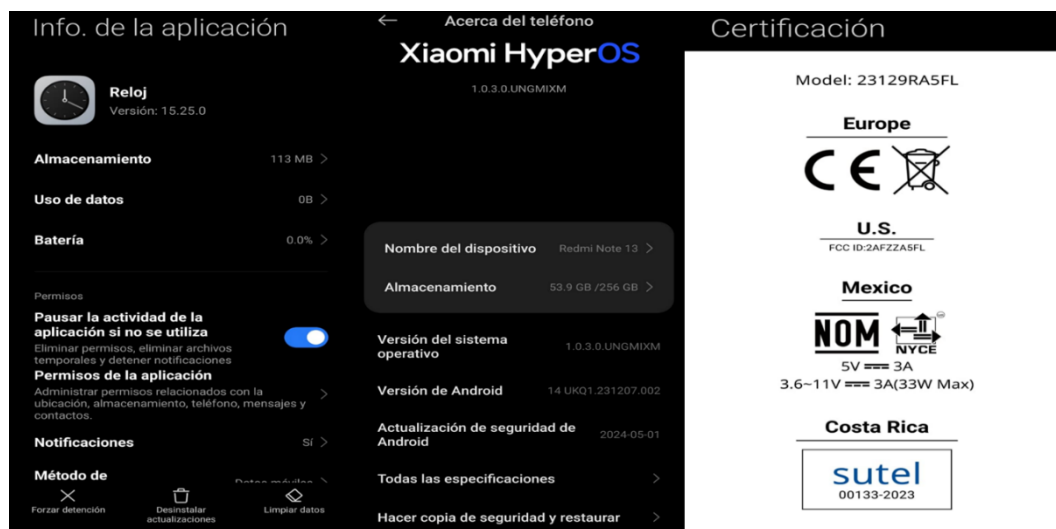
**2.2.2.1 Verificación en el sitio (GEMBA).** Todas las variables fueron validadas por este método porque la compañía no contaba con data histórica.

**2.2.2.1.1 Variable X1.** El tiempo proporcional de ubicación de piezas en planchas con respecto a la mínima longitud de corte (variable X1) es una medición indirecta. Su fórmula fue definida según la ecuación (2.4):

$$X1 = \frac{(X1.1+X1.2)*Min(X1.3)}{X1.3} \quad (2.4)$$

Donde X1.1 es el Tiempo total de ubicación de piezas en plancha en AutoCAD que fue tomado con el cronómetro del celular con una exactitud de 0.01s. Este es el tiempo en que el operario comienza a colocar las piezas de un grupo hasta terminar de colocar todo el grupo de piezas en las planchas por espesor. La confiabilidad del cronómetro depende de la calidad del software y hardware del teléfono usado, cuyas características se observan en la Figura 2.9:

**Figura 2.9** Características del dispositivo con cronómetro usado

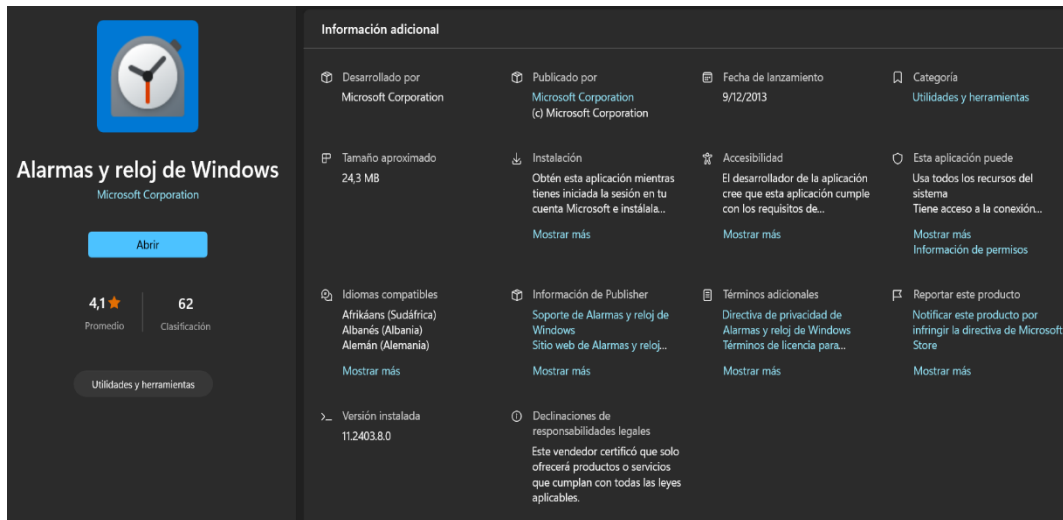


*Nota.* La figura muestra la información de software y hardware del dispositivo usado

La segunda variable X1.2 es el Tiempo de colocar líneas de marcación en layer de grabado, esta variable es el tiempo de colocar las líneas de grabado en la capa correspondiente del software usado por la máquina láser. Se la midió con la aplicación de reloj Windows del

computador desarrollado por Microsoft cuya versión instalada a la fecha actual fue: 11.2403.8.0 y se muestra evidencia en la Figura 2.10:

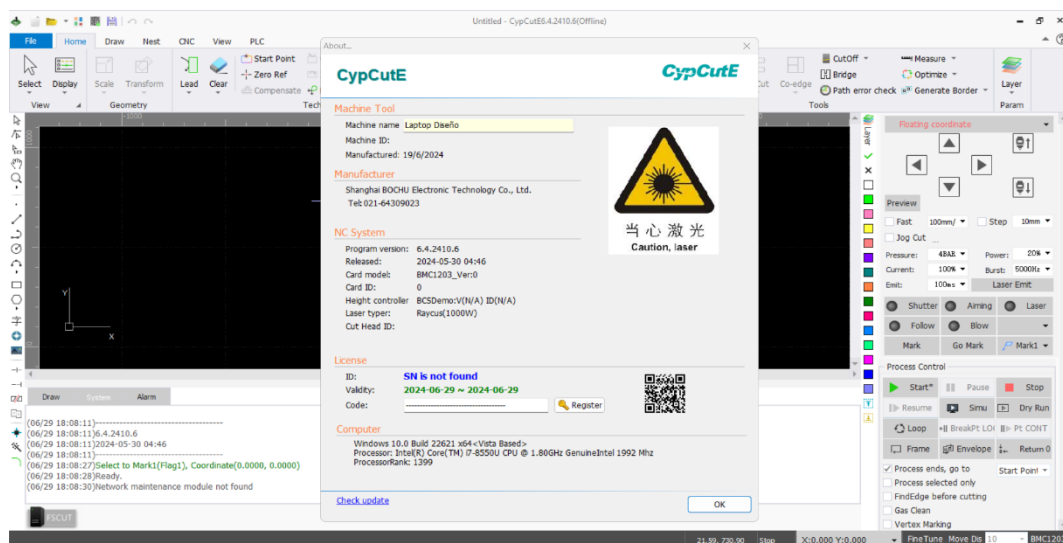
**Figura 2.10** Características de la aplicación de cronómetro usado



*Nota.* La figura muestra la información de software del cronómetro usado

La variable X1.3 es una medición indirecta de la Longitud total de corte, que se obtiene de una captura de pantalla del informe de corte de la máquina láser. El software usado es CypCut cuya precisión en el sistema métrico es de 0,05mm y la versión es 6.4.2410.6. Las características se detallan en la Figura 2.11.

**Figura 2.11** Características del Software de la máquina láser



*Nota.* La figura muestra la información de software CypCut.

La variable X1 se la midió en 3 operarios diferentes en un ambiente controlado para proyectos específicos. Esta actividad se la realiza manualmente por lo que depende de la experiencia y habilidad del operario, se propone buscar un método para reducir el tiempo. Se busca recrear las mismas condiciones, medir el tiempo con el nuevo método y comprobar la mejora haciendo una prueba de hipótesis de diferencia de medias. En la Tabla 2.1 se detallan los datos recolectados.

**Tabla 2.1 Variable X1**

OPERADOR	PROYECTO	ESPESOR (mm)	X1.1	X1.2	X1.1+X1.2	X1.3	Min (X1.3)	X1
			Tiempo total de ubicación de piezas en plancha en AutoCAD	Tiempo de colocar líneas de marcación en layer de grabado (min)	Tiempo total de ubicar manualmente piezas en planchas. (min)	Longitud total de corte (mm)	Mínima Longitud total de corte (mm)	Tiempo proporcional de ubicación de piezas en plancha (min)
OPERADOR1	LEBUMAR	1,5	11,13	6,97	18,10	57336	5843	1,84
		2,0	75,98	24,20	100,18	743555	5843	0,79
		3,0	35,23	15,52	50,75	276333	5843	1,07
		4,0	39,25	4,92	44,17	234685	5843	1,10
	LAV SACOS	1,5	3,75	1,18	4,93	15527	5843	1,86
		2,0	6,08	3,28	9,37	48121	5843	1,14
		3,0	0,75	0,47	1,22	7764	5843	0,92
		4,0	5,08	0,50	5,58	15562	5843	2,10
OPERADOR2	ELE HONDURAS	1,5	3,43	1,48	4,92	17098	5843	1,68
		2,0	13,65	4,45	18,10	77346	5843	1,37
		3,0	20,43	4,25	24,68	109879	5843	1,31
		4,0	2,10	0,62	2,72	5843	5843	2,72
	TK HONDURAS	1,5	7,45	2,08	9,53	37371	5843	1,49
		2,0	21,57	5,33	26,90	158629	5843	0,99
		3,0	28,75	5,43	34,18	213775	5843	0,93
		4,0	2,88	0,85	3,73	18178	5843	1,20
OPERADOR3	TK SONGA	1,5	21,45	3,63	25,08	61917	5843	2,37
		2,0	32,57	4,38	36,95	150745	5843	1,43
		3,0	35,75	4,23	39,98	140396	5843	1,66
		4,0	2,17	0,53	2,70	6670	5843	2,37
	TK PZCRUP4K	1,5	3,35	1,32	4,67	27870	5843	0,98
		2,0	17,02	4,62	21,63	135212	5843	0,93
		3,0	21,35	5,25	26,60	149970	5843	1,04
		4,0	1,98	0,72	2,70	8313	5843	1,90

*Nota.* Datos de tiempo de ubicación de piezas en plancha.

**2.2.2.1.2 Variables X2, X3 y X4.** Las piezas de chapa metálicas no conformes, faltantes y duplicadas son las variables X2, X3 y X4. Fueron medidas diariamente en el proceso con GEMBA por Elvin Pincay y Dalia Pauta mediante un formato de registro de piezas de elaboración propia, con la finalidad de cuantificar en dólares el costo de los errores en el departamento de diseño. En la Tabla 2.2 se detalla la información recolectada.

**Tabla 2.2 Variables X2, X3 y X4**

FECHA	TOTAL DE PIEZAS PROCESADAS	TOTAL DE PIEZAS DUPLICADAS (X4)	TOTAL DE PIEZAS FALTANTES (X3)	TOTAL DE PIEZAS NO CONFORMES (X2)	TOTAL DE ERRORES	PROPORCIÓN
17/6/2024	38	0	0	2	2	5%
18/6/2024	62	0	0	1	2	3%
19/6/2024	20	0	0	1	1	5%
20/6/2024	28	0	0	0	0	0%
21/6/2024	25	0	0	1	1	4%
22/6/2024	25	0	0	0	0	0%
24/6/2024	40	0	1	0	1	3%
25/6/2024	30	0	0	3	3	10%
26/6/2024	40	0	0	0	0	0%
27/6/2024	20	0	0	1	1	5%
28/6/2024	30	0	0	0	0	0%
29/6/2024	80	0	0	1	1	1%
01/7/2024	70	0	0	2	2	3%
02/7/2024	80	0	0	1	1	1%
03/7/2024	60	0	0	1	1	2%
04/7/2024	16	0	0	1	1	6%
05/7/2024	15	0	0	1	1	7%
08/7/2024	20	0	1	0	2	10%
09/7/2024	24	1	0	0	1	4%
10/7/2024	21	0	0	1	1	5%
11/7/2024	15	0	0	1	1	7%
12/7/2024	18	1	0	0	1	6%
15/7/2024	25	0	0	1	1	4%
16/7/2024	30	0	0	1	1	3%
17/7/2024	42	0	0	1	1	2%
18/7/2024	28	0	0	1	1	4%
19/7/2024	26	0	0	1	1	4%
22/7/2024	35	0	0	1	1	3%
23/7/2024	27	0	0	1	1	4%
24/7/2024	40	0	0	1	1	3%

*Nota.* Datos de las 3 variables que miden errores.



**2.2.2.1.3 Variable X5.** Las planchas utilizadas por proyecto fueron contadas de los archivos de diseños generados. Se espera contrastar la información contando las planchas de los mismos proyectos con el nuevo método. La confiabilidad la garantizan los archivos del Servidor. Los datos se muestran en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Variable X5**

Proyecto	Espesor (mm)			
	1,5	2	3	4
LEBUMAR	5	36	9	5
LAV SACOS	2	8	1	2
TK SONGA	3	10	6	1
TK PZCRUP4K	1	5	4	1
ELE HONDURAS	2	7	3	1
TK HONDURAS	2	6	8	1
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>72</b>	<b>31</b>	<b>11</b>

*Nota.* Datos de planchas usadas en los proyectos estudiados.

**2.2.2.1.4 Variable X6.** Para medir la usabilidad del sistema, se realizó una encuesta de 10 preguntas a los usuarios del método. Para el cálculo se utilizó la Fórmula 2.1 para las preguntas impares y la Fórmula 2.2 para las pares, con la Fórmula 2.3 se determinó el puntaje. Se calculó el promedio de los resultados y con este valor se puede concluir si el método es aceptable, marginal o no aceptable, la finalidad es hacer esta medición después de la implementación. Se garantiza que la encuesta es confiable de acuerdo con el artículo “SUS – A quick and dirty usability scale”. Los resultados se muestran en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4 Variable X6**

# Encuestados	Puntaje
1	42,5
2	47,5
3	42,5
4	30,0
5	22,5
<b>PROMEDIO</b>	<b>37,0</b>

*Nota.* Resultados de la encuesta SUS.

La encuesta muestra un valor de 37 en una escala de 100 puntos, y se puede concluir que el sistema actual no es aceptable hasta el momento, como se muestra en la Figura 2.12.

Figura 2.12 Escala SUS



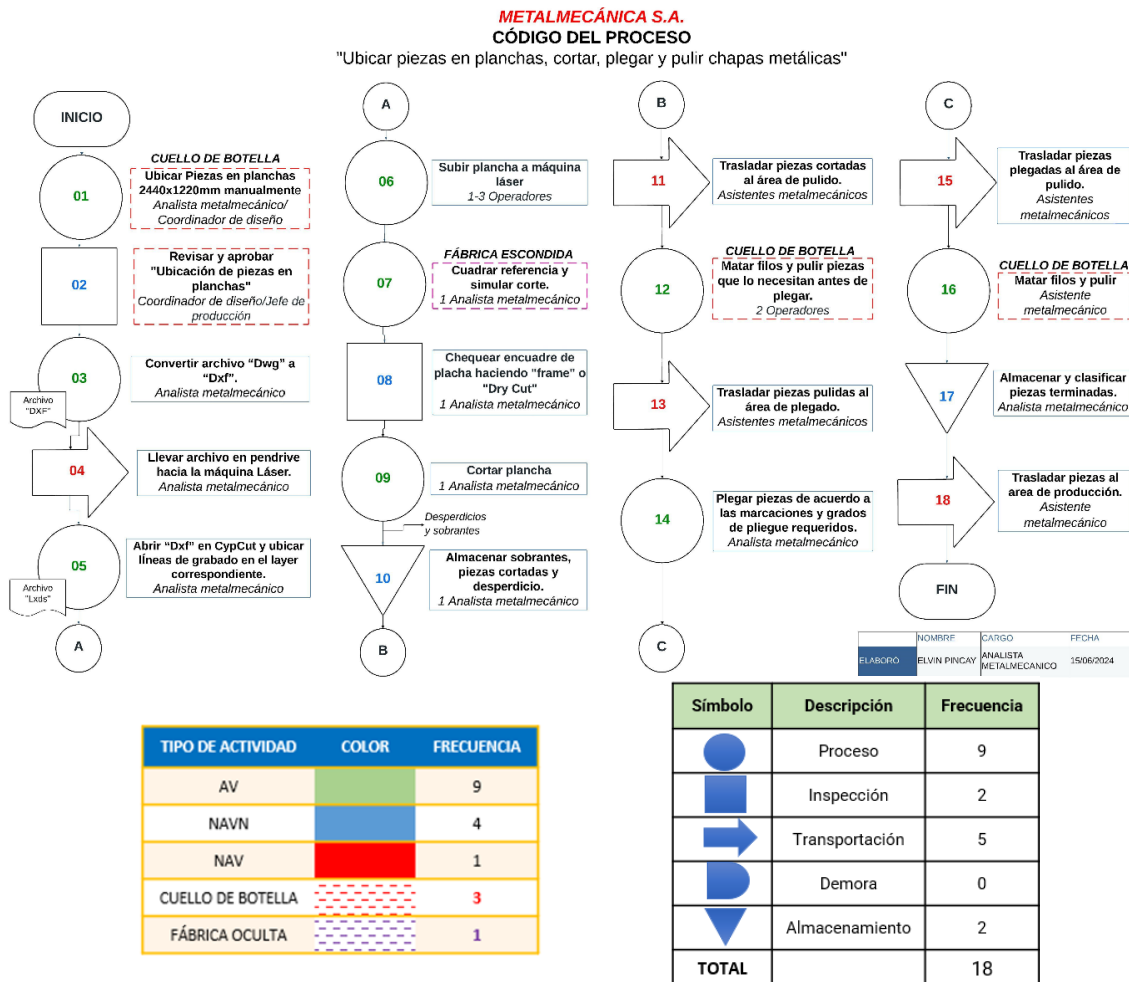
Nota. La figura muestra el puntaje actual obtenido de la encuesta.

## 2.3 Etapa de Análisis y Diseño

### 2.3.1 Análisis de la situación actual de los procesos estudiados

Para la situación actual se realizó un diagrama OTIDA, para identificar fábricas escondidas y cuellos de botella, como se puede observar en la Figura 2.13.

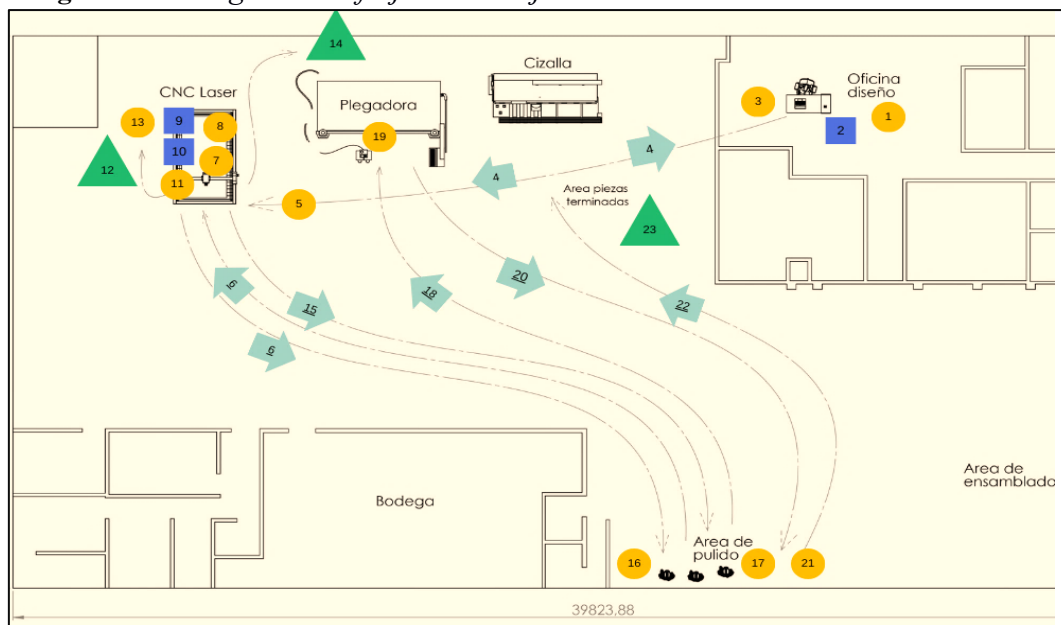
Figura 2.13 Diagrama OTIDA de la empresa metalmecánica



Nota. La figura muestra el diagrama OTIDA de actividades del alcance del proyecto.

Se identificaron los tipos de actividades que se resumen en el cuadro de la Figura 2.13, se realizó un examen crítico de cada una de ellas para identificar posibles mejoras. Los cuadros del examen crítico pueden ser observados en el Apéndice A. Finalmente, se realizó un diagrama de flujo de procesos donde se detalla todas las actividades con la finalidad de estimar el tiempo de cada una y los desplazamientos. Este diagrama se encuentra en el Apéndice B. Adicional, se elaboró el Layout de la empresa metalmecánica PLANO 1, y luego como se muestra en la Figura 2.14 se elaboró el diseño del flujo de trabajo PLANO 2 para entender de mejor manera el desplazamiento del personal y el flujo de materiales.

**Figura 2.14** Diagrama de flujo de trabajo



*Nota.* La figura muestra el diagrama de flujo del proyecto.

En el diagrama de flujo de procesos se observan largos tiempos de desplazamientos y las actividades cuello de botella son el pre-pulido y el pulido final de las piezas.

### 2.3.2 Propuestas de diseño para la creación de procedimientos

Luego de este análisis, como se muestra en la Tabla 2.5 se propusieron dos opciones de diseño y se compararon con la situación actual de la empresa.

**Tabla 2.5** *Propuestas de opciones de diseño*

SITUACIÓN ACTUAL			OPCIONES DE DISEÑO	
Tipo de actividad	Actividad	Descripción de lo que se observa	Diseño #1	Diseño #2
Proceso (cuello de botella)	Ubicar piezas en plancha manualmente en CAD	Altos tiempo en el proceso, errores por piezas duplicadas o por olvidarse de ponerlas	Identificar herramienta para hacerlo automáticamente	Identificar herramienta para hacerlo automáticamente
Traslado	Llevar el archivo en pendrive a la cortadora	Traslado de personal para llevar pendrive a la cortadora	Instalación de cable de red	Instalación de cable de red
Proceso (Fábrica oculta)	Cuadrar referencias y simular corte	Demoras y errores al momento de cuadrar las planchas antes del corte	Generar un instructivo y pegarlo en un lugar el operador siempre lo pueda leer	Generar un instructivo y pegarlo en un lugar el operador siempre lo pueda leer
Proceso	Cortar plancha con la máquina láser	No hay control de piezas luego de cortar, ni se verifica que estén completas.	Punto de control	Punto de control
Almacenamiento	Almacenar sobrantes	Demora en almacenar o subir planchas ya que no existe un lugar establecido para poner sobrantes por espesor	Estanterías para sobrantes e implementación de bodega virtual.	Estanterías para sobrantes e implementación de bodega virtual.
Proceso (Cuello de botella)	Matar filo y pulir piezas antes de plegar	El pulido toma mucho tiempo.		<b>Implementación de área Sandblasting</b>
Traslado	Traslados de piezas y de personal	Se recorre una gran distancia al trasladar las piezas al área de pulido y viceversa	<b>Reubicación de los puestos de trabajo</b>	Reubicación de los puestos de trabajo
Proceso	Plegar piezas de acuerdo con las marcaciones y grados requeridos	No hay control de piezas luego de plegar, ni se verifica que estén completas.	Punto de Control	Punto de Control
Requerimiento de gerencia	Cuantificar las horas-hombre necesarias para transformar las planchas.	No existe un estimado de horas que se requieren para procesar las planchas por proyectos.	Establecer un método con una formulación estándar para el Cálculo	Establecer un método con una formulación estándar para el Cálculo

*Nota.* La tabla muestra la situación actual y 2 opciones de diseño.

**2.3.2.1 Diseño 1.** Para la primera propuesta se desea identificar herramientas para agilizar la ubicación de piezas. Desarrollar un instructivo para el uso de la máquina láser de corte y así evitar equivocaciones en el encuadre de referencia y simulado de corte. Implementar puntos de control para monitorear las piezas procesadas, estanterías para facilitar el almacenamiento de sobrantes junto con una bodega virtual. Y para disminuir el desplazamiento, la instalación de un cable de red y la reubicación de los puestos de trabajo.

**2.3.2.2 Diseño 2.** Para esta propuesta, se quiere implementar lo de la propuesta #1 pero adicional se propone la construcción de un área cerrada para implementar el pulido por sandblasting, lo que reduciría considerablemente el tiempo de pulido.

Para ambos diseños se analizaron los posibles pros y contras como se detalla en la Tabla 2.6 y se los comparó con la situación actual de la empresa.

### 2.3.3 Cuadro de pros y contras de cada modelo para el rediseño de procesos

Tabla 2.6 Pro y contras de las opciones de diseño

<b>Opción 0</b>		<b>Opción 2</b>		<b>Opción 3</b>	
<b>Situación Actual</b>		<b>Reubicación</b>		<b>Sandblasting</b>	
<b>PROS</b>	<b>CONS</b>	<b>PROS</b>	<b>CONS</b>	<b>PROS</b>	<b>CONS</b>
<p><input checked="" type="checkbox"/> El proceso de pulido manual deja un mejor acabado a las piezas</p>	<p><input type="checkbox"/> La ubicación de piezas diseñadas es manual y demanda mucho tiempo.</p> <p><input type="checkbox"/> Existe un tiempo de desplazamiento debido a que el archivo de ser llevado en un pendrive.</p> <p><input type="checkbox"/> No hay puntos de control para cuantificar los errores.</p> <p><input type="checkbox"/> Los sobrantes son depositados en el piso y no hay un control de lo que puede ser reutilizado.</p> <p><input type="checkbox"/> Existen largos desplazamientos por flujo de materiales y personas.</p> <p><input type="checkbox"/> El proceso de pulido es manual y demanda mucho tiempo.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Disminución del tiempo de ubicación de las piezas diseñadas.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cable de red para enviar el archivo de la oficina de diseñadores, directamente a la laser de corte.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Puntos de control permiten cuantificar los errores y es información para la mejora continua.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Las estanterías para planchas y sobrantes permiten tener un orden y facilidad para identificar lo que se requiere. Bodega virtual permite el control de sobrantes.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> La reubicación del área de pulido disminuye notablemente el tiempo por desplazamiento.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aumenta el tiempo de procesamiento debido a las inspecciones.</p> <p><input type="checkbox"/> Las estanterías tienen un costo y actualizar la biblioteca virtual demanda tiempo.</p> <p><input type="checkbox"/> La reubicación implica un costo por alquiler de montacargas, nuevas conexiones y tiempo no trabajado.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Disminución del tiempo de ubicación de las piezas diseñadas.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cable de red para enviar el archivo de la oficina de diseñadores, directamente a la laser de corte.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Puntos de control permiten cuantificar los errores y es información para la mejora continua.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Las estanterías para planchas y sobrantes permiten tener un orden y facilidad para identificar lo que se requiere. Bodega virtual permite el control de sobrantes.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Reubicación y acondicionamiento para área de prepulido.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Reduce notablemente el tiempo de procesamiento de las piezas pulidas.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aumenta el tiempo de procesamiento debido a las inspecciones.</p> <p><input type="checkbox"/> Las estanterías tienen un costo y actualizar la biblioteca virtual demanda tiempo.</p> <p><input type="checkbox"/> La reubicación implica un costo por alquiler de montacargas, nuevas conexiones y tiempo no trabajado.</p> <p><input type="checkbox"/> Se requiere de una inversión mayor y el acabado de las piezas es diferente.</p>

Nota. La tabla muestra pro y contras de las 2 opciones de diseño propuestas.

### 2.3.4 Matriz de decisión de propuestas para la creación de procedimientos

Esta matriz nos permitió evaluar las alternativas, tanto la actual como las propuestas. Se toma en cuenta las especificaciones de diseño, restricciones y criterios adicionales también importantes para lo que se quiere lograr, con la finalidad de escoger el diseño que cumpla con todos los requerimientos y restricciones. Tal como se muestra en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7** Matriz de decisión

	<b>Preguntas</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Opción 0</b>	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>
			<i>Situación Actual</i>	<i>Reubicación</i>	<i>Sandblasting</i>
<b>Especificaciones del diseño</b>	¿El diseño aporta en la estandarización de los procesos?	5	0	1	1
	¿El diseño propone nuevas herramientas que mejoren los procesos?	5	0	1	1
	¿El diseño logra la disminución del tiempo de ubicación de piezas diseñadas en las planchas?	5	0	1	1
	¿El diseño ayuda a la cuantificación del tiempo horas-hombre?	5	0	1	1
<b>Restricciones del diseño</b>	¿El diseño se encuentra dentro del presupuesto pactado?	4	1	0	0
	¿La propuesta de diseño es fácil de entender y aplicar?	5	1	1	0
	¿El diseño puede ser implementado en menos de un mes?	4	1	1	0
<b>Otros criterios</b>	¿El diseño disminuye la distancia recorrida?	5	0	1	1
	¿El diseño toma en cuenta la calidad de las piezas?	4	1	1	0
	¿el diseño disminuye el tiempo de procesamiento?	4	0	1	1
	¿El diseño considera el registro de errores?	4	0	1	1
<b>TOTAL</b>			<b>17</b>	<b>46</b>	<b>33</b>

*Nota.* La tabla muestra el análisis para decidir que opción de diseño se implementaría.

### 2.3.5 Análisis de situación actual para ubicación de piezas diseñadas en planchas.





La anidación de piezas diseñadas en las planchas es una actividad manual que se realiza en el programa de diseño CAD, donde todas las piezas de las máquinas se agrupan por espesor, luego se toman una a una con el cursor para ubicarlas en un rectángulo que

representa la plancha en donde se cortan. Este procedimiento está ligado estrechamente con la habilidad, experiencia y criterio de quién hace la distribución.

La manera en que se hace esta actividad no solo ocasiona altos tiempos, sino que también incurre en errores. Algunos de estos son: poner la misma pieza dos veces, olvidarse de colocar una pieza o que la manera en que distribuyeron las piezas no sea la más adecuada. Estos errores se relacionan con desperdicios y uso de una mayor cantidad de materia prima.

### 2.3.6 Propuestas de herramientas para la distribución de piezas diseñadas

**Figura 2.15** Situación Actual y opciones para ubicación de piezas

SITUACIÓN ACTUAL		OPCIÓN DISEÑO #1	OPCIÓN DISEÑO #2	OPCIÓN DISEÑO #3
La distribución de las piezas (anidación) se hace de manera empírica, es decir; los resultados dependen de la experiencia o habilidad del diseñador		Una técnica heurística es un método para mejorar una metodología sin garantizar una solución óptima, pero estableciendo metas inmediatas.	Existen softwares de uso libre que permiten realizar la anidación de una forma más automática (se debe verificar que su funcionalidad esté alineada con los objetivos del proyecto).	Existen softwares pagados que permiten realizar la anidación de una forma más automática.
<b>Ubicación de piezas manual</b> 		<b>Implementación de estrategias heurísticas para problemas de anidación.</b> 	<b>Implementación de Software de uso libre para problemas de anidación.</b> 	<b>Implementación de Software pagado.</b> 
UBICACION DE PIEZAS MANUALMENTE		**MÉTODO HEURÍSTICO	DEEPCUT	NEST VERSIÓN DEMO
ESTA ACTIVIDAD ES HECHA MANUALMENTE EN EL SOFTWARE AUTOCAD.		ALGORITMO BASADO EN REGLAS Y EXPERIENCIA, BUSCA SOLUCIONES SIN GARANTIZAR LA OPTIMA	PROGRAMA DE CODIGO ABIERTO COMPATIBLE PARCIALMENTE CON LOS SISTEMAS ACTUALES	PROGRAMA VERSION DEMO TIENE LIMITE DE 50 PIEZAS PARA OPTIMIZAR ó 20 PLATES.
TOMA HASTA 8 HORAS UBICAR LAS PIEZAS DE UN PROYECTO. ES UNA ACTIVIDAD COMPLICADA DEBIDO A LA TOMA DE DECISIÓN DEL OPERADOR.		DEMANDA TIEMPO PARA PROGRAMAR EL METODO. PAGAR POR SERVICIOS A PROGRAMADOR.	NO REQUIERE PAGO DE SUSCRIPCION.	NO REQUIERE PAGO DE SUSCRIPCION. TIENE VERSION DE PAGO "NESTCUT"
EL OPERADOR DEBE TENER EXPERIENCIA EN LA FORMA DE TRABAJO		REQUIERE SER PROGRAMADO Y LA INTERFAZ NO PODRIA SER TAN INTUITIVA. REQUIERE CURVA DE APRENDIZAJE.	INTUITIVO Y FACIL DE USAR PERO REQUIERE CURVA DE APRENDIZAJE	INTUITIVA FACIL DE USAR. FUNCIONA EN LINEA Y POSEE UN BUEN ENFOQUE EN LA OPTIMIZACION DE MATERIAL.
VERSION				
COSTO				
INTERFAZ				

*Nota.* La figura muestra las opciones de diseño para la ubicación de piezas en las planchas.

Como se muestra en Figura 2.15, se analiza la posibilidad de utilizar métodos heurísticos, softwares de uso libre y un software de anidación pagado. Y en la Tabla 2.8 se muestra el análisis de cada una de ellas.



2.3.7 Cuadro pros y contras: herramientas para ubicación de piezas en las planchas

Tabla 2.8 Cuadro de pro y contra: herramientas ubicación piezas

Opción 0		Opción 1		Opción 2		Opción 3	
Situación Actual		Estrategias heurísticas de optimización para problemas de anidación		Implementación de software de uso libre para optimización de problemas de anidación		Implementación de software pagado para optimización de problemas de anidación	
Se constató que actualmente la distribución de las piezas en la materia prima (anidación) se la hace de manera empírica, es decir; los resultados dependen netamente de la experiencia o habilidades del diseñador		Una técnica heurística es un método para mejorar una metodología sin garantizar una solución óptima, pero estableciendo metas inmediatas. Dado lo complejo de los problemas de anidamiento, hay muchos enfoques que utilizan métodos heurísticos y estrategias de colocación.		Existen softwares de uso libre que permiten realizar la anidación de una forma más automática (se debe verificar que su funcionalidad esté alineada con los objetivos del proyecto)		Existen softwares pagados (se debe verificar que su funcionalidad esté alineada con los objetivos del proyecto) que permiten realizar la anidación de una forma más automática	
PROS	CONS	PROS	CONS	PROS	CONS	PROS	CONS
Hay mayor maniobrabilidad y prioridad en ubicación	<u>El diseñador debe tomar continuamente decisiones sobre la mejor disposición</u>	Flexibilidad al abordar aspectos complicados, soluciones factibles en este problema que no se conoce un método exacto	Disminuye la toma de decisiones basado en que se está utilizando la mejor estrategia	<u>Elimina la toma de decisiones, lo que implicaría una reducción de tiempo</u>		<u>Elimina la toma de decisiones lo que implicaría una reducción de tiempo</u>	
Es más fácil darse cuenta que una pieza tenga correctamente las marcas de grabado	Depende del conocimiento, habilidad y la experiencia del diseñador para la anidación	Busca soluciones óptimas y no depende tanto de la habilidad del diseñador	<u>Son algoritmos de aproximación, por lo que aunque puede dar mejores resultados no necesariamente serán las más óptimas</u>	No depende de la habilidad y la experiencia del diseñador	<u>Es necesario conocer el funcionamiento de la aplicación</u>	No depende de la habilidad y la experiencia del diseñador	<u>Es necesario conocer el funcionamiento de la aplicación</u>
Elige la mejor disposición percibida para lograr el mejor patrón de corte	<u>Da lugar a equivocaciones como duplicar las piezas o olvidarse de alguna</u>	Disminuye las equivocaciones	Aún podrían existir equivocaciones por parte del operador	Elimina las equivocaciones		Elimina las equivocaciones	
<u>En un solo archivo DWG se puede ver las disposición elegida de todos los espesores ubicados y optimizados.</u>	No se sabe si realmente se ha aprovechado la materia prima o puede haber mucho desperdicio	Se espera reducir el desperdicio	<u>Existe la posibilidad de que existan otras soluciones mejores</u>	<u>Reduce el desperdicio porque busca la disposición óptima de las piezas diseñadas</u>		<u>Reduce el desperdicio porque busca la disposición óptima de las piezas diseñadas</u>	
Es posible percibir una equivocación para corregirla	<u>Si tengo que ubicar una nueva pieza hay que deshacer la anidación realizada previamente y reubicar las piezas</u>			Se obtiene la misma extensión de archivo dxf		Trabaja con la misma extensión de archivo dxf	
El coste esta asociado con el tiempo del diseñador	El coste podría ser alto y difícil de calcular debido a la variabilidad del tiempo	Bajo coste computacional para su implementación		Existen programas de uso libre que podrían ser utilizados sin pagos	<u>Los programas de uso libre tienen restricciones en cuanto a su uso y funcionalidad</u>	Usan una interfaz amigable con el usuario	<u>Podrían tener costos altos, la licencia solo dura un período de tiempo</u>
	Tiempos altamente variables debido al tiempo de decisión y muchas piezas heterogéneas	<u>Reduce la variabilidad del tiempo debido al tiempo de decisión y muchas piezas heterogéneas</u>		Elimina la variabilidad del tiempo		Elimina la variabilidad del tiempo	

Nota. La tabla muestra las diferencias entre los sistemas propuestos.

### 2.3.8 Matriz de decisión para ubicación de piezas en las planchas

**Tabla 2.9** Matriz de decisión para elegir método de ubicación de piezas en planchas

	Preguntas	Ponderación	Opcion 0	Opcion 1	Opcion 2	Opcion 3
			Situación Actual	Estrategias heurísticas para la optimización para problemas de anidación	Software de uso libre para optimización de problemas de anidación	Implementación de software pagado para optimización de problemas de anidación
Especificaciones del diseño	¿El diseño ayuda a la disminución del tiempo de ubicación de piezas?	5	0	1	1	1
	¿El diseño considera la disminución de errores?	4	0	1	1	1
	¿El diseño es un proceso fácil de seguir?	5	0	0	1	1
Restricciones del diseño	¿El diseño se encuentra dentro del presupuesto pactado?	4	1	1	1	0
	¿La propuesta de diseño es fácil de entender y usar?	5	0	0	1	1
	¿El diseño puede ser implementado en menos de un mes?	5	1	1	1	1
Otro criterios	¿El diseño toma en cuenta la optimización de la distribución de piezas?	5	0	0	1	1
	¿El diseño toma en cuenta el ahorro de la materia prima?	4	0	0	1	1
	¿El diseño disminuye el tiempo de toma de decisión del usuario?	4	0	1	1	1
TOTAL			9	22	41	37

*Nota.* La tabla muestra los criterios para elegir el mejor método.

En la Tabla 2.9 se muestran los criterios utilizados para elegir la alternativa que se ajuste a las necesidades de la empresa y la ponderación, concluyendo que el software libre es la mejor opción.

### 2.3.9 Análisis de la situación actual para el cálculo de horas hombre

Actualmente la compañía no usa las horas-hombre de procesamiento porque no tienen esa información. Debido a que sus máquinas son personalizadas y siempre varían les ha sido difícil determinar ese dato. Para poder costear sus productos utilizan información por área y metro y calculan los costos para cada pieza de la máquina. Para esto utiliza valores de empresas subcontratadas que hacen procesos similares de corte y plegado.

### 2.3.10 Propuestas de método para la estimación horas-hombres

La propuesta es calcular un número estimado de horas de procesamiento por plancha según su espesor. Este estimado de tiempo fue calculado en el diagrama de proceso de flujo que se puede revisar en el Apéndice B, donde se determinó que el procesamiento de una plancha de 4mm es en promedio de 8 horas.

### 2.3.11 Análisis financiero

En la Tabla 2.10 se detallan los costos por implementación de la Opción de diseño #1 y se calcula la inversión inicial para llevar a cabo lo propuesto. En la Tabla 2.11 se calcula el Valor Actual Neto donde se observa un retorno de la inversión en 4 meses.

#### 2.3.11.1 Inversión inicial.

**Tabla 2.10** *Tabla de costos de inversión inicial para la Opción #1*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Cable de red	40 mts	\$ 30,00
Instrucciones impresas	2	\$ 40,00
Apoyamanos de madera	2	\$ 3,40
Estantería	1	\$ 150,00
Alquiler de montacargas de 7 toneladas por 2 horas	2	\$ 200,00
Conexiones eléctricas y reubicación del tablero	1	\$ 50,00
Construcción de mesa de trabajo	2	\$ 150,00
Puesta en marcha de plegadora BKB	1	\$ 200,00
Instalaciones de extractores de partículas	1	\$ 700,00
Costo de tiempo por parar	2	\$ 23,00
Alquiler de montacargas de 7 toneladas por 2 horas (por si hay producto terminado)	2	\$ 200,00
<b>SUBTOTAL</b>		\$1.746,40
<b>INVERSION POR USO DE SOFTWARE DE OPTIMIZACIÓN</b>		
Software de uso libre	1	\$ 0,00
Costo de Capacitación	1	\$ 67,50
<b>SUBTOTAL</b>		\$ 67,50
<b>TOTAL</b>		\$1.813,90

*Nota.* La tabla muestra los costos asociados a la implementación de la opción #1.

### 2.3.11.2 Valor actual neto (VAN).

**Tabla 2.11** *Tabla de cálculo de Valor Actual Neto*

<b>Periodo (Mes)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Ingresos (+)</b>		\$814,64	\$814,64	\$814,64	\$814,64
Ahorro promedio de evitar errores		\$558,65	\$558,65	\$558,65	\$558,65
Ahorro promedio de tiempo en procesar pieza no conforme		\$97,33	\$97,33	\$97,33	\$97,33
Ahorro promedio por tiempo de desplazamiento		\$88,45	\$88,45	\$88,45	\$88,45
Costo de piezas duplicadas		\$24,13	\$24,13	\$24,13	\$24,13
Costo de la disminución de tiempo		\$38,30	\$38,30	\$38,30	\$38,30
Costo de esperar por una pieza que falta		\$12,78	\$12,78	\$12,78	\$12,78
<b>Costos (-)</b>		\$24,91	\$24,91	\$24,91	\$24,91
Costo de hojas utilizadas		\$2,11	\$2,11	\$2,11	\$2,11
Costo de impresiones		\$19,20	\$19,20	\$19,20	\$19,20
Bolígrafos		\$3,60	\$3,60	\$3,60	\$3,60
<b>Ingreso neto</b>		\$794,73	\$794,73	\$794,73	\$794,73
<b>Inversión inicial</b>	\$1.813,90				
<b>Tasa de interés</b>	12,36%				
<b>Valor Actual Neto</b>	\$581,78				

*Nota.* La tabla muestra el cálculo del VAN para la opción de diseño #1.

### 2.3.12 Análisis de los recursos y herramientas para el diseño propuesto.

Figura 2.16 Herramientas y recursos para el diseño propuesto



*Nota.* La figura muestra las herramientas que se usarán para el diseño propuesto.

Como se observa en la Figura 2.16, para el desarrollo del diseño se identificaron los recursos y herramientas necesarias para la mejora del proceso en estudio. Cada una de ellas cumple con los requerimientos y restricciones, como se muestra en la Figura 2.17.

Figura 2.17 Resumen de recursos y herramientas: especificaciones y restricciones

		1 HERRAMIENTAS PARA AGILIZAR UBICACIÓN DE PIEZAS	2 PROCEDIMIENTO PARA MAQUINA DE CORTE	3 PUNTOS DE CONTROL	4 ESTANTERIAS PARA SOBANTES	5 REUBICACIÓN DE PUESTO DE TRABAJO	6 BODEGA VIRTUAL DE SOBANTES	7 CUANTIFICAR HORAS-HOMBRE
ESPECIFICACIONES	Creación de herramientas y procedimientos estandarizados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tiempo de ubicación de piezas en plancha con respecto al largo de corte (min)	✓						
	Cuantificación tiempo horas-hombre según el proyecto (hrs)							✓
RESTRICCIONES	Presupuesto limitado: Máximo un salario de pasante de \$240 hasta el 30 de agosto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Las máquinas son personalizadas según los requerimientos de cada cliente.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	La complejidad de los procedimientos no debería ser alta		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	El diseño debe estar terminado para el 24 de agosto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*Nota.* La figura muestra las restricciones y especificaciones que se satisfacen con las herramientas y recursos propuestos.

**2.3.12.1 Herramientas para agilizar la ubicación de piezas.** Se identificó dos softwares de uso libre para la resolución de problemas de anidación: Deepnest y Nest versión demo. Se hizo un análisis comparativo de ellos para determinar cuál era el más adecuado como se muestra en la Figura 2.18:

**Figura 2.18** Análisis comparativo de ambos softwares de uso libre

VS	
DEEPNEST	NEST VERSIÓN DEMO
✓	✗
✗	✓
✓	✓
✗	✓
✗	✓
✗	✓
✓	✗

*Nota.* La figura muestra el análisis comparativo detallado de ambos Softwares.

Se concluye que *Nest versión demo* tiene características claves para el proceso de anidación de acuerdo con las necesidades de la empresa. Adicional este software tiene el mismo formato que la cortadora láser y se puede eliminar el proceso de marcar líneas de grabado para cada hoja. Para el uso de este programa se identificaron como actores responsables al coordinador de diseño y analistas metalmecánicos.

**2.3.12.2 Procedimiento para máquina de corte.** Se desarrolló un procedimiento para la máquina de corte. Como se puede observar en la Figura 2.19, se diseñó una infografía donde se muestran los pasos más importantes para la puesta en marcha de la máquina y se identifica el lugar donde será colocada.

**Figura 2.19** Diseño en Canva de la infografía para corte láser



*Nota.* La figura la infografía para el procedimiento escrito de corte láser.

En este recurso se utilizó el formato y colores que utiliza la compañía, para la ejecución de este procedimiento se identificó como actor responsable al operador de la máquina cortadora.

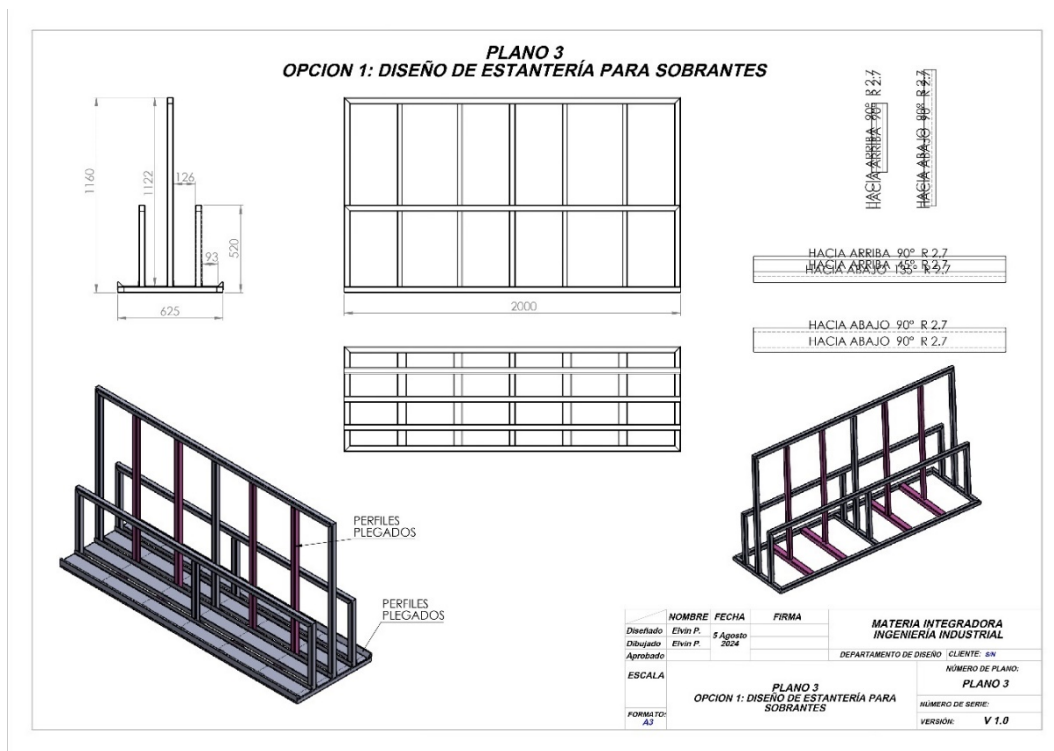
**2.3.12.3 Puntos de control.** La implementación de puntos de control permitirá el registro de piezas conformes y no conformes. Para esto se elaborará plantillas y un procedimiento escrito para su uso. Para este fin se identificó el lugar donde se colocará la infografía y se implementarán los puntos de control.

**2.3.12.4 Estanterías para sobrantes.** Se desarrolló 3 propuestas de diseño para las estanterías. Se entrega diseño, plano de ensamblaje y lista de materiales para su elaboración.

A continuación, se detallan las 3 opciones:

**2.3.12.4.1 Opción 1.** En la Figura 2.20 se muestra el diseño de la primera opción. Esta estantería es ideal para los sobrantes debido a la facilidad de manejo. Tiene bajo costo y es portable. Los detalles se los puede observar en PLANO 3 y PLANO 4.

**Figura 2.20** Opción 1: Diseño y plano de estantería para sobrante

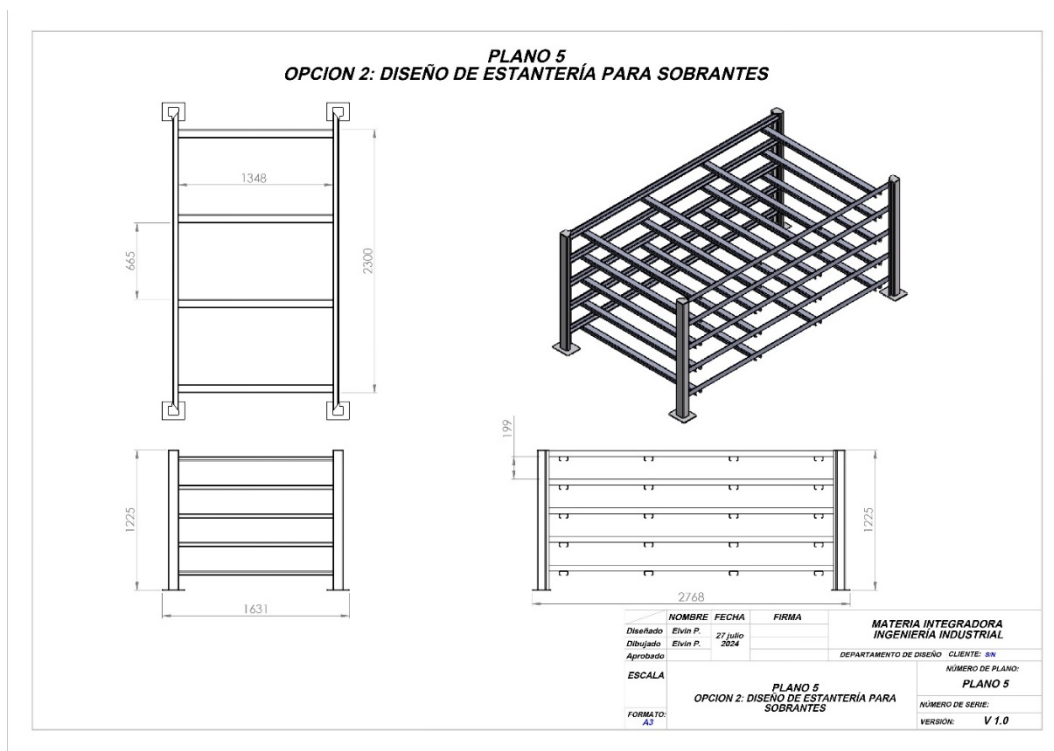


*Nota.* La figura muestra el plano de desarrollo y lista de materiales para la estantería opción 1.



**2.3.12.4.2 Opción 2.** En la Figura 2.21 se muestra el diseño de la segunda opción PLANO 5. Este tipo de estantería ocupa mucho espacio, pero es más resistente, lo que permitirá soportar más peso. Su costo es alto, debido a la cantidad y tipo de material a utilizarse.

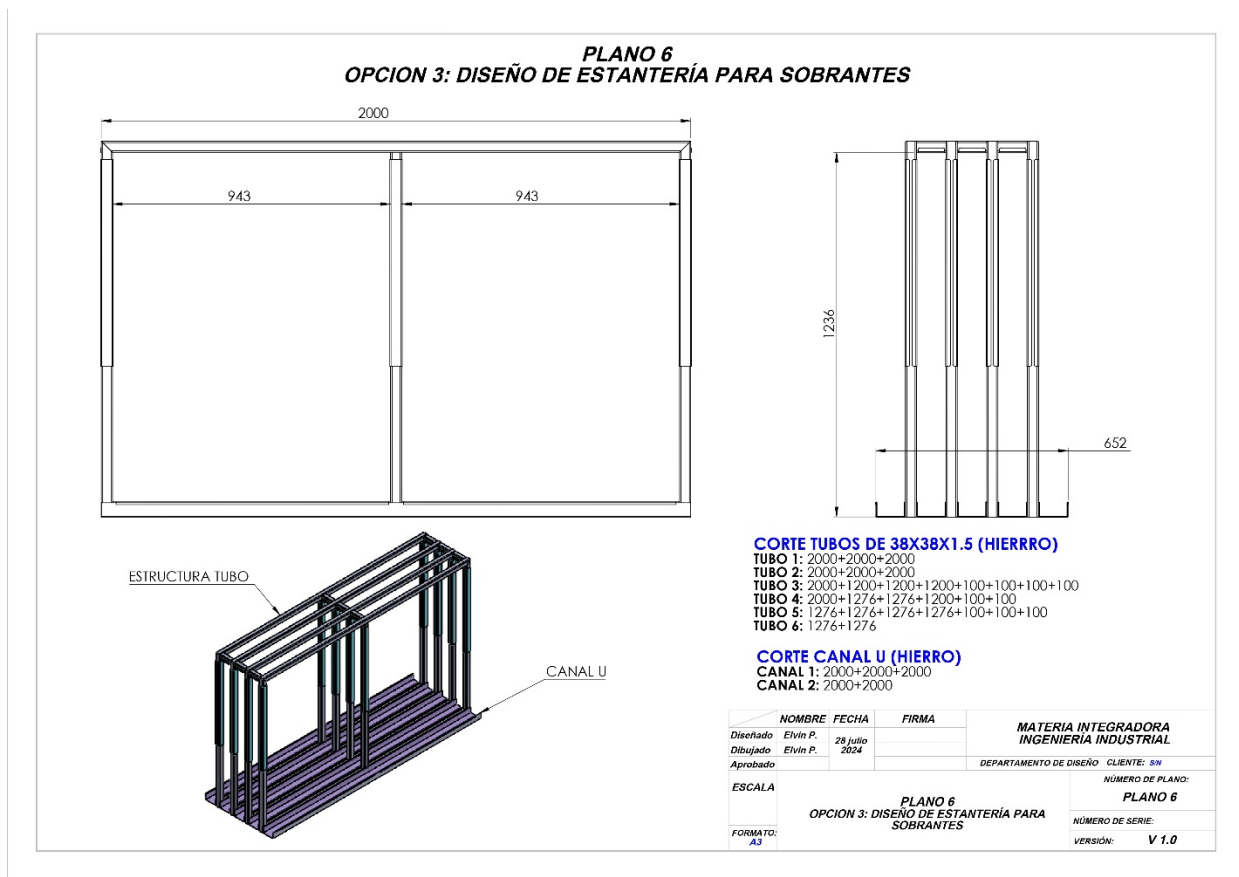
**Figura 2.21 Opción 2: Diseño y plano de estantería para sobrante**



*Nota.* La figura muestra el plano de desarrollo y armado para la estantería opción 2.

**2.3.12.4.3 Opción 3.** En la Figura 2.22 se muestra el diseño de la tercera opción PLANO 6. Este diseño es más compacto por lo que no requiere tanto espacio y es una buena opción para el almacenamiento de planchas enteras.

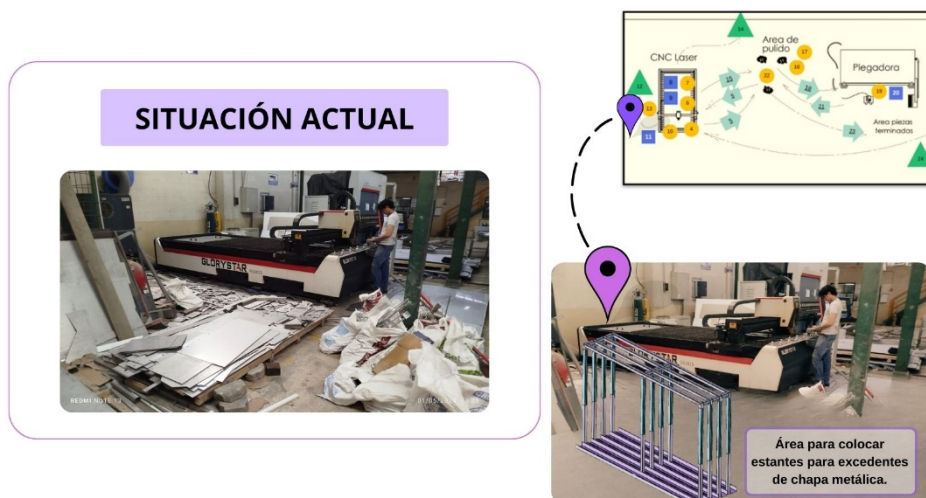
**Figura 2.22 Opción 3: Diseño y plano de estantería para sobrante**



*Nota.* La figura muestra el plano de armado y lista de materiales para la estantería opción 3.

También se identificó el lugar donde debería ir la estantería de sobrantes una vez elegida. En la Figura 2.23 se muestra la situación actual del área donde se desea implementarla.

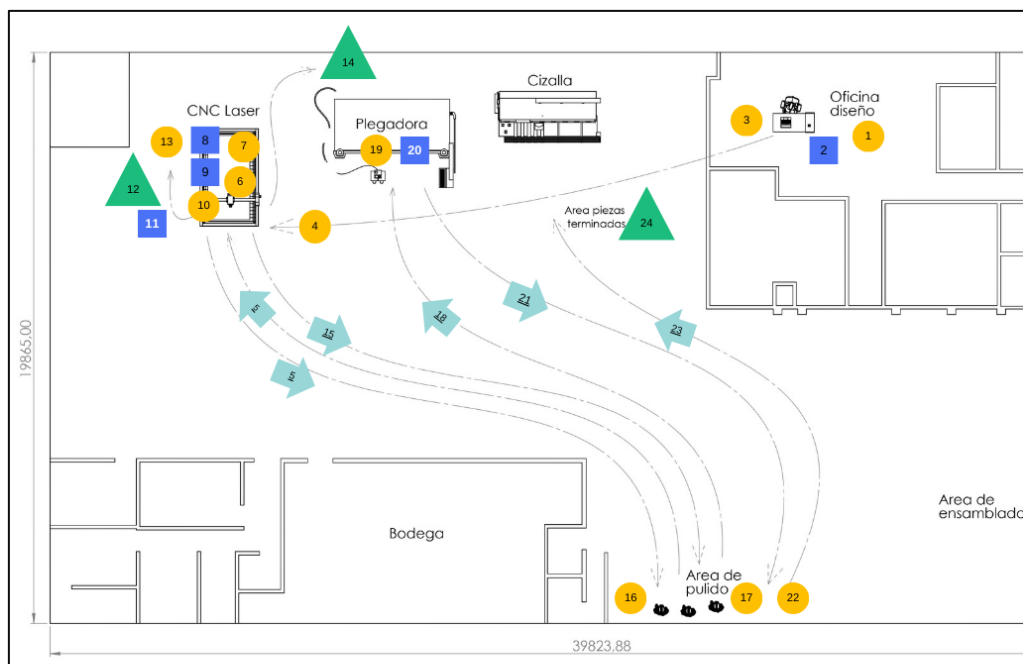
**Figura 2.23** Identificación de lugares para ubicar estanterías.



*Nota.* La figura muestra el sitio dentro de la empresa identificado para ubicar las estanterías.

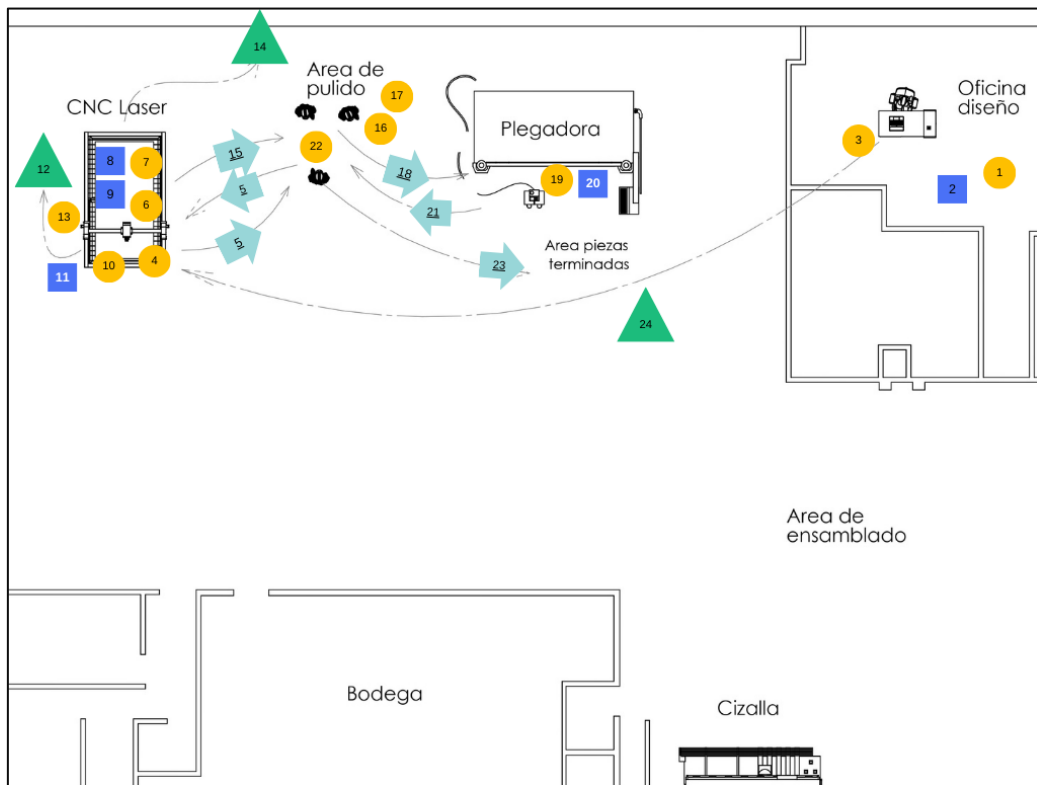
**2.3.12.5 Redistribución de las estaciones de trabajo.** Para esto se utilizaron diagrama de flujo y diagrama espagueti. Donde se medirán las nuevas distancias, lo que permitirá estimar los tiempos y analizar la información en los diagramas mencionados. En la Figura 2.24 se observa la situación actual, mientras que en la Figura 2.25 se analiza la propuesta.

**Figura 2.24** Diagrama de flujo de la situación actual.



*Nota.* La figura muestra el recorrido realizado por los analistas actualmente.

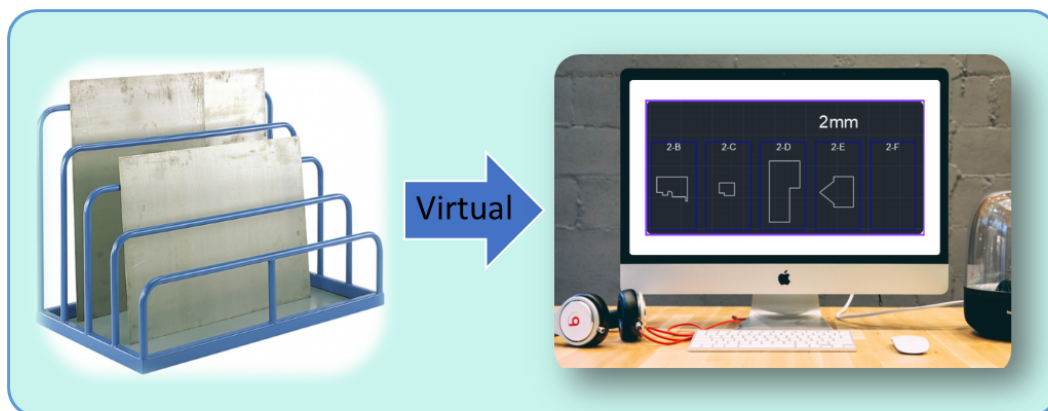
**Figura 2.25** Diagrama de flujo propuesto.



*Nota.* La figura muestra el recorrido realizado por los analistas en la situación propuesta.

**2.3.12.6 Bodega virtual.** Como se observa en la Figura 2.26, esta es una manera para mantener el control de sobrantes que pueden ser usados para cortar piezas, a la vez esta bodega facilitará el uso de sobrantes en el programa de anidación.

**Figura 2.26** Representación esquemática de la bodega virtual



*Nota.* La figura muestra el esquema de la bodega virtual.

Los entregables para esta herramienta son: formatos para la bodega virtual, procedimiento escrito, capacitación y recomendaciones para asegurar su uso a mediano y largo plazo. Se estableció como actores responsables al coordinador de diseño y a los analistas metalmecánicos.

**2.3.12.7 Cuantificación de horas-hombre.** Se propone una plantilla para el cálculo de horas-hombre que se enlaza a los tiempos obtenidos del diagrama de flujo de procesos. Esta herramienta será manejada por el jefe de producción. En la Figura 2.27 se muestra un ejemplo de la plantilla que se desea desarrollar.

**Figura 2.27** Formato propuesto para cuantificar horas-hombres por proyecto.

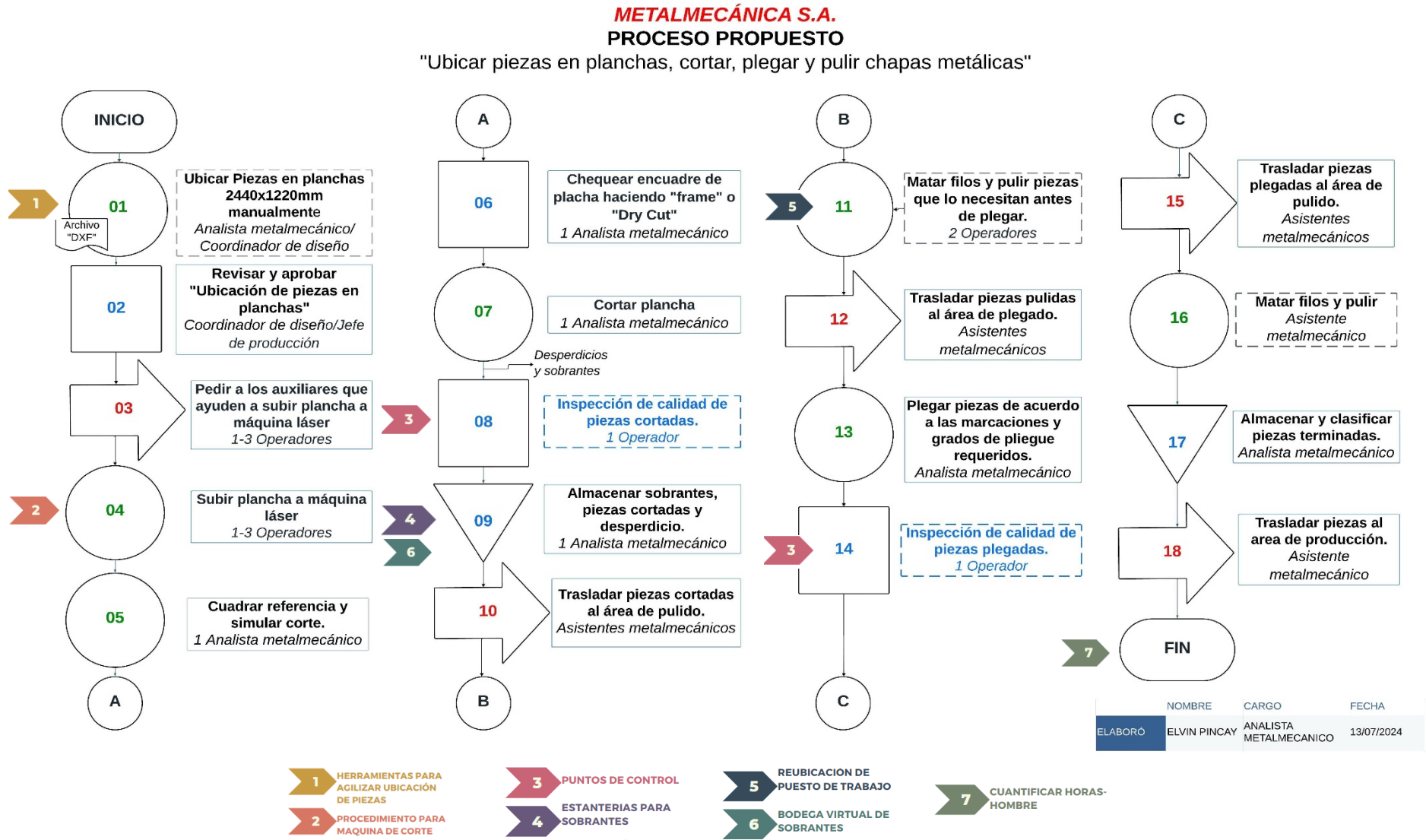
	<b>FECHA DE INICIO:</b>				17-ene-24
	<b>PROYECTO:</b>				
	<b>ENSAMBLE:</b>				LEBUMAR
<b>DESCRIPCION:</b>	<b>#PIEZAS</b>	<b># PLANCHAS</b>	<b>ESPESOR</b>	<b>HORAS ESTIMADAS</b>	
	78	5	4	40	
	90	9	3	54	
	200	36	2	144	
	17	5	1,5	15	
<b>TOTAL:</b>					<b>253</b>

*Nota.* La figura muestra el ejemplo del formato propuesto para un proyecto.

### 2.3.13 Diagrama OTIDA del diseño propuesto

En la Figura 2.28 se presenta el diagrama de flujo con el diseño propuesto indicando en qué parte del proceso serán aplicados los recursos y herramientas propuestas.

Figura 2.28 Diagrama OTIDA con el método propuesto.



Nota. La figura muestra el diagrama OTIDA con el proceso propuesto y las herramientas que se implementaron en cada etapa.

## 2.4 Etapa de verificación

### 2.4.1 Plan de prototipado

En la tabla 2.12 se detalla la planificación que se siguió para el desarrollo del diseño en la empresa.

**Tabla 2.12** Plan de prototipado de las propuestas.

	Fecha		Descripción		Recursos	Costo	Responsable	Estado de validación	
	Inicio	Fin	Qué?	Por qué?	Como?	Cuanto?	Quién?	Validación	Estado
1	9-jul-24	10-jul-24	Elaboración del diseño del formato de bodega virtual en archivo DWG para el registro de sobrantes de planchas que pueden ser utilizadas para cortar	Formato virtual que debe ser actualizado a diario para poder tener un control de los sobrantes que se pueden usar en futuros proyectos.	Formatos en AutoCAD	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, gerente de producción y coordinador de diseño.	Completo
2	11-jul-24	16-jul-24	Elaboración del procedimiento escrito del uso de la bodega virtual	Es un procedimiento que sirve para entender como manejar y mantener la bodega virtual que proponemos.	Formato usado por la empresa, considerando control de cambios y versiones.	Impresiones \$0,8 por copia del procedimiento a color.	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del coordinador de diseño.	Completo
3	17-jul-24	19-jul-24	Elaboración del plano de ensamblado y lista de materiales para contruir las estanterías físicas.	Sirve para saber como serán construidas las estanterías, contiene las dimensiones generales y el listado de materiales a usar.	Planos de ensamblados de estanterías en AutoCAD y Solidworks	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del gerente de producción.	Completo
4	20-jul-24	21-jul-24	Elaboración de procedimiento escrito de software libre para la distribución de piezas	Sirve para tener una guía detallada de pasos a seguir de las actividades realizadas en este proceso y es útil para introducir a nuevos trabajadores del área.	Formato usado por la empresa, considerando control de cambios y versiones.	Impresiones \$0,8 por copia del procedimiento a color.	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del coordinador de diseño.	Completo
5	22-jul-24	22-jul-24	Validación del procedimiento del uso de software libre	De esta manera se comprueba que el procedimiento toma en cuenta todos los parámetros del proceso y es fácil de entender y seguir	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del coordinador de diseño.	Completo
6	22-jul-24	23-jul-24	Elaboración de diagrama de flujo de procesos, medición de tiempo de desplazamiento considerando la distancia de reubicación	Nos permite estimar los tiempos con la nueva reubicación	Formato en Microsoft Excel (Diagrama de flujo de proceso), Flexómetro y Cronómetro	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del gerente de producción.	Completo
7	22-jul-24	23-jul-24	Elaboración de procedimiento escrito para el uso de la máquina de corte.	Sirve para tener una guía detallada de pasos a seguir de las actividades realizadas en este proceso.	Formato usado por la empresa, considerando control de cambios y versiones.	Impresiones \$0,8 por copia del procedimiento a color.	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, operador de corte y gerente de producción.	Completo
8	22-jul-24	23-jul-24	Elaboración de formatos para codificación y control de piezas.	Permitirá tener un mejor control de las piezas procesadas por espesor y proyecto.	Formatos en AutoCAD	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, gerente de producción y coordinador de diseño.	Completo

	Inicio	Fin	Qué?	Por qué?	Como?	Cuanto?	Quién?	Validación	Estado
9	23-jul-24	23-jul-24	Validación de procedimiento escrito para el uso de la máquina de corte	De esta manera se comprueba que el procedimiento toma en cuenta todos los parámetros del proceso y es fácil de entender y seguir	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, operador de corte y gerente de producción.	Completo
10	23-jul-24	23-jul-24	Validación de formatos para codificación y control de piezas	De esta manera se comprueba que el procedimiento toma en cuenta todos los parámetros importantes en el formato	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, gerente de producción y coordinador de diseño.	Completo
11	23-jul-24	25-jul-24	Diseño y elaboración de infografía para el uso de la máquina láser de corte	Sirve para obtener una guía Visual de los pasos a seguir en el corte. Y será ubicada frente a la máquina Láser.	Canva	\$20 impresión de baner de 0.97x2.32mts	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, operador de corte y gerente de producción.	Completo
12	25-jul-24	25-jul-24	Validación del diseño y elaboración de infografía para el uso de la máquina láser de corte.	De esta manera se comprueba que el diseño de la infografía cumple con las características publicitarias y colores de la compañía	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del gerente de producción.	Completo
13	25-jul-24	25-jul-24	Validación plano de ensamblado y lista de materiales para contruir estanterías físicas.	De esta manera se comprueba que el plano cumple con las características necesarias en tamaño y forma. Y e detalla el material necesario para su construcción	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del gerente de producción.	Completo
14	25-jul-24	25-jul-24	Validación de diseño del formato de bodega virtual en archivo DWG para el registro de sobrantes de planchas que pueden ser utilizadas para cortar	De esta manera que el formato de la bodega virtual es fácil de entender y actualizar	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del coordinador de diseño.	Completo
15	25-jul-24	30-jul-24	Elaboración de manual didáctico del software para los analistas metalmecánicos.	Se necesita presentar material visual para el manejo del nuevo software, esto servirá también para preservar el nuevo método si hay personal nuevo.	Microsoft Word, Canva, Archivos pdf.	Impresiones \$0,80 por copia del material didáctico a color.	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del coordinador de diseño.	Completo
16	2-ago-24	5-ago-24	Elaboración de presentación "ppt" y material para capacitación para analistas de diseño.	Se necesita presentar material didáctico para las capacitaciones sobre el manejo del nuevo software.	Elaboración de diapositivas, capacitación presencial.	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del coordinador de diseño.	Completo
17	6-ago-24	6-ago-24	Capacitación para el uso del software libre para la anidación de piezas diseñadas.	Se explica sobre el proceso a seguir para el uso del nuevo software para la anidación de las piezas diseñadas	Diapositivas y capacitación presencial	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del coordinador de diseño.	Completo



	Inicio	Fin	Qué?	Por qué?	Como?	Cuanto?	Quién?	Validación	Estado
18	6-ago-24	6-ago-24	Capacitación para el uso de la bodega virtual y recomendaciones para su mantenimiento a mediano y largo plazo.	Se explica el proceso a seguir para que la propuesta de bodega virtual funcione, ya que es útil al momento de aprovechar los sobrantes	Elaboración de diapositivas, capacitación presencial.	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del coordinador de diseño.	Completo
19	7-ago-24	14-ago-24	Validación de que el nuevo procedimiento disminuye el tiempo de ubicación de piezas diseñadas y optimiza el uso de planchas	Esta validación se hará tomando los tiempos con el nuevo procedimiento y comparando con los datos antes del diseño. <b>También permitirá medir la métrica financiera y ambiental del TBL</b>	Cronómetro, Prueba de hipótesis de diferencia de medias.	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y de la tutora	Completo
20	15-ago-24	15-ago-24	Medición de la experiencia de usuario con la nueva herramienta (software de optimización)	<b>Permite medir la métrica social del TBL</b> para validar los beneficios de la nueva propuesta .	Encuesta SUS	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave.	Completo
21	14-ago-24	19-ago-24	Elaboración de formatos para registros de piezas y errores.	Permitirá tener control de las piezas procesadas conformes y no conformes por espesor y proyecto y a su vez servirá para futuro análisis que permitirá la mejora continua.	Microsoft Excel	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, operador de corte y gerente de producción.	Completo
22	19-ago-24	19-ago-24	Validación de formatos para registros de piezas y errores.	De esta manera se comprueba que el procedimiento toma en cuenta todos los parámetros del proceso y es fácil de entender y seguir	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, operador de corte y gerente de producción.	Completo
23	14-ago-24	19-ago-24	Elaboración de formatos virtuales para la cuantificación de piezas entregadas y costo de los errores.	Permitirá tener control de las piezas procesadas con errores por espesor y proyecto y a su vez estimar el costo.	Microsoft Excel	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, operador de corte y gerente de producción.	Completo
24	19-ago-24	21-ago-24	Validación de formatos virtuales para la cuantificación de piezas entregadas y costo de los errores.	De esta manera que el formato reúne todos los parámetros relevantes para futuros análisis	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave, operador de corte y gerente de producción.	Completo
25	21-ago-24	26-ago-24	Elaboración del formato virtual para cálculo de horas-hombre	De esta manera que el formato reúne todos los parámetros relevantes para futuros análisis	Microsoft Excel	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del gerente de producción.	Completo
26	26-ago-24	26-ago-24	Validación formato para cálculo de horas-hombre	De esta manera se comprueba que el procedimiento toma en cuenta todos los parámetros del proceso y es fácil de entender y seguir	Vía e-mail y documento impreso y firmado	\$0	Dalia Pauta y Elvin Pincay	Retroalimentación del cliente clave y del gerente de producción.	Completo

*Nota.* La tabla muestra a detalle el plan de prototipado que se usó para este proyecto, se muestran fechas, responsables y estado de validación.

## **Capítulo 3**

### 3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Herramientas y recursos implementados en la compañía metalmeccánica

En la Figura 3.1 se enlista lo que se aplicó por cada recurso y herramienta diseñada.

**Figura 3.1** *Herramientas implementadas en la empresa metalmeccánica.*



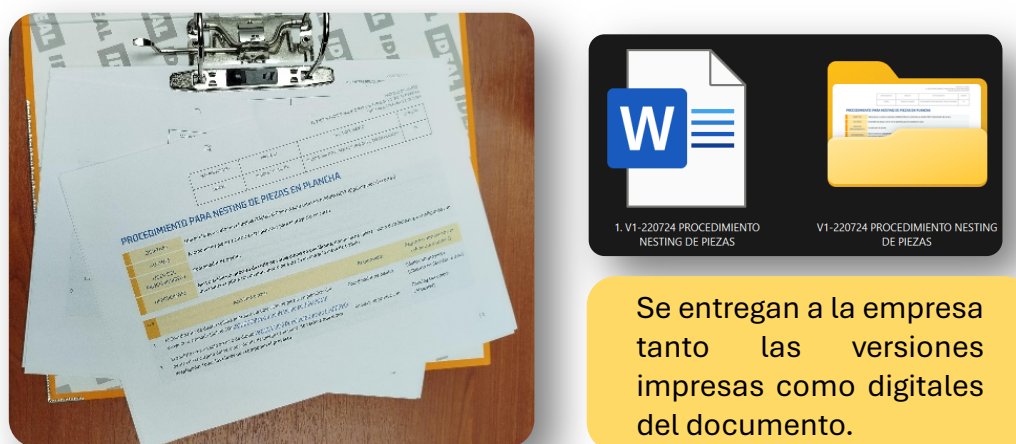
*Nota.* La figura muestra detalles de las herramientas implementadas y los entregables.

##### 3.1.1 *Software libre para la distribución de piezas diseñadas.*

Se implementó el software NEST, su función es la anidación de piezas en una plancha de corte de manera automática. Para lograr que los trabajadores encargados de esta actividad prueben la herramienta se desarrollaron varios recursos para este fin, los cuales listamos a continuación.

**3.1.1.1 Procedimiento escrito impreso y digital.** Se estableció un procedimiento para el uso del software, para esto se utilizó el formato de la empresa. Y se entregó un documento digital e impreso como se puede observar en la Figura 3.2.

**Figura 3.2** Procedimiento escrito para anidación de piezas en planchas.



*Nota.* La figura muestra el procedimiento en versión digital e impreso.

La Tabla 3.1 presenta los costos de la implementación. Se adjunta evidencia en el Apéndice C.

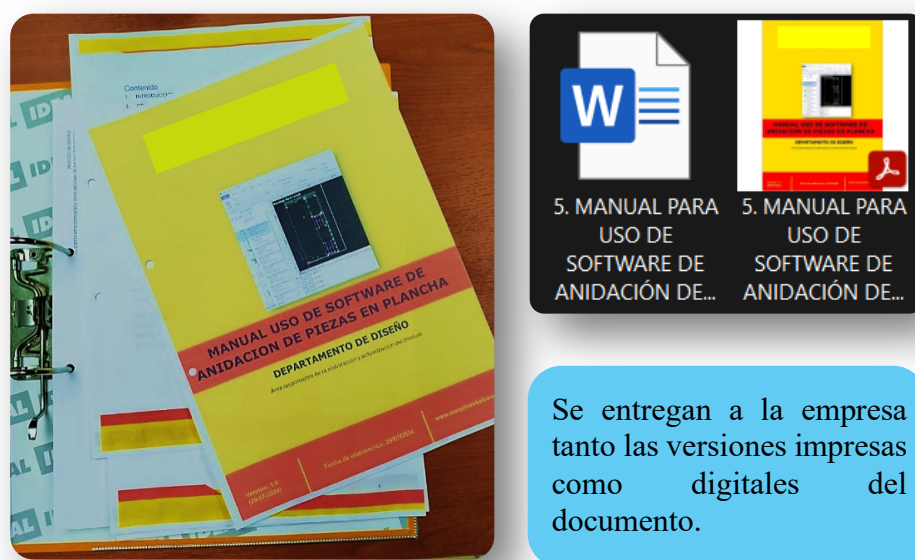
**Tabla 3.1** Tabla de costos para procedimiento escrito.

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Procedimiento escrito	<b>\$4,05</b>	Microsoft Word, archivos PDF.	Dalia Pauta y Elvin Pincay
• Carpeta marca Ideal	\$3,25	Suministros de oficina	Dpto. de compras
• 1 conjunto de impresiones en color	\$0,80	Impresora	Departamento de sistemas.

*Nota.* La tabla muestra los detalles de los valores que la empresa invirtió para implementar la herramienta de mejora.

**3.1.1.2 Manual para el uso del software libre para la anidación de piezas.** En la Figura 3.3 se muestra el manual de uso que se desarrolló, donde se detallan las funcionalidades y beneficios del software para su aplicación en la anidación de piezas.

**Figura 3.3** Manual para uso de Software NEST para anidación de piezas.



*Nota.* El manual se entregó en versión impresa y digital para futuras revisiones y actualizaciones.

En la Tabla 3.2 se puede revisar los costos asociados en el desarrollo de este recurso.

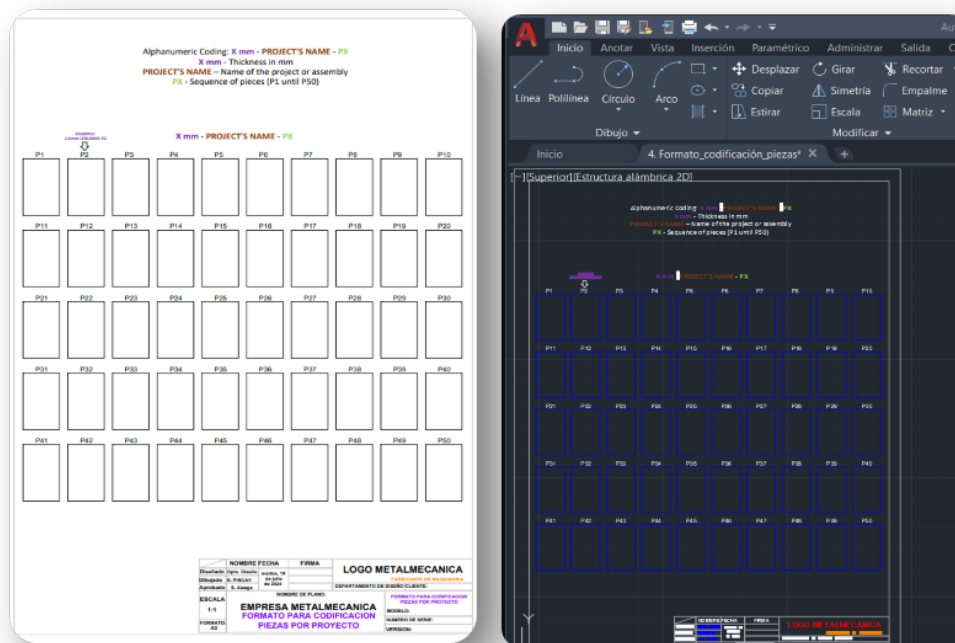
**Tabla 3.2** Tabla de costos asociados al Manual implementado.

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Manual para el uso del software de anidamiento de piezas.	<b>\$1,00</b>	Microsoft Word, Archivos PDF.	Dalia Pauta y Elvin Pincay
• 1 conjunto de impresiones en color	\$1,00	Impresora	Departamento de sistemas.

*Nota.* En la tabla se detalla los recursos utilizados para su elaboración y su costo.

**3.1.1.3 Formatos para la codificación de piezas.** En la Figura 3.4 se observan los formatos digitales creados para codificar las piezas que se procesan. Esto permitirá la trazabilidad de estas al final del proceso.

**Figura 3.4** Formatos para la codificación de piezas.



*Nota.* La figura muestra el formato en PDF y DWG para la codificación de piezas. Para la codificación se estableció que se debe iniciar con el espesor de la plancha, luego el nombre del proyecto y finaliza con el número de pieza. Ejemplo: 1,5mm-LEBUMAR-P40. La Tabla 3.3 presenta los costos asociados al desarrollo de este recurso.

**Tabla 3.3** Tabla de costos para el desarrollo de plantilla codificación piezas.

Recurso implementado:	Costo	Herramienta/Recurso	Elaborado por:
Plantilla para la codificación de piezas.	\$0,00	AutoCAD.	Elvin Pincay
• Copia de la plantilla en el servidor	\$0,00	Servidor de la compañía	Elvin Pincay

*Nota.* En la tabla se detalla recursos utilizados, costo y quién se encargó de su desarrollo y aplicación.

**3.1.1.4 Recurso didáctico para capacitación.** Se realizó una presentación pptx en donde se detalla el procedimiento y se resalta las principales funcionalidades y beneficios del software. Adicional se aborda el tema para la codificación de piezas y sobrantes que está ligado a la implementación y posterior actualización de la bodega virtual propuesta.

**Tabla 3.4** *Tabla de costos para la capacitación del uso del software NEST.*

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Presentación en PPTX	<b>\$0,00</b>	Microsoft PowerPoint.	Dalia Pauta y Elvin Pincay
• Diagramas didácticos en Canva	\$0,00	Canva	Dalia Pauta y Elvin Pincay

*Nota.* La tabla muestra los detalles de los valores que la empresa invirtió para implementar la herramienta de mejora.

En la Tabla 3.4 observamos las herramientas que se utilizaron, las personas que lo desarrollaron y sus costos. Este recurso también fue entregado a la empresa en formato digital para su futuro uso.

**3.1.1.5 Capacitación.** El jueves 8 de agosto 2024 se realizó una reunión con el fin de hacer una inducción para el uso del software, formatos y bodega virtual. Donde asistieron el asesor técnico, coordinador, supervisor de producción y los analistas metalmecánicos. En la Tabla 3.5 se muestran los costos relacionados a la capacitación.

**Tabla 3.5** *Tabla de costos asociados a la capacitación del personal.*

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Capacitación en el uso del programa.	<b>\$0,00</b>	Microsoft PowerPoint / Proyector.	Dalia Pauta y Elvin Pincay
• Diagramas didácticos en Canva	\$0,00	Canva	Dalia Pauta y Elvin Pincay
• Tiempo para que personal asista a la capacitación	\$0,00*	Tiempo de trabajo de los asistentes	-

*Nota.* La tabla que se muestra detalla los recursos que se utilizó y su costo, las evidencias de la capacitación pueden ser revisadas en el Apéndice D.

**3.1.1.5.1 Toma de tiempo de ubicación de piezas con el nuevo método y las mismas condiciones iniciales.** Se tomó el tiempo de anidación de piezas con el software NEST utilizando los mismos recursos de medición. Se midió a los operadores anidando las piezas de los mismos proyectos. Los datos tomados se observan en la Figura 3.5. Esto permitió un análisis del antes y después ya que los proyectos realizados en la empresa son personalizados.

**Figura 3.5** Toma de tiempos de ubicación de piezas con el nuevo método.

Método Antiguo									Método Nuevo					
Operador	Proyecto	Espesor (mm)	XI.1	XI.2	XI.1+XI.2	XI.3	Min(XI.3)	XI	XI.1	XI.2	XI.1+XI.2	XI.3	Min(XI.3)	XI
			Tiempo de colocación de piezas en plancha en AutoCAD (min)	Tiempo de colocación de líneas de marcado en la capa de grabado de CypCut (min)	Tiempo total para posicionar manualmente en las placas. (min)	Longitud total de corte (mm)	Longitud mínima de corte (mm)	Tiempo de colocación proporcional (min)	Tiempo de colocación de piezas en plancha en NEST (min)	Tiempo de colocación de líneas de marcado en la capa de grabado de NEST (min)	Tiempo total para posicionar manualmente en las placas. (min)	Longitud total de corte (mm)	Longitud mínima de corte (mm)	Tiempo de colocación proporcional (min)
Operador 1	LEBUMAR	1,5	11,13	6,97	<b>18,10</b>	57336	5843	<b>1,84</b>	6,37	0,00	<b>6,37</b>	57336	5843	<b>0,65</b>
		2	75,98	24,20	<b>100,18</b>	743555	5843	<b>0,79</b>	44,08	0,00	<b>44,08</b>	743555	5843	<b>0,35</b>
		3	35,23	15,52	<b>50,75</b>	276333	5843	<b>1,07</b>	22,60	0,00	<b>22,60</b>	276333	5843	<b>0,48</b>
		4	39,25	4,92	<b>44,17</b>	234685	5843	<b>1,10</b>	17,77	0,00	<b>17,77</b>	234685	5843	<b>0,44</b>
	LAV SACOS	1,5	3,75	1,18	<b>4,93</b>	15527	5843	<b>1,86</b>	2,83	0,00	<b>2,83</b>	15527	5843	<b>1,07</b>
		2	6,08	3,28	<b>9,36</b>	48121	5843	<b>1,14</b>	5,87	0,00	<b>5,87</b>	48121	5843	<b>0,71</b>
		3	0,75	0,47	<b>1,22</b>	7764	5843	<b>0,92</b>	1,03	0,00	<b>1,03</b>	7764	5843	<b>0,78</b>
		4	5,08	0,50	<b>5,58</b>	15562	5843	<b>2,10</b>	4,75	0,00	<b>4,75</b>	15562	5843	<b>1,78</b>
Operador 2	ELE HONDURAS	1,5	3,43	1,48	<b>4,91</b>	17098	5843	<b>1,68</b>	3,25	0,00	<b>3,25</b>	17098	5843	<b>1,11</b>
		2	13,65	4,45	<b>18,10</b>	77346	5843	<b>1,37</b>	9,00	0,00	<b>9,00</b>	77346	5843	<b>0,68</b>
		3	20,43	4,25	<b>24,68</b>	109879	5843	<b>1,31</b>	12,03	0,00	<b>12,03</b>	109879	5843	<b>0,64</b>
		4	2,10	0,62	<b>2,72</b>	5843	5843	<b>2,72</b>	2,08	0,00	<b>2,08</b>	5843	5843	<b>2,08</b>
	TK HONDURAS	1,5	7,45	2,08	<b>9,53</b>	37371	5843	<b>1,49</b>	6,18	0,00	<b>6,18</b>	37371	5843	<b>0,97</b>
		2	21,57	5,33	<b>26,90</b>	158629	5843	<b>0,99</b>	14,68	0,00	<b>14,68</b>	158629	5843	<b>0,54</b>
		3	28,75	5,43	<b>34,18</b>	213775	5843	<b>0,93</b>	16,97	0,00	<b>16,97</b>	213775	5843	<b>0,46</b>
		4	2,88	0,85	<b>3,73</b>	18178	5843	<b>1,20</b>	2,75	0,00	<b>2,75</b>	18178	5843	<b>0,88</b>
Operador 3	TK SONGA	1,5	21,45	3,63	<b>25,08</b>	61917	5843	<b>2,37</b>	16,12	0,00	<b>16,12</b>	61917	5843	<b>1,52</b>
		2	32,57	4,38	<b>36,95</b>	150745	5843	<b>1,43</b>	21,67	0,00	<b>21,67</b>	150745	5843	<b>0,84</b>
		3	35,75	4,23	<b>39,98</b>	140396	5843	<b>1,66</b>	22,23	0,00	<b>22,23</b>	140396	5843	<b>0,93</b>
		4	2,17	0,53	<b>2,70</b>	6670	5843	<b>2,37</b>	2,58	0,00	<b>2,58</b>	6670	5843	<b>2,26</b>
	TK PZCRUP4K	1,5	3,35	1,32	<b>4,67</b>	27870	5843	<b>0,98</b>	3,23	0,00	<b>3,23</b>	27870	5843	<b>0,68</b>
		2	17,02	4,62	<b>21,64</b>	135212	5843	<b>0,94</b>	12,30	0,00	<b>12,30</b>	135212	5843	<b>0,53</b>
		3	21,35	5,25	<b>26,60</b>	149970	5843	<b>1,04</b>	16,97	0,00	<b>16,97</b>	149970	5843	<b>0,66</b>
		4	1,98	0,72	<b>2,70</b>	8313	5843	<b>1,90</b>	2,17	0,00	<b>2,17</b>	8313	5843	<b>1,52</b>

*Nota.* La figura muestra los datos tabulados, del método antiguo y del método nuevo.

En la Tabla 3.6 se presentan la nueva media y varianza calculada, necesarios para la prueba de hipótesis de medias y constatar si ha habido alguna mejora.

**Tabla 3.6** Tabla de cálculo de estadísticos previos a la prueba de hipótesis.

<b>Media</b>	$\bar{X}_1$	<b>1,47</b>	$\bar{X}_2$	<b>0,94</b>
<b>Varianza</b>	$S_1$	<b>0,54</b>	$S_2$	<b>0,52</b>
<b>Tamaño de la muestra</b>	$n_1$	<b>24</b>	$n_2$	<b>24</b>

*Nota.* En la tabla muestran las medias y varianzas de ambas muestras.



La evidencia de la toma de los nuevos tiempos se adjunta en el Apéndice E.

**Figura 3.6 Prueba de Hipótesis: diferencia de medias de antiguo y nuevo método.**

### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$

Valor T GL Valor p

3,43 45 0,001

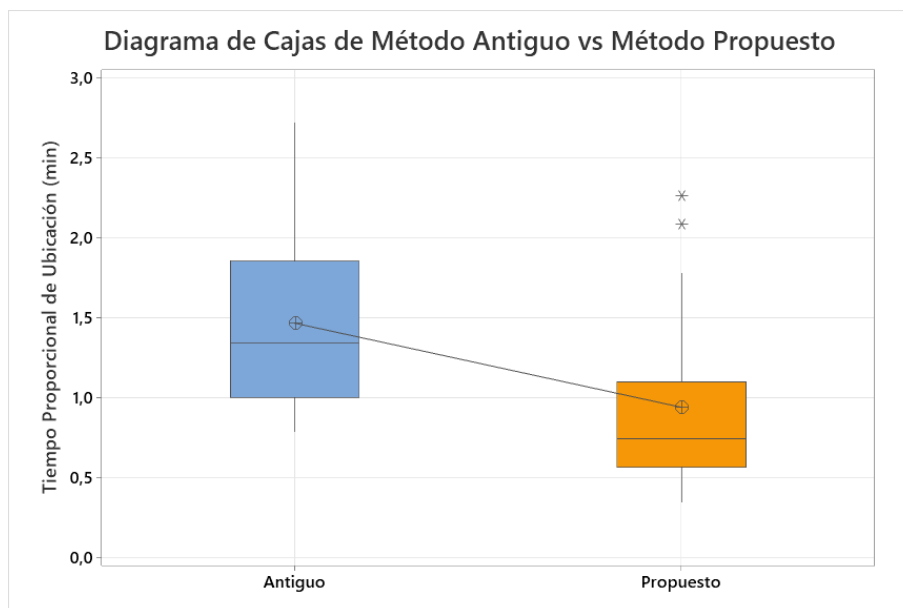
*Nota.* La figura muestra los datos obtenidos del software MINITAB.

Como se muestra en la Figura 3.6, para el análisis de los datos se utilizó MINITAB cuyos resultados fueron:

Con un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , con un Valor p de 0,001 se rechaza la hipótesis nula.

Por lo tanto, se puede inferir que el tiempo tomado para la actividad de anidación de piezas es menor.

**Figura 3.7 Diagrama de Cajas de ambos métodos.**



*Nota.* La figura muestra el diagrama de cajas de ambas muestras.

En el diagrama de cajas mostrado en la Figura 3.7, se observa la disminución de la media y el comportamiento de los datos. Se logró una reducción del 35% del tiempo promedio de anidación y el 4% de la variación.

### 3.1.2 Procedimiento para la máquina láser de corte

En este procedimiento, se establecieron pasos importantes que deben ser tomados en cuenta antes y después de cortar las planchas. Los cuales incluyen la configuración de la máquina y chequear la alineación de la plancha. Para este recurso los entregables fueron:

**3.1.2.1 Procedimiento escrito impreso y digital.** El procedimiento establecido fue hecho con el formato de la empresa y fue entregado de manera impresa y digital. El procedimiento establecido se detalla en el Apéndice F del documento. En la Tabla 3.7 se analizan los costos implicados.

**Tabla 3.7** *Tabla de costos de implementar procedimiento escrito.*

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Procedimiento escrito	\$4,05	Microsoft Word, archivos PDF.	Dalia Pauta y Elvin Pincay
Carpeta marca Ideal	\$3,25	Suministros de oficina	Dpto. de compras
1 conjunto de impresiones en color	\$0,80	Impresora	Departamento de sistemas.

*Nota.* En la tabla muestran los valores asociados a la implementación del procedimiento escrito para corte láser.

**3.1.2.2 Infografía.** Una vez establecido el procedimiento se realizó una infografía. La finalidad es que los operadores tengan en todo momento una guía para evitar equivocaciones especialmente en la parte de la alineación de la máquina y en el chequeo de la boquilla. La Tabla 3.8 se detallan los costos por la implementación.

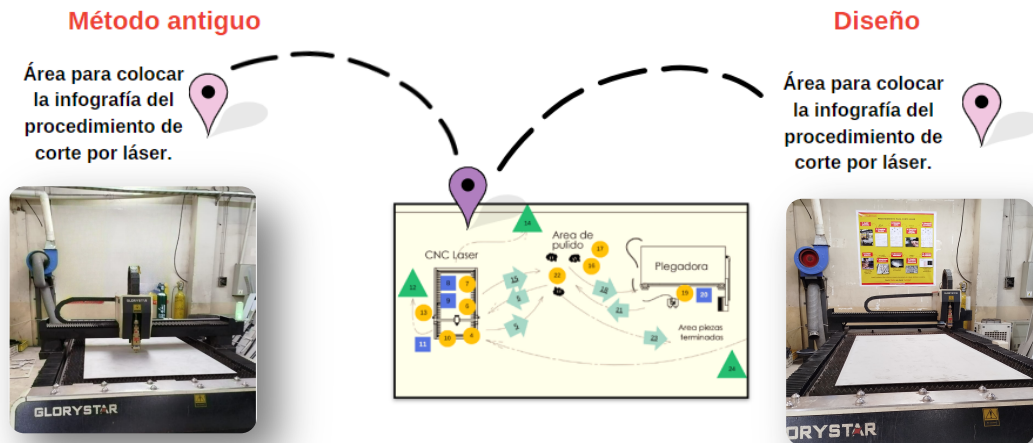
**Tabla 3.8** *Tabla de costos de implementación de la infografía.*

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Infografía del proceso de corte por láser.	\$15,52	CANVA (Exportado a archivo JPG.)	Dalia Pauta y Elvin Pincay
Banner 1.5x1.5mts	\$15,52	Proveedor externo	Dpto. de compras
Instalación en sitio	\$0,00	Trabajador	Asistente metalmecánico.

*Nota.* En la tabla muestran los valores asociados a la implementación de la infografía.

Como se muestra en la Figura 3.8 la infografía se colocó en un lugar visible para que los operarios puedan revisar el procedimiento antes de utilizar la máquina. Las evidencias se las puede encontrar en el Apéndice G.

**Figura 3.8** *Ubicación de la infografía en la metalmecánica.*



*Nota.* La figura muestra la ubicación de la infografía con el método antiguo versus el método propuesto.

### 3.1.3 Puntos de Control

Para los puntos de control se establecieron formatos tanto impresos como digitales que fueron entregados a la empresa. Se diseñó formatos para el control de piezas conformes y no conformes y un tablero en Excel para analizar la información recolectada diariamente.

**3.1.3.1 Procedimiento escrito.** Para las plantillas en los puntos de control también se estableció un procedimiento para su uso. Y fue entregado de manera digital e impresa.

Figura 3.9 Formato de las plantillas para los puntos de control.

EMPRESA METALMECÁNICA		PUNTO DE CONTROL CORTADORA LASER										Código:
												Versión:
												Página 1 de 1
FECHA:		AREA:										
PROYECTO:		RESPONSABLE:										
ESPESOR (mm):		1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	# DE PLANCHAS:				
TOTAL DE PIEZAS CORTADAS												
# PIEZAS NO CONFORMES												
PUNTO DE ORIGEN		#	CODIGO	CANTIDAD	CODIGO	CANTIDAD	CODIGO	CANTIDAD	CODIGO	CANTIDAD	CODIGO	CANTIDAD
DISEÑO												
CORTE (D)												
CORTE												
CORTE (SET UP)												
Otras novedades (especificar)												
TOTAL PIEZAS ENTREGADAS												RECIBE:

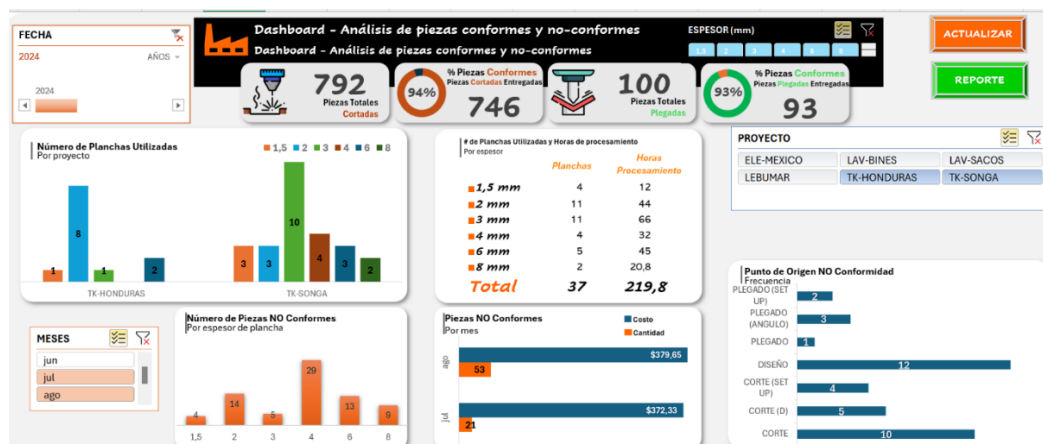
  

EMPRESA METALMECÁNICA		PUNTO DE CONTROL PLEGADORA CNC										Código:
												Versión:
												Página 1 de 1
FECHA:		AREA:										
PROYECTO:		RESPONSABLE:										
ESPESOR (mm):		1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	# DE PLANCHAS:				
TOTAL DE PIEZAS PLEGADAS												
# PIEZAS NO CONFORMES												
PUNTO DE ORIGEN		#	CODIGO	CANTIDAD	CODIGO	CANTIDAD	CODIGO	CANTIDAD	CODIGO	CANTIDAD	CODIGO	CANTIDAD
PLEGADO (ANGULO)												
PLEGADO (SET UP)												
PLEGADO												
Otras novedades (especificar)												
TOTAL PIEZAS ENTREGADAS												RECIBE:

Nota. La figura muestra la plantilla para punto de control de corte y plegado.

**3.1.3.2 Formatos para los puntos de control.** Como se observa en la Figura 3.9 se crearon dos formatos para el control de piezas para la máquina de corte y la dobladora. Adicional se diseñó un tablero con tablas dinámicas y macros en Excel para la entrada de información diaria recolectada que se muestra en la Figura 3.10.

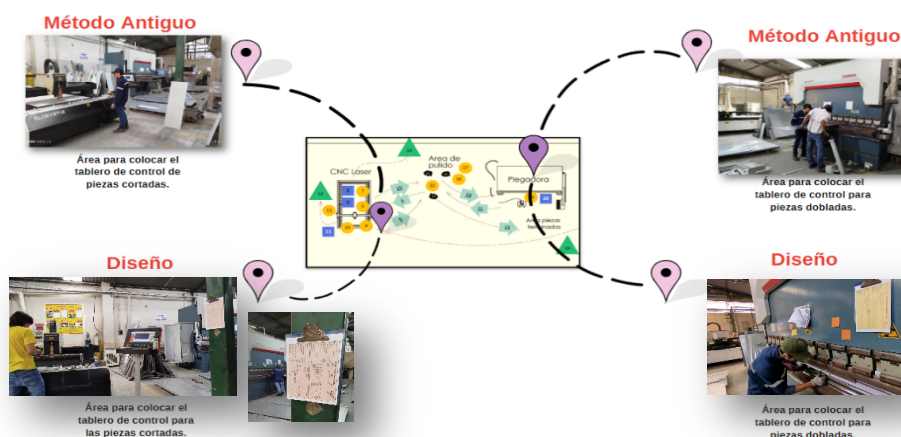
Figura 3.10 Tablero de control digital creado en Excel.



Nota. La figura muestra el tablero de control digital creado en Excel.

Este tablero de control creado en Excel permitirá el análisis de los datos diariamente, información que podrá ser filtrada por fecha, proyecto y espesor de la plancha.

**Figura 3.11** Ubicación de los tableros de puntos de control.



*Nota.* La figura muestra la ubicación de los tableros de control para corte y plegado.

Estos formatos fueron validados por los operadores, el jefe de producción y asistente de producción. En la Figura 3.11 se muestran los lugares donde fueron colocados. Las evidencias pueden ser encontradas en el Apéndice H.

### 3.1.4 Estanterías para planchas y sobrantes

Con la finalidad de mejorar el manejo de materia prima se analizó junto con el cliente tres opciones y se eligió la opción #1 y #3 como las mejores para ser implementadas.

**3.1.4.1 Estantería para sobrantes.** Estantería para los sobrantes que pueden ser utilizados para seguir cortando. Los costos se muestran en la Tabla 3.9.

**Tabla 3.9** Tabla de costos para la construcción de estanterías para sobrantes.

Recurso implementado:	Costo	Herramienta/Recurso	Elaborado por:
Plano de ensamblaje y lista de materiales para la construcción de la estantería.	\$170,00	-	Elvin Pincay
Dibujo para construcción	\$0,00	SolidWorks y AutoCAD	Elvin Pincay
Construcción de estantería para sobrantes	\$140,00	Pedido de materiales	Dpto. de compras
Construcción de estanterías para sobrantes	\$30,00	Máquina láser, plegador y soldador.	Dpto. de producción

*Nota.* En la tabla muestran los valores asociados a la construcción de las estanterías de sobrantes.

**3.1.4.2 Estantería para planchas.** Es para almacenar las planchas enteras que serán procesadas durante la jornada laboral. Los costos se muestran en la Tabla 3.10.

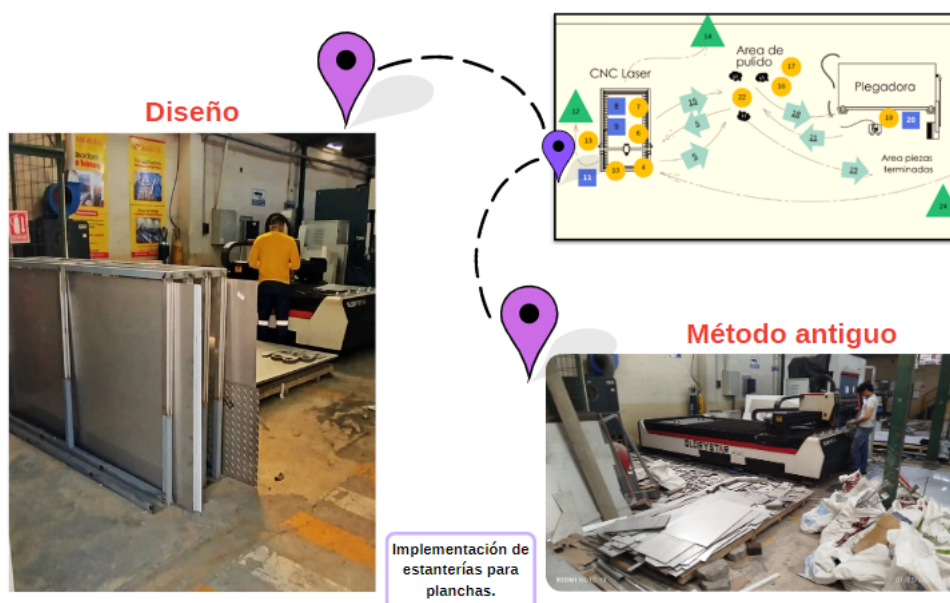
**Tabla 3.10** *Tabla de costos para la construcción de estanterías para planchas.*

Recurso implementado:	Costo	Herramienta/Recurso	Elaborado por:
Plano de ensamblaje y lista de materiales para la construcción de estanterías para planchas.	\$130,00	-	Elvin Pincay
Dibujo para construcción	\$0,00	SolidWorks y AutoCAD	Elvin Pincay
Construcción de estantería para sobranes	\$100,00	Pedido de materiales	Dpto. de compras
Construcción de estanterías para sobranes	\$30,00	Máquina láser, plegador y soldador.	Dpto. de producción

*Nota.* En la tabla muestran los valores asociados a la construcción de las estanterías de planchas.

La estantería fue elaborada e implementada en la empresa, y permitirá una mejor administración de la materia prima y se la muestra en la Figura 3.12.

**Figura 3.12** *Ubicación la estantería elaborada para planchas.*



*Nota.* La figura muestra el contraste entre el método antiguo y el método propuesto, al elaborar la estantería para planchas.

### 3.1.5 Relocalización de estaciones de trabajo

Se sugirió la reubicación de los puestos de trabajo para mejorar el flujo de materiales y personas. Para demostrar la economía del movimiento, se realizó un diagrama de flujo de procesos y un diagrama espagueti. Para estimar los tiempos, se midió las distancias asumiendo la nueva ubicación. Los costos se muestran en la Tabla 3.11.






**Tabla 3.11** Tabla de costos para la reubicación de estaciones de trabajo.

Recurso implementado:	Costo
Diagrama de flujo del proceso con medidas y tiempos estimados.	\$0,00
Diagrama espagueti.	\$0,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

*Nota.* En la tabla muestra que no representa costo alguno para la empresa elaborar estos diagramas.

**3.1.5.1 Diagrama de flujo de procesos con tiempos y distancia estimadas.** Para el diagrama de flujo se analizaron las actividad, inspecciones, transporte y retrasos de la situación actual y de la propuesta. El resumen del diagrama de flujo se lo presenta en la Figura 3.13.

**Figura 3.13** Resumen de diagrama de flujo de procesos

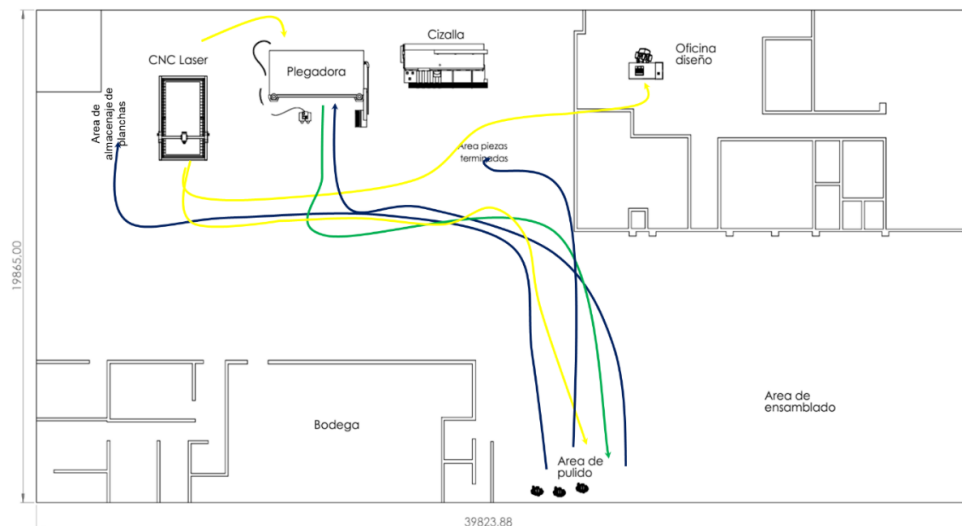
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS				OPERARIO	MATERIAL	EQUIPO	
					X		
Diagrama número:	1	Hoja 1 de 2		RESUMEN			
Objeto/Proceso:	Procesamiento de 1 plancha de acero 4mm en una metalmecánica			ACTUAL	PROPUESTA 2	ECONOMÍA	
Actividades:							
			Operación		11	11	0
			Transporte		6	5	1
			Demora		0	0	0
			Inspección		3	5	-2
			Almacenamiento		3	3	0
			<b>TOTAL</b>		23	24	-1
			<b>DISTANCIA (m)</b>		484	148,3	335,7
			<b>PERSONAS</b>		6	6	0
			<b>HORAS</b>		7,37	6,92	0,45
Método:	Actual_	Propuesto_X_	<p style="color: blue; text-align: center;">Reubicación del área de pulido, cercano a la máquina Láser, moviendo la plegadora y sacando de funcionamiento la cizalla que tiene tiempo sin usar, puntos de control, estantería y bodega virtual.</p>				
Lugar:							

*Nota.* La figura muestra el resumen del diagrama de flujo con la reubicación propuesta y el tiempo y la distancia total estima versus la actual.

El análisis completo se lo puede encontrar en el Apéndice I donde muestra con detalle la distancia y el tiempo por actividad.

**3.1.5.2 Diagrama espagueti.** Este diagrama permitió analizar, de una manera más visual el recorrido de la situación actual y definir cómo sería el recorrido con la reubicación, como se muestra en la Figura 3.14.

**Figura 3.14** Diagrama espagueti de la situación actual.



*Nota.* La figura muestra el diagrama espagueti de la situación actual.

A continuación, se presenta la Tabla 3.12 donde se analiza la frecuencia, distancia y tiempo de los recorridos del diagrama espagueti.

**Tabla 3.12** Tabla para el análisis del diagrama espagueti: Método actual.

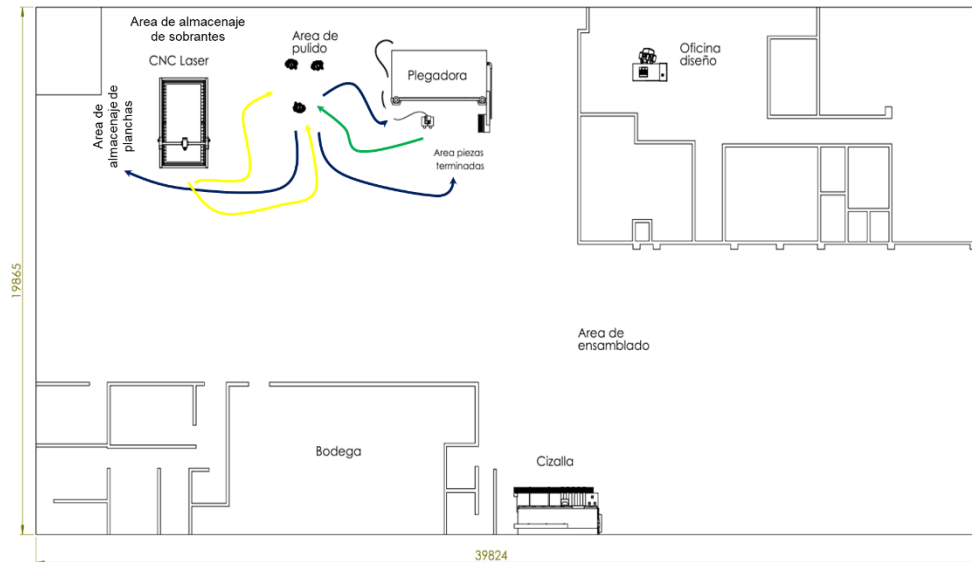
INICIO	FIN	FRECUENCIA (F)	DISTANCIA (D)	TIEMPO (T)	FxD	FxT	FxDxT
			metros	minutos			
CNC LASER	OFICINA DISEÑO	2	21	1,0	42	2	42
CNC LASER	AREA DE PULIDO	8	18	2,5	144	20	360
CNC LASER	ESTANTERIA SOBRANTES	2	5	2,0	10	4	20
AREA DE PULIDO	PLEGADORA	12	17	2,0	204	24	408
AREA DE PULIDO	AREA PIEZAS TERMINADAS	6	14	2,0	84	12	168
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>75</b>	<b>9,5</b>	<b>484</b>	<b>622</b>	<b>998</b>

*Nota.* En la tabla muestra la frecuencia la distancia y tiempo de los recorridos del diagrama espagueti del método actual.



En la Tabla 3.12 se puede apreciar en rojo los valores críticos que deberían ser mejorados y las estaciones donde se debería considerar una reubicación. Se hace el mismo procedimiento para el layout propuesto que se muestra en la Figura 3.15, donde ya se estimó las nuevas distancias y tiempos.

**Figura 3.15** Diagrama espagueti para el método propuesto.



*Nota.* La figura muestra el diagrama espagueti con el proceso propuesto.

Para el análisis de la frecuencia, distancia y tiempo de recorrido con el diseño propuesto se realiza la Tabla 3.13 y se obtiene lo siguiente:

**Tabla 3.13** Tabla para el análisis del diagrama espagueti: Método propuesto.

INICIO	FIN	FRECUENCIA (F)	DISTANCIA (D)	TIEMPO (T)	FxD	FxT	FxDxT
			metros	minutos			
CNC LASER	OFICINA DISEÑO	0	0	0,0	0	0	0
CNC LASER	AREA DE PULIDO	8	6	1,3	47	10	59
CNC LASER	ESTANTERIA SOBRANTES	2	5	2,0	10	4	20
AREA DE PULIDO	PLEGADORA	12	5	1,0	61	12	61
AREA DE PULIDO	AREA PIEZAS TERMINADAS	6	5	1,0	30	6	30
<b>TOTAL</b>		<b>28</b>	<b>21</b>	<b>5,3</b>	<b>148</b>	<b>32</b>	<b>170</b>

*Nota.* En la tabla muestra la frecuencia la distancia y tiempo de los recorridos del diagrama espagueti para el método propuesto.

Como se observa se reducen los valores de frecuencia, distancia y tiempo con el diseño y la redistribución propuesta. Se realiza la Tabla 3.14 para analizar los totales.

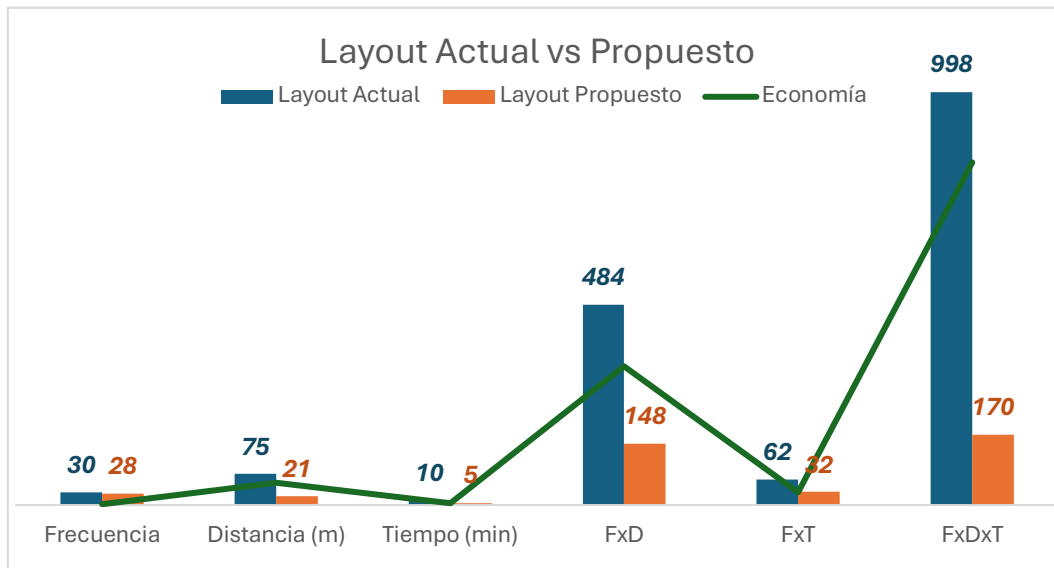
**Tabla 3.1414** *Tabla resumen de ambos diagramas espaguetti.*

	Layout Actual	Layout Propuesto	Economía
<b>Frecuencia</b>	30	28	2
<b>Distancia (m)</b>	75	21	54
<b>Tiempo (min)</b>	10	5	4
<b>FxD</b>	484	148	336
<b>FxT</b>	62	32	30
<b>FxDxT</b>	998	170	828

*Nota.* En la tabla se calculó la economía o reducción de las distancias recorridas.

A continuación, se presenta un gráfico en la Figura 3.16 para el análisis visual de ambas situaciones.

**Figura 3.16** *Gráfico para el análisis de diagrama espaguetti.*



*Nota.* En el gráfico podemos observar la reducción en la distancia y tiempo de transportación entre el layout actual y el propuesto.

Teniendo que se puede reducir en un 69% la distancia recorrida y el tiempo de recorrido en un 48%.

### 3.1.6 Estantería virtual para sobrantes

Figura 3.17 Estantería virtual.



*Nota.* La figura muestra el esquema de como funcionarían las estanterías virtuales.

Como se muestra en la Figura 3.17, se implementó una estantería virtual para la administración de sobrantes; esta estantería no solo ayuda a el control de sobrantes para su reutilización sino también facilita el uso de estos en el software de anidación. Para esto se utilizó los siguientes recursos.

**3.1.6.1 Procedimiento escrito.** Este procedimiento abarca pasos como: etiquetar los sobrantes de manera física con el código asignado en los formatos propuestos, ubicarlos en la estantería y luego actualizar la bodega virtual para mantener un control en tiempo real. los costos se muestran en la Tabla 3.15. La evidencia se adjunta en el Apéndice J.

**Tabla 3.1515** *Tabla de costos para la estantería virtual de sobrantes.*

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Procedimiento escrito	\$0,85	Microsoft Word, archivos PDF	Dalia Pauta y Elvin Pincay
1 juego de impresiones a color	\$0,85	Impresora	Dpto. de Sistemas.

*Nota.* En la tabla se muestran los costos del procedimiento escrito.

**3.1.6.2 Formato para la codificación de sobrantes.** Los formatos fueron creados en versión digital e impresa y los costos se muestran en la Tabla 3.16.

**Tabla 3.1616** *Tabla de costos para la codificación de sobrantes*

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Plantilla para codificación de piezas.	\$0,00	AutoCAD, Archivos PDF.	Elvin Pincay
Copia de la plantilla en el servidor de la empresa.	\$0,00	Servidor de la compañía	Elvin Pincay

*Nota.* En la tabla se muestran los costos de los formatos creados para codificación de sobrantes.

**3.1.6.3 Capacitación para el uso de la estantería virtual.** Se realizó la capacitación para su uso y su actualización, los costos se muestran en la Tabla 3.1717.

**Tabla 3.1717** *Tabla de costos para la capacitación de la estantería virtual.*

<b>Recurso implementado:</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramienta/Recurso</b>	<b>Elaborado por:</b>
Capacitación en el uso del programa.	\$0,00	Microsoft PowerPoint/Proyector.	Dalia Pauta y Elvin Pincay
Diagramas didácticos en Canva	\$0,00	Canva	Dalia Pauta y Elvin Pincay
Tiempo para que personal asista a la capacitación	\$0,00*	Tiempo de trabajo de los asistentes	-

*Nota.* En la tabla se muestran los costos de la capacitación de estantería virtual.

### 3.1.7 Cuantificación de las horas-hombre

3.1.7.1 Formato para el cálculo de horas-hombre. Este puede ser obtenido desde el panel de control que tiene la opción de generar un reporte como observa en la Figura 3.18.

Figura 3.18 Reporte de horas hombres obtenido desde el panel de control.



Nota. Se muestra el botón de reporte del panel y un reporte generado automáticamente.

## 3.2 Medición de las métricas del TBL

### 3.2.1 Métrica financiera

Se midió el tiempo total para la anidación de piezas por proyecto detallado en la Tabla 3.1818, se calculó el costo asumiendo un salario de \$600, lo que significa \$3,13 la hora.

Tabla 3.1818 Tabla de costos por reducción de tiempo con el nuevo método.

Proyecto	MÉTODO ANTIGUO			NUEVO MÉTODO			Reducción por proyecto (\$)
	Tiempo total de anidación de piezas manual (min)	Tiempo total de anidación de piezas manual (h)	Costo de anidación de piezas (\$)	Tiempo total de anidación de piezas con el software (min)	Tiempo total de anidación de piezas con el software (h)	Costo de anidación de piezas (\$)	
LEBUMAR	213,20	3,55	\$11,10	90,82	1,51	\$4,73	\$6,37
LAV SACOS	21,09	0,35	\$1,10	14,48	0,24	\$0,75	\$0,34
HONDURAS	249,50	4,16	\$12,99	133,90	2,23	\$6,97	\$6,02
SONGA	418,84	6,98	\$21,81	250,40	4,17	\$13,04	\$8,77
PZCRUP4K	222,44	3,71	\$11,59	138,67	2,31	\$7,22	\$4,36
						<b>TOTAL</b>	<b>\$25,88</b>

Nota. En la tabla se muestran el valor en dólares que se hubieran ahorrado si los proyectos objeto de estudio se realizaban con el software Nest.

Se logra obtener un ahorro de casi \$26 para estos 5 proyectos, esto representa una reducción promedio de 44%.

### 3.2.2 Métrica ambiental

Se evaluó el uso de materia prima con ambos métodos en los mismos proyectos y se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 3.1919:

**Tabla 3.1919** *Tabla de la cantidad de planchas usadas por proyecto.*

Proyecto	MÉTODO ANTIGUO				MÉTODO NUEVO			
	Espesor (mm)				Espesor (mm)			
	1,5	2	3	4	1,5	2	3	4
<b>LEBUMAR</b>	5	36	9	5	5	35	8	5
<b>LAV SACOS</b>	2	8	1	2	2	7	1	1
<b>HONDURAS</b>	4	13	11	2	4	13	10	2
<b>SONGA</b>	3	10	6	1	2	9	6	1
<b>PZCRUP4K</b>	1	5	4	1	1	5	4	1
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>72</b>	<b>31</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>69</b>	<b>29</b>	<b>10</b>

*Nota.* En la tabla se muestran la cantidad de plancha por espesor utilizadas en los proyectos estudiados con el método antiguo y con el software Nest.

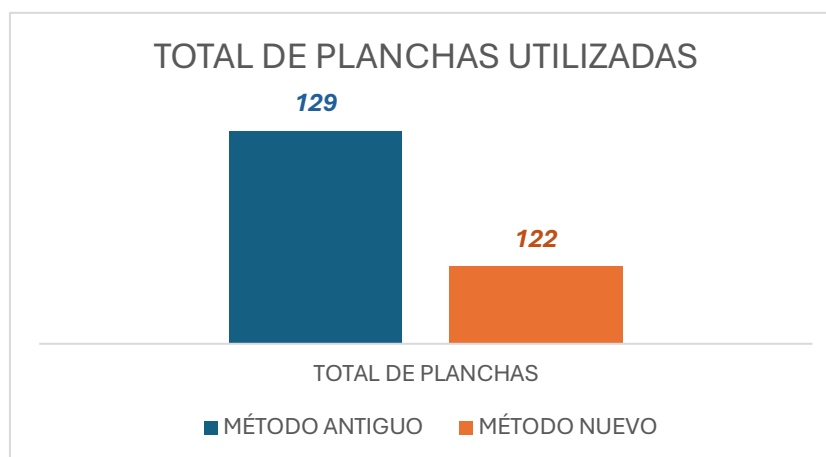
Estos resultados se resumen en la Tabla 3.2020 y Figura 3.19:

**Tabla 3.2020** *Tabla de la reducción de planchas usadas por proyecto.*

TOTAL DE PLANCHAS USADAS	
<b>MÉTODO NUEVO</b>	129
<b>MÉTODO ANTIGUO</b>	122
<b>% REDUCIDO</b>	5,5%

*Nota.* En la tabla se muestra el porcentaje de reducción de planchas.

**Figura 3.19** Gráfica de la reducción de planchas usadas.



*Nota.* En la gráfica se muestran la cantidad de planchas que se hubieran ahorrado al usar el nuevo software Nest.

Otro beneficio de la implementación del nuevo software fue la reducción de materia prima en un 5,5% en los 5 proyectos analizados; esto se puede observar en la Tabla 3.2121.

**Tabla 3.2121** Costo estimado de lo que se hubiera ahorrado por uso de planchas.

CALCULO DE LO QUE SE HUBIERA AHORRADO				
Espesor (mm)	1,5	2	3	4
Planchas reducidas	1	2	2	1
Costo	\$176,77	\$415,70	\$570,76	\$292,10
<b>COSTO TOTAL: \$1455,33</b>				

*Nota.* Se muestra el valor que se hubiera ahorrado si los proyectos estudiados hubieran sido procesados con el nuevo software.

Esto significa: Con el nuevo software de anidación se hubieran ahorrado un aproximado de \$1500 en los 5 proyectos analizados, esto se debe a que la materia prima procesada es costosa.

### 3.2.3 Métrica social

Para esta métrica se hicieron encuestas a los usuarios cuando utilizaban el antiguo método cuyos resultados se muestran en el Capítulo 2 y se volvió hacer la misma encuesta para el nuevo método. Estos fueron los resultados con el nuevo método y se pueden apreciar en la Tabla 3.2222Tabla 3.2222 Puntajes de encuesta SUS..

**Tabla 3.2222 Puntajes de encuesta SUS.**

# Encuestados	Puntaje
1	90,0
2	82,5
3	42,5
4	87,5
5	85,0
<b>PROMEDIO</b>	<b>77,5</b>

*Nota.* Se muestra el cálculo de los resultados de la encuesta SUS.

El resultado de la encuesta a los usuarios muestra un valor promedio de 77,5 en una escala de 100 puntos y se lo puede apreciar en la Figura 3.20.

**Figura 3.20** Gráfica de puntuación de encuesta SUS con nuevo método.



*Nota.* En la gráfica se muestra el puntaje de la encuesta SUS obtenido con el nuevo método.

Concluyendo que el nuevo método para anidación es aceptable y que los usuarios se sienten más confiados y cómodos con el nuevo software.



## **Capítulo 4**

## 4.1 Conclusiones y recomendaciones

### 4.1.1 Conclusiones

✓ La utilización de herramientas Lean Six Sigma tales como lluvia de ideas, punto de vista y casa de la calidad facilitaron la identificación de los principales problemas y necesidades del cliente para luego ser traducidas a requerimientos y especificaciones de diseños.

✓ Observar la situación actual mediante GEMBA brindó una mejor perspectiva de la situación actual y contribuyó para seleccionar las variables para el estudio y la generación de opciones diseño.

✓ Entre los principales requerimientos se identificó la necesidad de proponer una nueva herramienta para la anidación de piezas, formatos para el control de piezas conformes y no conformes, de la materia prima y sobrantes, estimación de horas-hombre y una mejor distribución del layout.

✓ El software libre y el proceso estandarizado para la anidación y optimización de piezas redujo el tiempo promedio de anidación en un 36% y la variabilidad del proceso en un 4%. La optimización del proceso de anidación redujo el uso de materia prima en un 5,5%, lo que se traduce en un ahorro promedio de \$1.455 en el trimestre.

✓ Se crearon formatos y un procedimiento para el uso y actualización de la bodega virtual lo que permite tener control de los sobrantes para su reutilización desde el software propuesto.

✓ Se crearon formatos y un panel de control en Excel con macros y tablas dinámicas para el control de piezas conformes y no conformes. El mismo que ofrece un reporte de las horas hombres por proyecto.

✓ La relocalización de estaciones de trabajo para un mejor flujo de materiales y personas puede reducir la distancia recorrida en un 69% y el tiempo recorrido en un 48%.

#### **4.1.2 Recomendaciones**

- ✓ Se recomienda planificar capacitaciones periódicas y entrenamiento al nuevo personal para el uso del software NEST.
- ✓ El personal a cargo debe mantener actualizados los formatos propuestos y llenarlos diariamente para su posterior análisis.
- ✓ El archivo digital para el control de productos conformes y no conformes debe ser actualizado diariamente, éste permitirá un mejor análisis de la realidad y la generación de mejoras.
- ✓ Se recomienda fabricar la otra estantería para un mayor control de los sobrantes.
- ✓ Es necesario la actualización diaria de la bodega virtual de sobrantes para un mejor control y aprovechamiento de materia prima.
- ✓ Se recomienda llevar a cabo la planificación de la relocalización de puestos de trabajos para mejorar el flujo de materiales y personas.

## Referencias

- Brooke, J. (Noviembre de 1995). *SUS: A quick and dirty usability scale*. Obtenido de ResearchGate: <https://www.researchgate.net/>
- George, M., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. New York: Mc Graw Hill.
- Gracia, C. (2010). *Métodos y Algoritmos para resolver problemas de Corte unidimensional en entornos realistas. Aplicación a una empresa del Sector Siderúrgico*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Madariaga, F. (Marzo de 2021). *Lean Manufacturing*. Creative Commons.
- Montoya, R. A. (2011). *Seis sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ambito empresarial basandose en información científica*. Corporación Universitaria Lasallista, 230.
- MPCEIP. (2024). *Análisis Trimestral Comercio Exterior*. Guayaquil: Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca.
- Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2010). *The Six Sigma Handbook*. México: Mc Graw Hill.
- Tullis, T. (Junio de 2006). *A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability*. Obtenido de ResearchGate: <https://www.researchgate.net/>
- Zuluaga, P. (2016). *Aplicación de la Metodología Six Sigma para Solucionar Problemas de Calidad en una Empresa Metalmecánica*. Medellín: Universidad de Medellín.

## **Apéndices**

## Apéndice A

### Examen crítico de cada una de las actividades que corresponden al alcance del proyecto.

Ubicar piezas en planchas				
	Ubicar piezas manualmente	Convertir "dwg" a DXF	Llevar el archivo hacia la máquina láser	Abrir archivo DXF en CYPUP y poner líneas en capa de grabado.
¿Qué se hace?	Ubicar las piezas manualmente en las planchas en AutoCAD.	Se convierte el archivo de AutoCAD al archivo que lee la máquina láser.	Se guarda el archivo -DXF en el pendrive.	Poner líneas en capa de grabado por cada plancha.
¿Por qué se hace?	Para que la máquina láser interprete que líneas debe cortar.	Para que el software de la láser interprete las líneas a cortar.	Para trasladar la información a la láser.	Para que la láser sepa dónde tiene que cortar y dónde hacer un grabado.
¿Qué otra cosa podría hacerse?	Buscar una manera más automática que permita ubicar las piezas más rápido sin que se dupliquen o falten piezas.	Buscar optimizar las planchas en archivo compatible con la máquina láser.	Conectar directamente el servidor a la máquina láser.	Buscar la Manera de que desde AutoCAD la láser reconozca la capa.
¿Qué debería hacerse?	<b>Automatizar esta manera de hacerlo manual.</b>	<b>Buscar extensión de archivo que sea más universal.</b>	<b>Conectando el servidor a la máquina láser mediante conexión a Red.</b>	<b>Hacer esta actividad de una manera mas ágil.</b>
¿Dónde se hace?	En la oficina del Dpto. de diseño.	En la oficina del Dpto. de diseño.	En la oficina del Dpto. de diseño trasladando el pendrive a la láser.	En la computadora de la láser
¿Por qué se hace allí?	Porque allí están las computadoras con AutoCAD.	Porque allí están las computadoras con AutoCAD.	Porque allí están las computadoras con AutoCAD y debe conectarse a la láser.	Porque allí esta el software instalado.
¿Se podría hacer en otro lugar?	No.	No.	No.	Talvés en la oficina descargando el software.
¿Dónde debería hacerse?	En la oficina del Dpto. de diseño.	En la oficina del Dpto. de diseño.	<b>Guardarse en el servidor y luego visualizar el archivo en la computadora de la láser.</b>	En la computadora de la láser para final comprobacion.
¿Cuándo se hace?	Después que el proyecto está completamente despiezado y listo para cortar.	Después de tener todas las piezas ubicadas en las planchas.	Previo al marcado de líneas.	Previo al corte.
¿Por qué se hace en ese momento?	Para poder llevar a cabo el proceso de corte y que la computadora interprete donde tiene que cortar.	Para trasladar el archivo al área donde se encuentra la láser.	Para llevar el archivo a la láser.	Para que la láser sepa donde tiene que cortar y donde hacer un grabado.
¿Cuándo podría hacerse?	Después que el proyecto está completamente despiezado y listo para cortar.	Después de tener todas las piezas ubicadas en las planchas.	Previo al marcado de líneas.	Previo al corte.
¿Cuándo debería hacerse?	Después que el proyecto está completamente despiezado y listo para cortar.	Después de tener todas las piezas ubicadas en las planchas.	Previo al marcado de líneas.	Previo al corte.
¿Quién lo hace?	El coordinador o el analista metalmecánico.	El coordinador o el analista metalmecánico.	El analista metalmecánico o encargado de corte.	El analista metalmecánico o encargado de corte.
¿Por qué lo hace esa persona?	Tienen los conocimientos para usar el programa y criterio para decidir.	Tienen los conocimientos para usar el programa.	Son los encargados de realizar el corte.	Son los encargados de realizar el corte.
¿Quién lo podría hacer?	Analistas metalmecánicos.	Analistas metalmecánicos.	El analista metalmecánico o encargado de corte.	El analista metalmecánico o encargado de corte.
¿Quién debería hacerlo?	Analistas metalmecánicos.	Analistas metalmecánicos.	El analista metalmecánico o encargado de corte.	El analista metalmecánico o encargado de corte.
¿Cómo se hace?	Se coloca pieza por pieza en un área delimitada (plancha).	Se guarda el archivo de AutoCAD con extensión .DXF	Se guarda el archivo .DXF en el pendrive y luego se lo lleva hacia el área de la láser.	Se selecciona una por una las líneas y luego se hace click en la capa de grabado, se toma una foto del AutoCAD y luego se va comparando cuales líneas deben ir a la capa de grabado.
¿Por qué se hace así?	Porque es la manera que se usa desde hace mucho tiempo cuando se cortaba el material en zizalla.	Porque de esa manera se obtiene un archivo .DXF que pueda ser leído por la máquina láser.	Para trasladar la información.	Para ir verificando cuáles son las líneas de grabado.
¿Cómo podría hacerse?	De una manera más automática de tal manera que la persona encargada tenga menos tiempo de decisión para colocar las piezas.	Automáticamente.	Guardarse en el servidor y luego visualizar el archivo en la computadora de la láser.	Seleccionar varias líneas a la vez.
¿Cómo debería hacerse?	<b>Debería haber un esquema previo de como podrían ubicarse las piezas para que se aproveche de mejor manera la plancha y que no tome mucho tiempo decidir donde colocar cada pieza.</b>	Automáticamente.	Guardarse en el servidor y luego visualizar el archivo en la computadora de la láser.	<b>Poner todas las líneas en el layer correspondiente en un solo paso.</b>

Ubicar piezas en planchas			
	Solicitar auxiliares que ayuden a subir la plancha.	Subir la plancha a la máquina de corte.	Cuadrar bordes de referencia y simular corte.
¿Qué se hace?	Una vez que tiene el archivo, identifica que plancha es la que tiene que cortar, y entonces va a buscar a quién esta más desocupado para pedir ayuda. Por lo general son 2 a 3 personas. Entonces dejan lo que estan haciendo, se ponen la faja, van al área donde cortan.	Cogen la planchas que por lo general estan en el piso o arrimadas a la pared de manera manual. La plancha tiene un plástico en unas de sus caras, ese plástico debe ser colocado hacia abajo. La levantan y la ponen sobre la cortadora.	En el programa Cypcut se selecciona la opción de Find edge (encontrar borde) y se selecciona la opción 3-point mode y encuentran los grados de inclinación que tiene la plancha.
¿Por qué se hace?	Lo hacen porque una sola persona no puede levantar la plancha debido al peso.	Porque necesitan cortar y para eso hay que subir la plancha	Para que la cortadora interprete por dónde tiene que cortar sin salirse del borde, porque es difícil poner recta una plancha debido al peso.
¿Qué otra cosa podría hacerse?	Podría buscarse la manera de que sea autónoma para no tener que pedir ayuda a otras personas.	Se pueden utilizar ventosas, usar sistemas de izaje automáticos.	Se podría cuadrarlo manualmente, pero se tendría que mover la plancha lo cuál es algo difícil. Por lo que mejor es hacerlo automáticamente.
¿Qué debería hacerse?	<b>Buscar la manera de prescindir del trabajo de fuerza usando tecnología o maquinaria que requiera de una sola persona para realizar la actividad.</b>	<b>Subir la plancha a la máquina de corte sin requerir esfuerzo físico.</b>	<b>Siempre se debería de cuadrar la plancha.</b>
¿Dónde se hace?	Se recorre desde el área de corte hacia el área pulido y se regresa.	Se hace en los alrededores de la máquina láser.	En el área de cortadora, específicamente en la máquina láser.
¿Por qué se hace allí?	Ahí estan las personas que se asignaron para subir la plancha.	Porque ahí estan cerca las planchas y está la máquina láser donde se las debe colocar.	Porque es la que hace el trabajo de corte y ahí esta la plancha.
¿Se podría hacer en otro lugar?	Sí, Podría buscarse un área más cercana donde poner los puestos de trabajos de los auxiliares para que halla una comunicación más rápida y efectiva.	No.	No.
¿Dónde debería hacerse?	Al lado de la cortadora, que es el área donde se necesita levantar las planchas.	Solo se puede hacer cerca de la máquina láser.	<b>Solo se puede hacer donde está la cortadora.</b>
¿Cuándo se hace?	Cuando se requiere hacer un corte, previo a subir la plancha.	Cuando se requiere hacer un corte.	Cuando la plancha ya está montada y previo al corte.
¿Por qué se hace en ese momento?	Porque es la materia prima y la plancha debe estar encima de la láser para poder cuadrar y cortar.	Porque hay un requerimiento de cortar y se necesita la plancha subida en la láser.	Porque es necesario de que la plancha esté cortada antes de cortar.
¿Cuándo podría hacerse?	Cuando se requiere hace un corte porque no se puede hacer antes y no se puede hacer despues.	En ningún otro momento, solo se puede hacer cuando se necesita cortar.	Solo se puede hacer cuando la plancha esta montada.
¿Cuándo debería hacerse?	Cuando se requiere hace un corte porque no se puede hacer antes y no se puede hacer despues.	En ningún otro momento, solo se puede hacer cuando se necesita cortar.	Solo se puede hacer cuando la plancha esta montada.
¿Quién lo hace?	El operador de la láser.	Los auxiliares metalmecánicos y a veces el operador de la láser ayuda.	El operador de la cortadora.
¿Por qué lo hace esa persona?	Porque él requiere hacer cortes y necesita ayuda para ir a ver la plancha.	Porque es parte de sus actividades designadas y deben dar soporte en las actividades de fuerza.	Porque es el encargado de operar esa máquina.
¿Quién lo podría hacer?	Él o el supervisor de producción.	Los auxiliares.	Solo él.
¿Quién debería hacerlo?	El operador de la láser.	Los auxiliares o el operador con ayuda de algún dispositivo automático.	El operador de la cortadora.
¿Cómo se hace?	El operador identifica la plancha, va a buscar a los auxiliares, solicita ayuda, le indica la plancha que necesita que suban, les indica en que posición la requiere .	Los auxiliares localizan la plancha requerida se ponen faja, si esta en el piso se agachan y la levantan y si está arrimada a la pared la levantan lateralmente.	De forma automática, la máquina lo hace.
¿Por qué se hace así?	Porque los auxiliares estan haciendo actividades y ellos son los que ayudan a levantar las planchas y donde ellos están, el área es lejana.	Porque no tienen presupuesto, por ideología arraigada y es una manera o costumbre de trabajar así.	Porque se requiere que la máquina interprete que la plancha esté inclinada, sino se cortaría chueco.
¿Cómo podría hacerse?	Deberían estar en un área cercana para evitar tener que irlos a buscar.	De una manera automática que no requiere el esfuerzo físico de los trabajadores.	Se lo podría hacer manual pero tomaría más tiempo.
¿Cómo debería hacerse?	<b>Buscar la manera de evitar llamarlos.</b>	Automáticamente, con un dispositivo que permita hacerlo un solo operador.	Es la única manera.

Ubicar piezas en planchas	Ubicar piezas en planchas		
	Chequear layer y boquilla.	Chequear encuadre de la plancha haciendo "frame" o "Dry cut"	Cortar plancha con la máquina Láser.
¿Qué se hace?	Se verifica que el espesor de la plancha se va a cortar y luego se ve en el programa que boquilla se necesita usar, se le asigna al layer de corte las configuraciones para ese espesor y de ahí se revisa si se necesita cambiar la boquilla.	Se verifica que el puntero de la láser pase por todos los bordes de la plancha.	Se aprieta el botón Start en el control de la máquina, y se hace seguimiento visual de lo que va cortando la máquina y en el caso de que se levanten piezas se pone pausa, se la retira y se vuelve a dar Start, y se espera hasta que el proceso termine.
¿Por qué se hace?	Para evitar que se corte con las configuraciones incorrectas.	Para evitar que se corte mal la plancha.	Porque se requiere transformar la materia prima en piezas pequeñas.
¿Qué otra cosa podría hacerse?	Ninguna otra, esto es importante.	Se podría no hacerlo, pero se corre el riesgo de cortar mal.	Podría subcontratarse.
¿Qué debería hacerse?	Ninguna otra, esto es importante.	Siempre se recomienda chequear el encuadre.	<b>Como se está haciendo actualmente.</b>
¿Dónde se hace?	En la máquina láser.	En la máquina láser.	En la cortadora.
¿Por qué se hace allí?	Porque es la máquina que corta.	Porque debe estar cuadrada para cortar correctamente.	Porque ahí está la máquina que corta.
¿Se podría hacer en otro lugar?	No.	No.	No.
¿Dónde debería hacerse?	No se puede hacer en ningún otro lugar.	En ningún otro lugar.	Solo se puede hacer en ese lugar.
¿Cuándo se hace?	Previo a cortar la plancha.	Antes de cortar.	Cuando se requiere cortar una plancha.
¿Por qué se hace en ese momento?	Porque sino se hace, la configuración podría estar incorrecta y la boquilla también y esto provoca problemas en el corte.	Se lo debe hacer antes para no tener problemas en el corte.	Porque hay un requerimiento previo de cortar.
¿Cuándo podría hacerse?	Siempre antes de cortar.	Solo en ese momento.	Solo en ese momento.
¿Cuándo debería hacerse?	Siempre antes de cortar.	Siempre previo al corte.	Solo cuando se requiere cortar.
¿Quién lo hace?	El operador de la cortadora.	El operador de la cortadora.	La máquina de corte operado por una persona.
¿Por qué lo hace esa persona?	Porque es parte de sus actividades y es quien opera la máquina.	Porque es quién se encarga de cortar.	Porque es el encargado de esa máquina.
¿Quién lo podría hacer?	El operador de la cortadora.	El operador de la cortadora es quién siempre lo debería hacer.	Solo él.
¿Quién debería hacerlo?	El operador de la cortadora.	El operador de la cortadora.	El operador de corte.
¿Cómo se hace?	Se verifica que el espesor de la plancha que se va a cortar y luego se ve en el programa que boquilla se necesita usar, se le asigna al layer de corte las configuraciones para ese espesor y de ahí se revisa si se necesita cambiar la boquilla.	Se le da clic al control de la máquina en el botón "frame" y se mira que el puntero del láser esté dentro del contorno de la máquina y se debe esperar a que pase por todo el borde.	Se aprieta el botón Start en el control de la máquina, y se hace seguimiento visual de lo que va cortando la máquina y en el caso de que se levanten piezas se pone pausa, se la retira y se vuelve a dar Start, y se espera hasta que el proceso termine.
¿Por qué se hace así?	Porque de esa manera se cargan los parámetros de corte para dicho espesor.	Porque sino se podría cortar mal, y asegurarnos de que la máquina va a cortar dentro de la plancha.	Es el proceso a seguir.
¿Cómo podría hacerse?	Solo se puede hacer de esa manera.	Solo se puede hacer de esa manera.	Solo de esa manera.
¿Cómo debería hacerse?	Solo se puede hacer de esa manera.	Solo se puede hacer de esa manera.	Solo de esa manera.



Ubicar piezas en planchas					
	Almacenar piezas de chapa metálica.	Limpieza de plancha.	Almacenar sobrantes.	Trasladar piezas cortadas al área de pulido.	Matar filo y pulir partes que lo necesiten antes del plegado.
¿Qué se hace?	Se bajan las piezas cortadas de la láser y se la coloca en lugar separado y se las marca con marcador según el código que tengan.	Se procede a cortar los pedazos finos que ya no sirven y que van al desecho.	Se identifica que sobrantes pueden ser reutilizados y se los pone detrás de la plegadora.	Se llevan las piezas cortadas al área de pulido.	El pulidor quita los filos cortantes con la amoladora.
¿Por qué se hace?	Porque se necesita identificar las piezas que van a pulido y plegado.	Porque se necesita hacerlos pedazos para poder guardarlos en sacos y venderlos.	Porque en ese lugar esos sobrantes no molestan.	Porque las piezas deben ser prepulidas y debe matarse el filo de las mismas.	Para evitar cortaduras cuando se arma.
¿Qué otra cosa podría hacerse?	Además de almacenarlas registrar esas piezas en inventario de producto en proceso	Llevarlo todas esas tiras a la cizalla y cortarlo.	Asignarles una estantería donde se las pueda almacenar o agrupar por espesores.	Pulirlos y matar filo cerca de la láser o cerca de la bodega.	Se podría limpiarlos pero el proceso es más lento.
¿Qué debería hacerse?	<b>Tener disponible un formato donde se pueda registrar las piezas que se almacenan.</b>	<b>Bajarlo rápidamente y hacerlo pedazos para seguir procesando.</b>	<b>Almacenarlos y rotularlos por espesor y guardarlos registrarlos en una bodega virtual para que pueda ser utilizados en un posterior proyecto.</b>	<b>Trasladar el área de pulido cerca de donde están las piezas.</b>	<b>Hacerlo con la pulidora.</b>
¿Dónde se hace?	Cerca de la máquina láser.	En la cortadora láser.	Se almacena detrás de la cortadora.	Se hace desde el área de corte y se traslada al área de pulido.	En el área de pulido.
¿Por qué se hace allí?	Porque se requiere bajar rápidamente las piezas y seguir con el sgte corte.	Porque ahí están los retazos.	Porque es un lugar estratégico donde no interfieren el flujo ni molestan.	Porque es donde inicialmente se encuentran las piezas y el área de pulido está lejos.	Porque ahí están los equipos para pulir, donde trabajan los pulidores.
¿Se podría hacer en otro lugar?	Si, se podría almacenar en la bodega.	No.	Si.	Si.	Se podría reubicar el puesto de trabajo o utilizar cualquier lugar donde no estorben ya que solo son pulidoras y mesa de trabajo.
¿Dónde debería hacerse?	En la bodega.	En la cortadora es el lugar más óptimo.	<b>En Una bodega de sobrantes.</b>	Cerca del área de corte para evitar el traslado.	Recomendaría hacerlo junto a la cortadora para que se pueda tener acceso a las piezas de una manera más rápida.
¿Cuándo se hace?	Justo después del corte.	Justo después de cortar la plancha y retirar las piezas.	Se lo hace después de terminar el corte de una plancha y hay sobrantes lo suficientemente grandes para ser reutilizados.	Cuando las piezas ya están cortadas.	Después de cortar las piezas.
¿Por qué se hace en ese momento?	Porque se requiere bajar inmediatamente las piezas para continuar con el siguiente corte.	Porque sino, se cortarían también las piezas útiles.	Porque es cuando la láser ha terminado de cortar.	Porque solo se pulen cuando las piezas ya están cortadas.	Porque las piezas ya están cortadas y necesitan quitarle la rebaba.
¿Cuándo podría hacerse?	Justo después del corte.	Se debe hacer en ese momento.	Solo en ese momento.	En ningún otro momento.	Solo en ese momento.
¿Cuándo debería hacerse?	Justo después del corte.	Se debe hacer en ese momento.	Solo en ese momento.	En ningún otro momento.	Solo en ese momento.
¿Quién lo hace?	El operador de la cortadora.	El operador de la láser.	El operador de la cortadora.	Los pulidores (auxiliares).	Los pulidores.
¿Por qué lo hace esa persona?	Porque es quien se encarga de hacer los cortes.	Porque es parte de sus actividades.	Porque él debe retirar lo que sobra de la láser para poder continuar con los cortes.	Porque ellos son los encargados de pulir entonces deben ocuparse de tener las piezas listas.	Porque es parte de sus responsabilidades y es quien maneja la pulidora.
¿Quién lo podría hacer?	Solo él.	El operador de la láser.	El operador de la cortadora.	Cualquier persona.	Ninguna otra persona.
¿Quién debería hacerlo?	El operador de la láser.	El operador de la láser.	El operador de la cortadora.	Los pulidores (auxiliares).	Los pulidores.
¿Cómo se hace?	Recorre alrededor de la cortadora y bajan manualmente las piezas y se las coloca a un lado de la láser.	Después de que quedan los retrasos se ubica el puntero de láser y se pone jogcut, se mantiene el botón presionado hacia la dirección que desea cortar y se suelta el botón cuando desea finalizar el corte.	Se identifica que sobrantes pueden ser reutilizados, se los baja de la cortadora láser y se los pone detrás de la plegadora.	Se trasladan las piezas al área de pulido de manera manual, algunas piezas son grandes y pesadas por lo que requieren ser trasladadas por más de una persona.	Se pasa la amoladora en los filos cortantes, en todas las aristas vivas con discos de circonio.
¿Por qué se hace así?	Porque es la única manera de bajarlas.	Para evitar bajar la plancha y cortarla en la pulidora o en la zizalla.	Porque es el único lugar que no molestan y está cercano a la cortadora para uso futuro.	Porque el área de pulido está lejos y las piezas suelen ser pesadas.	Porque es una manera rápida y segura de matar filo, además así se evitan cortes en el momento de armar las máquinas.
¿Cómo podría hacerse?	No se encuentra otra manera que pueda hacerse.	Esa es la manera más adecuada de hacerse.	<b>Podría implementarse una estantería.</b>	Podría considerarse poner el área de pulido junto a la cortadora.	Esa es la única manera.
¿Cómo debería hacerse?	No se encuentra otra manera que pueda hacerse.	Esa es la manera más adecuada de hacerse.	La estantería serviría para clasificar los sobrantes por espesor.	<b>Se debería poner el área de pulido más cerca.</b>	<b>Se debería hacer con equipo de protección personal para mayor seguridad, buscando los discos apropiados, o un esmeril de banco.</b>

Ubicar piezas en planchas					
	Prepular las piezas antes del plegado.	Trasladar piezas pulidas al área de plegado.	Plegar las piezas de acuerdo a las marcas y a el ángulo requerido.	Trasladar piezas plegadas al área de pulido.	Pulido final,.
¿Qué se hace?	Se pulen con discos abrasivos para que quede un acabado parejo y que no se vean rayaduras.	Una vez listas, se cogen las piezas y se las lleva al área de plegado.	Se colocan las piezas a doblar en la plegadora, se calibra la presión y de pliega según las marca y los grados requeridos, luego se verifica con goniómetro los grados.	Una vez listas, se cogen las piezas y se las lleva al área de pulido.	Se pulen con discos abrasivos para que quede un acabado parejo y que no se vean rayaduras provocadas despues de plegar.
¿Por qué se hace?	Para el acabado parejo y no se vean rayaduras.	Porque las piezas necesitan se plegadas para poder continuar con el proceso.	Para darle forma final a la pieza, de acuerdo a los grados requeridos.	Porque las piezas necesitan ser pulidas para poder continuar con el proceso.	Para el acabado parejo y no se vena rayaduras ni marca de la sufridera de la plegadora.
¿Qué otra cosa podría hacerse?	No pulirlars, sino doblarlas primero y utilizar un método de sandblasteado para el acabado a las piezas.	Se podría reubicar el área de pulido cercano al área de plegado para evitar el traslado.	No se podría hacer de otra forma, se requiere plegadora y verificar los grados finales.	Se podría reubicar el área de pulido cercano al área de plegado para evitar el traslado.	Se debe pulir. Talvéz usando otro método mas ágil.
¿Qué debería hacerse?	<b>Hacerlo más rápido.</b>	<b>Es recomendable acercar lar áreas para evitar largos traslados.</b>	<b>Plegar las piezas de acuerdo a las marcas y a el ángulo requerido sin muchas revisiones.</b>	<b>Es recomendable acercar lar áreas para evitar largos traslados.</b>	<b>Hacerlo más rápido.</b>
¿Dónde se hace?	En el área de pulido.	Desde el área de pulido hacia el área de plegado.	En el área de plegado.	Desde el área de plegado hacia el área de pulido.	En el área de pulido.
¿Por qué se hace allí?	Porque ahí están las pulidoras y mesas.	Porque es donde se procesaron las piezas.	Allí esta la máquina que ayuda con esa tarea.	Porque es donde se procesarán las piezas.	Porque ahí esta las pulidoras y mesas.
¿Se podría hacer en otro lugar?	Sí.	Sí.	No.	Sí.	Sí.
¿Dónde debería hacerse?	Se los podría reubicar junto a la cortadora.	Las estaciones de trabajo deberían estar cercanas.	En el área de plegado	Las estaciones de trabajo deberían estar cercanas.	Se los podría reubicar entre la cortadora y la plegadora.
¿Cuándo se hace?	Después de matar filo y antes de enviarlo al área de plegado.	Cuando las piezas ya están prepulidas.	Cuando en las piezas estan matado el filo y requieren ser dobladas.	Cuando las piezas entan plegadas.	Después de plegar y antes de enviarlo al área de ensamblado.
¿Por qué se hace en ese momento?	El prepulido podría ser algo de lo que se puede prescindir.	Porque cumplen con los requerimientos para seguir con el plegado.	Para que el operador pueda plegar la pieza sin provocarse cortaduras.	Porque cumplen con los requerimientos para seguir con el pulido.	Para eliminar las marcas de la sufridera.
¿Cuándo podría hacerse?	El prepulido podría ser algo de lo que se puede prescindir.	Después de pulir.	Después de matar filo a la pieza.	Después de plegar.	Después de plegar.
¿Cuándo debería hacerse?	El prepulido podría ser algo de lo que se puede prescindir.	Después de pulir.	Después de matar filo a la pieza.	Después de plegar.	Después de plegar.
¿Quién lo hace?	Los pulidores.	Los pulidores.	El encargado de la plegadora.	Los pulidores.	Los pulidores.
¿Por qué lo hace esa persona?	Porque es quien tiene esa responsabilidad.	Es el encargado de llevar las piezas.	Tiene conocimeintos de parámetros y uso de la máquina.	Es el encargado de llevar las piezas.	Porque es quien tiene esa responsabilidad.
¿Quién lo podría hacer?	Solo los pulidores.	El doblador.	El doblador.	Los pulidores.	Solo los pulidores.
¿Quién debería hacerlo?	Los pulidores.	Los pulidores.	El analista encargado de doblado.	Los pulidores.	Los pulidores.
¿Cómo se hace?	Con máquina rotoflex, la máquina metabo y discos abrasivos con diferentes números de lija y con fibra scotchbrite.	Se cogen las piezas listas y se las llevar hasta el área de plegado, como son varias piezas y algunas son pesadas en muchas ocasiones lo hacen hasta dos personas en varios viajes.	Se colocan las piezas a doblar en la plegadora, se calibra la presión y de pliega según las marca y los grados requeridos, luego se verifica con goniómetro los grados.	Se cogen las piezas listas y se las llevar hasta el área de pulido, como son varias piezas y algunas son pesadas en muchas ocasiones lo hacen hasta dos personas en varios viajes.	Con máquina rotoflex, la máquina metabo y discos abrasivos con diferentes números de lija y con fibra scotchbrite.
¿Por qué se hace así?	Porque después de plegar es difícil pulir caras que quedan escondidas.	Se hace así por las piezas son pesadas y son varias piezas que hay que trasladar.	Por que las piezas son variadas y requieren múltiples grados.	Se hace así porque las piezas son pesadas y son varias piezas que hay que trasladar.	Porque de requerie un acabado de calidad antes de hacer el ensamble.
¿Cómo podría hacerse?	De la misma manera.	Podría reubicar la zona a una zona más cercana al plegador para que evitar el recorrido largo.	Usar la parte CNC de la plegadora para plegar piezas que son en serie, y piezas de formas complejas en modo manual.	Podria reubicar la zona a una zona más cercana al pulidor para que evitar el recorrido largo.	De la misma manera.
¿Cómo debería hacerse?	<b>Ver la posibilidad de no hacer ese prepulido.</b>	Podría reubicar la zona a una zona más cercana al plegador para que evitar el recorrido largo.	Usar la parte CNC de la plegadora para plegar piezas que son en serie, y piezas de formas complejas en modo manual.	Podría reubicar la zona a una zona más cercana al pulidor para que evitar el recorrido largo.	<b>Ver la posibilidad de no hacer ese pulido o buscar una técnica más eficiente.</b>

## Apéndice B

Diagrama de flujo de procesos de la situación actual.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS			OPERARIO	MATERIAL	EQUIPO
Diagrama número: 1			RESUMEN		
Objeto/Proceso: Hoja 1 de 2			ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA
Procesamiento de 1 plancha de acero 4mm en una metalmecánica			Operación		11
Actividades:			Transporte		6
1. Ubicar	9. Chequear	17. Pre-pulir	Demora		0
2. Revisar y aprobar	10. Chequear	18. Trasladar	Inspección		3
3. Convertir	11. Cortar	19. Plegar	Almacenamiento		3
4. Trasladar	12. Almacenar	20. Trasladar	<b>TOTAL</b>		
5. Abrir	13. Limpiar	21. Pulir	<b>DISTANCIA (m)</b>		
6. Solicitar	14. Almacenar	22. Trasladar	<b>PERSONAS</b>		
7. Subir	15. Trasladar	23. Almacenar	<b>HORAS</b>		
8. Cuadrar	16. Matar filo	24.			
Método:	Actual <input checked="" type="checkbox"/> X	Propuesto			
Lugar:					

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS			OPERARIO	MATERIAL	EQUIPO
Diagrama número: 1			RESUMEN		
Objeto/Proceso: Hoja 2 de 2			ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA
Procesamiento de 1 plancha de acero 4mm en una metalmecánica			Operación		11
Actividades:			Transporte		6
1. Ubicar	9. Chequear	17. Pre-pulir	Demora		0
2. Revisar y aprobar	10. Chequear	18. Trasladar	Inspección		3
3. Convertir	11. Cortar	19. Plegar	Almacenamiento		3
4. Trasladar	12. Almacenar	20. Trasladar	<b>TOTAL</b>		
5. Abrir	13. Limpiar	21. Pulir	<b>DISTANCIA (m)</b>		
6. Solicitar	14. Almacenar	22. Trasladar	<b>PERSONAS</b>		
7. Subir	15. Trasladar	23. Almacenar	<b>HORAS</b>		
8. Cuadrar	16. Matar filo	24.			
Método:	Actual <input checked="" type="checkbox"/> X	Propuesto			
Lugar:					

DESCRIPCIÓN	PERSONAS	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	SIMBOLO					OBSERVACIONES
1. Ubicar las piezas diseñadas en la plancha 2440x1220 manualmente	1	0	7,8						Consideramos el tiempo de 4 mm del proyecto Lavadora de bins LEBUMAR.
2. Revisar y aprobar el archivo con las piezas ubicadas en la plancha		0	5						Se revisa brevemente las disposición de las piezas y es actividad critica.
3. Convertir el archivo "Dwg" a "Dxf"		0	0,4						
4. Llevar el archivo en pendrive a la máquina Láser	1	42	2						Ida y regreso
5. Abrir "Dxt" en Cypu y ubicar las líneas de marcado en el layer		0	1						
6. Solicitar a los auxiliares que ayuden a subir la plancha		36	5						Los va a buscar ida y venida. Auxiliares deben ponerse faja
7. Subir la plancha a la máquina Láser de corte	3	0	2						
8. Cuadrar bordes de referencia y simular el corte	1	0	3,5						
9. Chequear layer y boquilla		0	1						Verificar boquilla correcta y hacer prueba para evitar rebabas.
10. Chequear encuadre de la plancha haciendo "frame" o "Drycut"		0	1						
11. Cortar plancha con la máquina Láser		0	24,15						
<b>TOTAL</b>	6	78	52,85	6	2	0	3	0	

DESCRIPCIÓN	PERSONAS	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	SIMBOLO					OBSERVACIONES
12. Almacenar piezas de chapa metálica	1	0	4						
13. Limpieza de plancha		0	4						Cortar los pedazos más finos que van al desperdicio.
14. Almacenar sobrantes		10	4						
15. Trasladar piezas cortadas al área de pulido	2	108	15						Se toma en cuenta 3 viajes ida y vuelta
16. Matar filo y pulir partes que lo necesitan antes del plegado		0	73,53						Tiempo por metro lineal 2,73 minutos x 26,937m
17. Prepulir las piezas antes del plegado plancha		0	71						6:52 min el metro lineal
18. Trasladar piezas pulidas al área de plegado		102	12						Se toma en cuenta 3 viajes ida y vuelta
19. Plegar las piezas de acuerdo a las marcas y a el ángulo requerido	2	0	42						52 segundo por cada pliegue
20. Trasladar las piezas plegadas a el área de pulido	2	102	12						Se toma en cuenta 3 viajes ida y vuelta
21. Pulido final		0	140						6:52 min el metro lineal
22 y 23. Almacenar y trasladar piezas terminadas.	1	84	12						Se toma en cuenta 3 viajes ida y vuelta
<b>TOTAL</b>	14	484	442,38	11	6	0	3	3	

## Apéndice C

### Procedimiento escrito para la anidación de piezas

PROCESO DE DISEÑO  
V1-220724 PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA  
Fecha de publicación: 22/07/2024

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA	01

#### PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA

<b>OBJETIVO</b>	Ubicar piezas a cortar en planchas (2400x1220mm) ó sobrantes en módulo NEST (Optimizador de cortes).
<b>ALCANCE</b>	Acomodar las piezas a cortar en las planchas para el proyecto en curso.
<b>LÍDER DEL PROCEDIMIENTO</b>	Coordinador de diseño.
<b>DEFINICIONES</b>	Nest ó anidación: <b>proceso de corte de varias piezas en una lámina</b> , donde dichas piezas están distribuidas y/o configuradas de una manera óptima con un gran ahorro de espacio en una sola mesa de trabajo.

N.º	Actividad o paso	Responsable	Registro o documento de referencia (opcional)
1	El Coordinador de diseño solicita al Analista la ubicación de piezas en planchas del proyecto terminado (Sólido 3D) [ <i>SOLIDWORKS Assembly Document (.SLDASM)</i> ]	Coordinador de diseño	Sólidos 3D proyecto (Ubicado en Servidor diseño)
2	El analista crea un solo archivo de dibujo [ <i>SOLIDWORKS Drawing Document (.SLDDRW)</i> ] dentro de la carpeta del servidor, donde despliega cada pieza. <b>Se verifica que estén desplegadas todas las piezas que componen el proyecto.</b>	Analista de producción	Drawing Document (.SLDDRW)

| 1

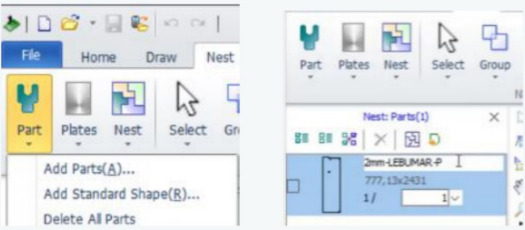

PROCESO DE DISEÑO  
V1-220724 PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA  
Fecha de publicación: 22/07/2024

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA	01

3	Verificar que todas las piezas del dibujo (.SLDDRW) estén a la misma escala, y que se realicen las vistas de sección para referencias de armado.	Analista de producción	
4	Se convierte el archivo a formato ".DWG". <b>Se verifica que todas las piezas estén en escala 1:1.</b>	Analista de producción	Archivo AutoCAD (.DWG)
5	Se colocan en una capa (Capa1) con diferente color (Magenta) las líneas de pliegue y líneas de referencia para armado (posición costillas, posición de eje, etc.) con ayuda de una vista auxiliar o de sección. Luego se recortan las líneas de pliegue.	Analista de producción	
6	Copiar la plantilla del formato propuesto "Formato_codificación_piezas-Model". Agrupar por espesor todas las piezas, asignarle un casillero del formato (código) a cada una y luego colocar la cantidad requerida.  <i>Codificación Alfanumérica : X mm - PROJECT'S NAME - PX</i> <i>X mm – espesor en mm</i> <i>PROJECT'S NAME – nombre del proyecto</i> <i>PX – secuencia de piezas (P1 hasta P50)</i>	Analista de producción	Formato_codificación_piezas .DWG
7	Crear un archivo ".DXF" por cada espesor con la codificación asignada anteriormente.	Analista de producción	Archivo ".DXF"


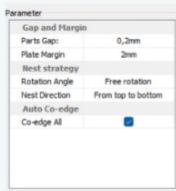
| 2

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA	01

8	<p>Importar y cargar cada pieza (Add Parts) en el módulo "Nest", colocar el código asignado y colocar cantidad requerida. Se pueden cargar máximo 50 piezas.</p> 	Analista de producción	Archivo: " <i>Xmm - Proyecto</i> " CypCut Laser Doc 2.0 (.lxs)
9	<p>Colocar líneas de marcación en la capa "Layer2" configurada en la Láser para grabar.</p> 	Analista de producción	

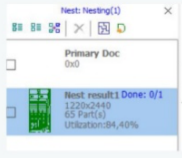
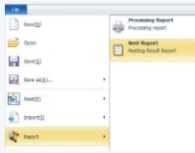
| 3

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA	01

10	<p>Agregar en el módulo "Nest" las dimensiones de las planchas (Plates) o sobrantes de la bodega de planchas.</p> 	Analista de producción	
11	<p>Ingresar parámetros en el módulo "Nest" para la optimización de las piezas.</p> 	Analista de producción	

| 4

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA	01

12	<p>Clickear en "Nest" para obtener los resultados.</p> 	Analista de producción	
13	<p>Crear reporte para registros de resultados.</p> 	Analista de producción	Archivo: <b>"Xmm-Proyecto-nest.pdf"3</b>
14	<p>Guardar archivo listo para corte en formato (.lxdx) en la carpeta del servidor.</p>	Analista de producción	

| 5

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO PARA NESTING DE PIEZAS EN PLANCHA	01

## CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	ACTUALIZACIÓN	FECHA
01	Elaboración	22/07/2024
	Publicación	22/07/2024

## APROBACIÓN

	NOMBRE	CARGO	FECHA
ELABORÓ	ELVIN PINCAY	ASISTENTE TECNICO	22/07/2024
REVISÓ	SUSANA AIZAGA	GERENTE GENERAL	22/07/2024
APROBÓ	SUSANA AIZAGA	GERENTE GENERAL	22/07/2024

| 6

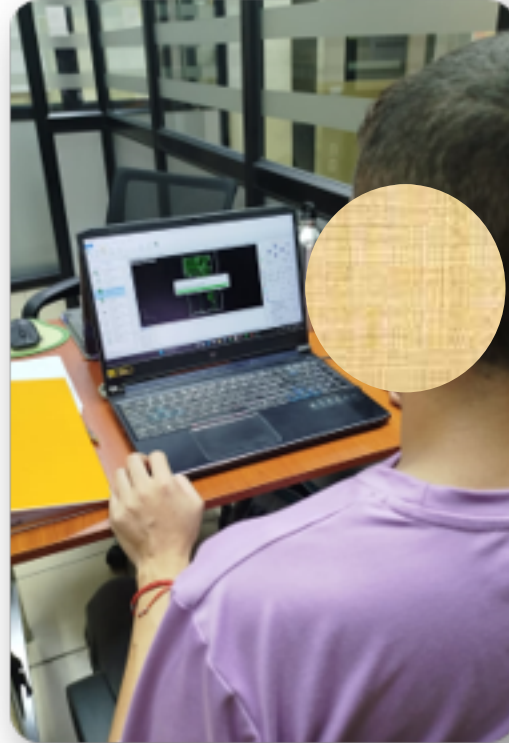
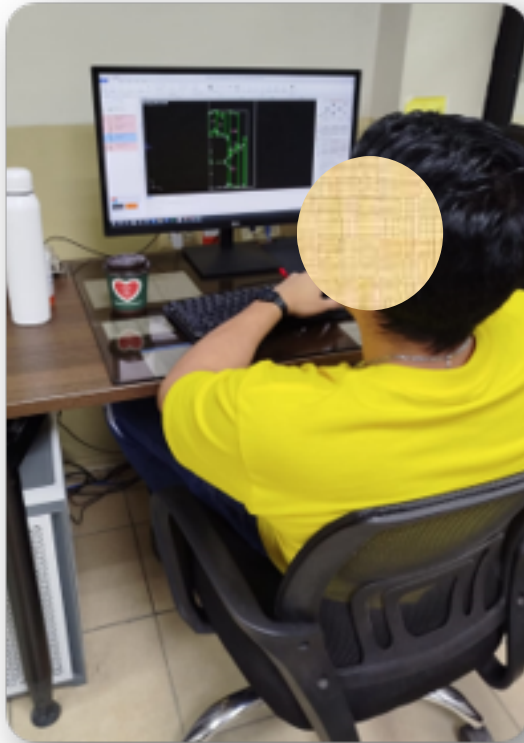
## Apéndice D

Capacitación del software de anidación, codificación de piezas y manejo de bodega virtual



### Apéndice E

Toma de tiempo de ubicación de piezas con el nuevo método





## Apéndice F

### Procedimiento escrito para el uso de la máquina cortadora

PROCESO DE DISEÑO  
V3-230724 PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER  
Fecha de publicación: 23/07/2024

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER	01

### PROCEDIMIENTO DE CORTE LÁSER

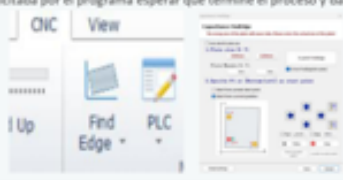
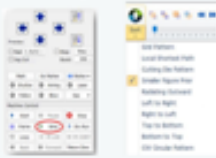
<b>OBJETIVO</b>	Cortar planchas optimizadas en máquina láser.
<b>ALCANCE</b>	Completar corte de planchas según planos para el proyecto en curso.
<b>LÍDER DEL PROCEDIMIENTO</b>	Supervisor de Producción
<b>DEFINICIONES</b>	N/A

N.º	Actividad o paso	Responsable	Registro o documento de referencia (opcional)
1	El Supervisor solicita al Analista el corte de las planchas o sobrantes en la máquina láser.	Supervisor de Producción	
2	El Analista abre el archivo en formato (.lxds) en la máquina láser desde la carpeta del servidor. Visualiza el archivo y define el orden de corte según requerimientos del Supervisor.	Analista de producción	Archivo: <b>"Xmm - Proyecto"</b> CypCut Laser Doc 2.0 (.lxds)
3	Analista localiza la plancha o sobrante a cortar y solicita a los auxiliares que la suban a la máquina láser.	Analista de producción	

11

PROCESO DE DISEÑO  
V3-230724 PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER  
Fecha de publicación: 23/07/2024

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER	01


4	Dentro del programa de corte CYP-CUT, en la pestaña CNC selecciona la opción "Find Edge" y elegir "6 point FindEdge" ubicar el puntero de la láser sobre la plancha en la ubicación solicitada por el programa esperar que termine el proceso y dar clic en "save"	Analista de producción	
			
5	Simular el corte de la plancha desde el programa CYP-CUT dando clic en el botón "Simu" para verificar que el orden del corte sea el correcto: piezas pequeñas primero. Caso contrario buscar la opción "Sort" y elegir el patrón de corte adecuado.	Analista de producción	
			

12

PROCESO DE DISEÑO  
V1-230724 PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER  
Fecha de publicación: 23/07/2024

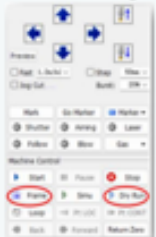
MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER	01

6 Se verifica que el Layer de corte corresponda al espesor de la plancha a cortar y se verifica que la boquilla sea la correcta para dicho espesor.



Analista de producción

7 Chequear la alineación de la plancha haciendo clic en "frame" para verificar que el corte se realice dentro de la plancha. Si la plancha presenta forma irregular dar clic en "Dry Run" \*Al Usar esta opción volver a cuadrar "Find Edge" \*




Analista de producción

13

PROCESO DE DISEÑO  
V1-230724 PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER  
Fecha de publicación: 23/07/2024


MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER	01

8 Iniciar cronómetro de Windows y cortar plancha, dando clic en **Start**. Mantener el control remoto de la láser en la mano y estar pendiente para detener (**Pause**) el corte en caso de que alguna pieza se levante o se mueva.



Analista de producción

9 Almacenar piezas cortadas, y llenar formato de "Punto de control". Verificando que la cantidad y calidad de las piezas este de acuerdo con lo requerido.



Analista de producción



Formato de control de piezas cortadas.

14

PROCESO DE DISEÑO  
V5-230724 PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER  
Fecha de publicación: 23/07/2024

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER	01

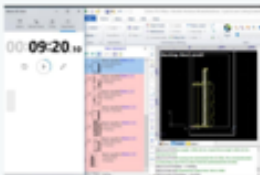
10	<p>Almacenar los sobrantes, colocando con marcador el código correspondiente según formato bodega de planchas, luego colocarlos en la estantería que corresponda al espesor. Al final del proceso no olvidar actualizar el sobrante en la bodega virtual.</p> 	Analista de producción	Formato Bodega virtual.
11	<p>Limpiar los sobrantes (desechos) dando clic en "Jog Cut" para hacer cortes pequeños de tal manera que los desechos tengan un tamaño de fácil manipulación, para posteriormente colocar en sacos.</p> 	Analista de producción	

15

PROCESO DE DISEÑO  
V5-230724 PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER  
Fecha de publicación: 23/07/2024

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE CORTE LASER	01

12	<p>Hacer captura de pantalla del reporte de corte de la máquina láser junto con el tiempo registrado por el cronómetro de Windows. Y guardar la captura con el nombre de la plancha cortada. Llenar formato de control de piezas cortadas.</p> 	Analista de producción	Archivo: "Xmas - Proyecto-Nest Result X.jpg"
----	--	------------------------	--

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	ACTUALIZACIÓN	FECHA
01	Elaboración	23/07/2024
	Publicación	23/07/2024

16

**Apéndice G**  
Evidencias en la colocación de la infografía en el área de corte



**ANTES**



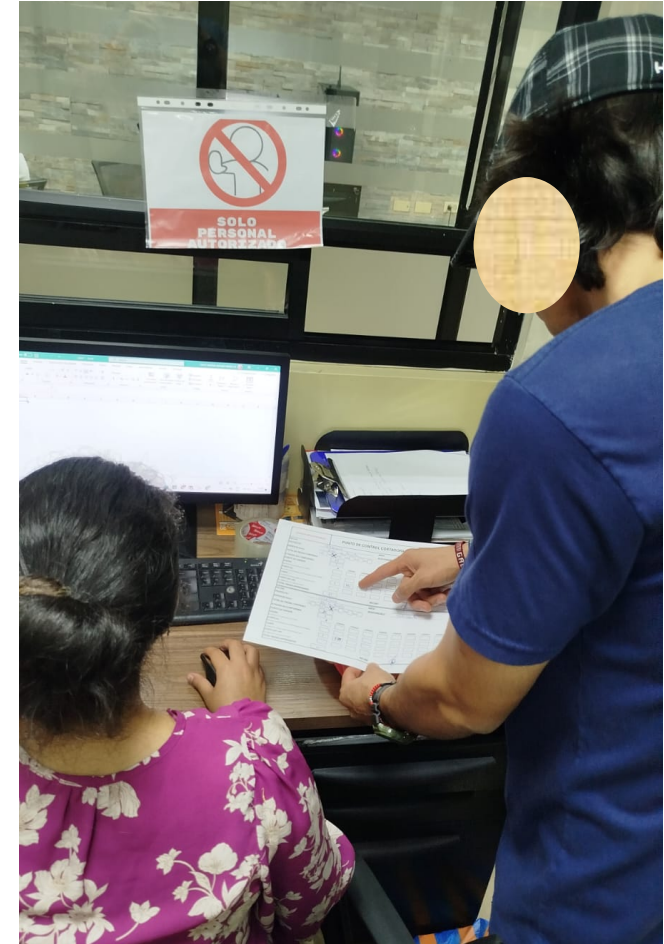
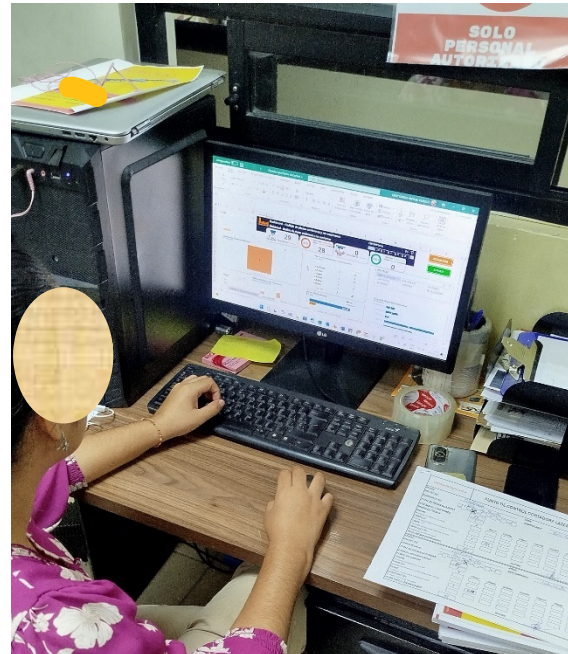
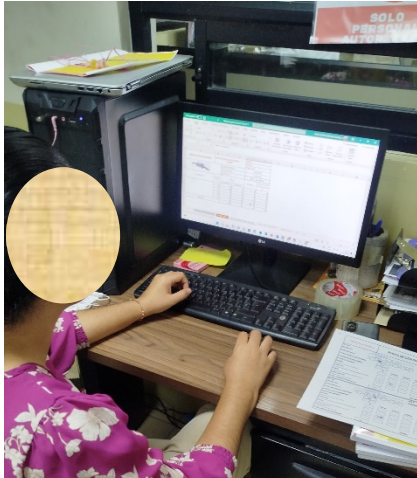
**INTALACIÓN**



**DESPUÉS**

### Apéndice H

Validación de formatos y tablero de control para registros de piezas conformes y no-conformes



## Apéndice I

### Diagrama de flujo de procesos de la reubicación de estaciones de trabajo propuesta.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS			OPERARIO	MATERIAL	EQUIPO
Diagrama número: 1			X		
Hoja 1 de 2			RESUMEN		
Objeto/Proceso:			ACTUAL	PROPUESTA 2	ECONOMIA
Procesamiento de 1 plancha de acero 4mm en una metalmecánica			11	11	0
<b>Actividades:</b>					
<b>Operación</b>					
<b>Transporte</b>			6	5	1
<b>Demora</b>			0	0	0
<b>Inspección</b>			3	5	-2
<b>Almacenamiento</b>			3	3	0
<b>TOTAL</b>			23	24	-1
<b>DISTANCIA (m)</b>			484	148,3	335,7
<b>PERSONAS</b>			6	6	0
<b>HORAS</b>			7,37	6,92	0,45
Reubicación del área de pulido, cercano a la máquina Láser, moviendo la plegadora y sacando de funcionamiento la cizalla que tiene tiempo sin usar, puntos de control, estantería y bodega virtual.					
Método:	Actual_	Propuesto_X_			
Lugar:					

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS			OPERARIO	MATERIAL	EQUIPO
Diagrama número: 1			X		
Hoja 2 de 2			RESUMEN		
Objeto/Proceso:			ACTUAL	PROPUESTA 2	ECONOMIA
Procesamiento de 1 plancha de acero 4mm en una metalmecánica			11	11	0
<b>Actividades:</b>					
<b>Operación</b>					
<b>Transporte</b>			6	5	1
<b>Demora</b>			0	0	0
<b>Inspección</b>			3	5	-2
<b>Almacenamiento</b>			3	3	0
<b>TOTAL</b>			23	24	-1
<b>DISTANCIA (m)</b>			484	148,3	335,7
<b>PERSONAS</b>			6	6	0
<b>HORAS</b>			7,4	6,92	0,45
Reubicación del área de pulido, cercano a la máquina Láser, moviendo la plegadora y sacando de funcionamiento la cizalla que tiene tiempo sin usar, puntos de control, estantería y bodega virtual.					
Método:	Actual_	Propuesto_X_			
Lugar:					

DESCRIPCIÓN	PERSONAS	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	SIMBOLO					OBSERVACIONES	
1. Ubicar las piezas diseñadas en la plancha 2440x1220 manualmente	1	0	6,63						Considera el tiempo de 4 mm del proyecto Lavadora de binses LEBUMAR	
2. Revisar y aprobar el archivo con las piezas ubicadas en la plancha		0	5							Se revisa brevemente las disposición de las piezas y es actividad crítica.
3. Convertir el archivo "Dwg" a "Dxt"		0	0,4							
4. Abrir "Dxt" en Cypu y ubicar las líneas de marcado en el layer	1	0	1						Los va a buscar ida y venida. Auxiliares deben ponerse faja	
5. Solicitar a los auxiliares que ayuden a subir la plancha		11,8	2,5							
6. Subir la plancha a la máquina Láser de corte	1	3	0	2						Verificar boquilla correcta y hacer prueba para evitar rebabas.
7. Cuadrar bordes de referencia y simular el corte		0	3,5							
8. Chequear layer y boquilla		0	1							
9. Chequear encuadre de la plancha haciendo "frame" o "Dry cut"		0	1							
10. Cortar plancha con la máquina Láser		0	24,15							
11. Inspección de calidad de piezas cortadas	1	0	4							
<b>TOTAL</b>	6	11,784	51,18	6	1	0	4	0		

DESCRIPCIÓN	PERSONAS	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	SIMBOLO					OBSERVACIONES
12. Almacenar piezas de chapa metálica	1	0	2						Cortar los pedazos más finos que van al desperdicio.
13. Limpieza de plancha		0	4						
14. Almacenar sobrantes		10	2						
15. Trasladar piezas cortadas al área de pulido		35,4	7,5						
16. Matar filo y pulir partes que lo necesitan antes del plegado	2	0	73,5						Tiempo por metro lineal 2,73 minutos x 26,837m
17. Prepulir las piezas antes del plegado plancha		0	71						6:52 min el metro lineal
18. Trasladar piezas pulidas al área de plegado		30,4	6						Se toma en cuenta 3 viajes ida y vuelta
19. Plegar las piezas de acuerdo a las marcas y a el ángulo requerido	2	0	42						52 segundo por cada pliegue
20. Inspección de calidad de piezas plegadas	1	0,0	4						
21. Trasladar las piezas plegadas a el área de pulido	2	30,4	6						
22. Pulido final		0	140						6:52 min el metro lineal
23. y24. Almacenar y trasladar piezas terminadas.	1	30,4	6						
<b>TOTAL</b>	6	148,3	415,2	11	5	0	5	3	

## Apéndice J

### Procedimiento escrito para el uso de la bodega virtual

PROCESO DE DISEÑO  
V1-250724 PROCEDIMIENTO DE USO BODEGA VIRTUAL PLANCHAS  
Fecha de publicación: 25/07/2024

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE USO BODEGA VIRTUAL PLANCHAS	01

#### PROCEDIMIENTO DE USO BODEGA VIRTUAL PLANCHAS

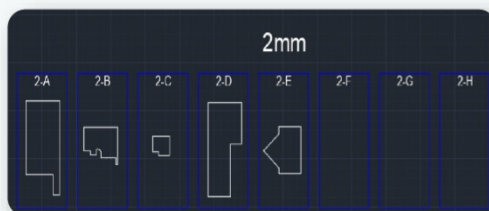
OBJETIVO	Almacenar planchas sobrantes en ubicación virtual.		
ALCANCE	Almacenar y tener control digital de sobrantes de planchas que pueden ser utilizados para futuros proyectos.		
LÍDER DEL PROCEDIMIENTO	Supervisor de Producción		
DEFINICIONES	N/A		
N.º	Actividad o paso	Responsable	Registro o documento de referencia (opcional)
1	Al terminar de hacer el Nesting de planchas identificar los sobrantes de área mayor a 400x400mm (o según criterio del Coordinador de diseño) y codificarlos usando el formato propuesto.	Supervisor de Producción	Archivo: Formato_Bodega_virtual.dwg

| 1

PROCESO DE DISEÑO  
V1-250724 PROCEDIMIENTO DE USO BODEGA VIRTUAL PLANCHAS  
Fecha de publicación: 25/07/2024

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE USO BODEGA VIRTUAL PLANCHAS	01

2	Colocar los sobrantes en el "Primary Doc" del archivo de corte con el código asignado.	Analista de producción	Archivo: <b>"Xmm - Proyecto"</b> CypCut Laser Doc 2.0 (.lxd)
3	Convertir el archivo "Primary Doc" en formato Dxf y recortar en AutoCAD manualmente los sobrantes, dando una fuga de aproximadamente 10mm por lado.	Analista de producción	
4	Cada sobrante virtual se lo coloca en el casillero correspondiente en la "Formato_Bodega_virtual.dwg"	Analista de producción	



| 2

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE USO BODEGA VIRTUAL PLANCHAS	01

5	Al terminar el corte la plancha, se debe identificar con marcador el código de sobrante. Y debe ser colocarlo en la estantería del espesor correspondiente		Analista de producción
6	Si se requiere usar un sobrante desde "Formato_Bodega_virtual.dwg" se debe identificar que esta en uso .		Analista de producción
7	Mantener actualizado a diario la biblioteca de sobrantes y contrastar información con bodega. Para dar de baja por proyectos.		Analista de producción

MACROPROCESO	PROCESO	TIPO DOCUMENTO	VERSIÓN
DISEÑO	PROCESO DE DISEÑO	PROCEDIMIENTO DE USO BODEGA VIRTUAL PLANCHAS	01

CONTROL DE CAMBIOS

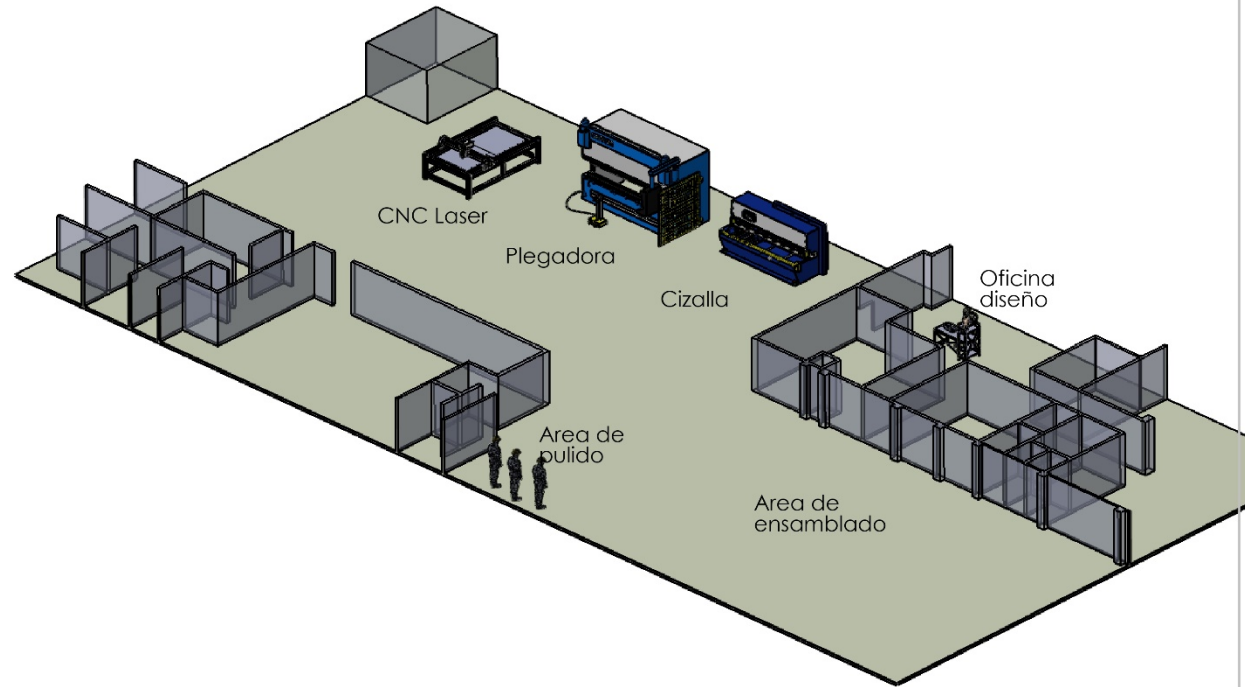
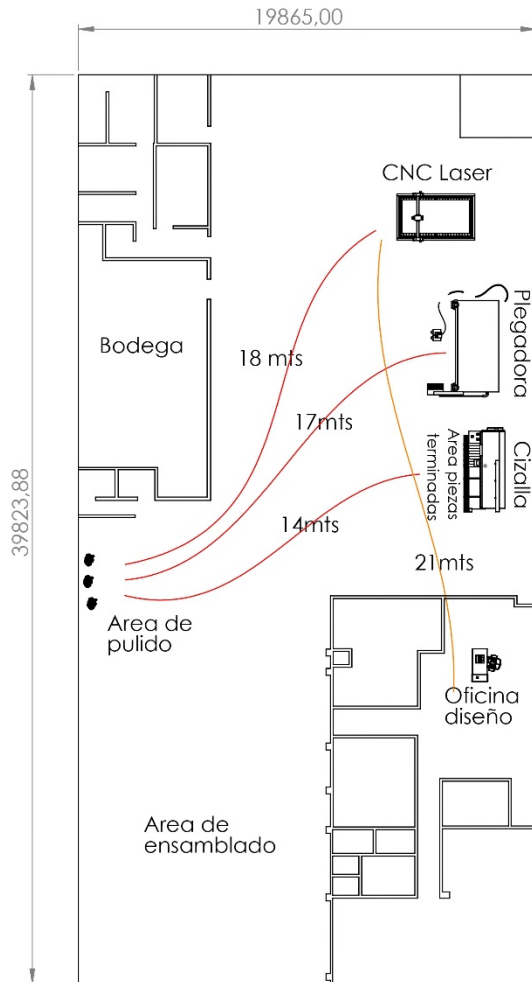
VERSIÓN	ACTUALIZACIÓN	FECHA
01	Elaboración	25/07/2024
	Publicación	25/07/2024

APROBACIÓN

	NOMBRE	CARGO	FECHA
ELABORÓ	ELVIN PINCAY	ASISTENTE TÉCNICO	25/07/2024
REVISÓ	SUSANA AIZAGA	GERENTE GENERAL	25/07/2024
APROBÓ	SUSANA AIZAGA	GERENTE GENERAL	25/07/2024

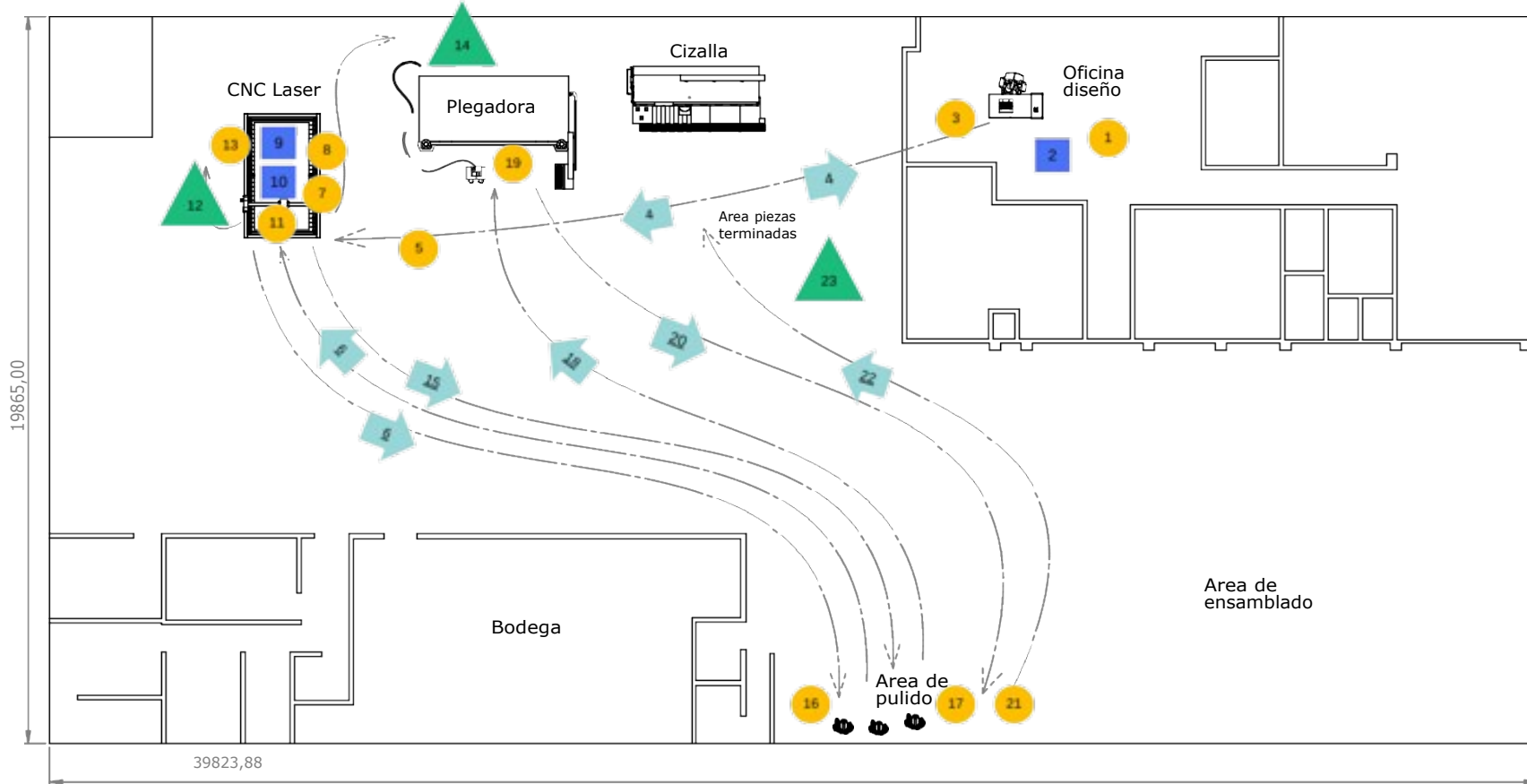


## PLANO 1 LAYOUT DE LA EMPRESA METALMECÁNICA



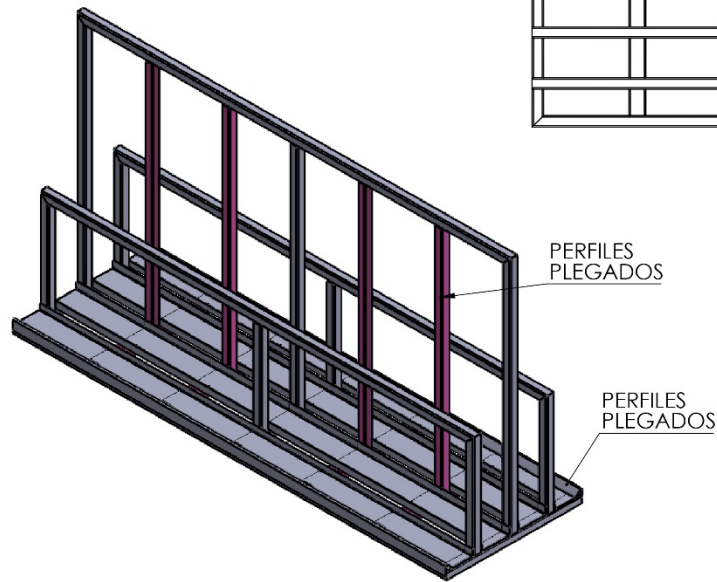
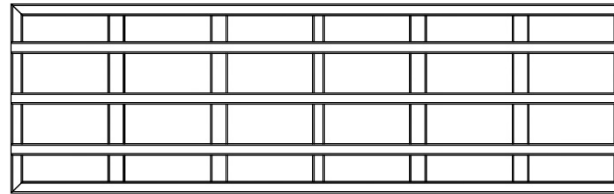
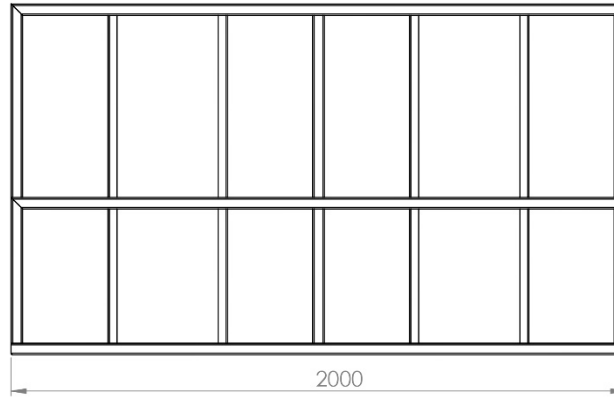
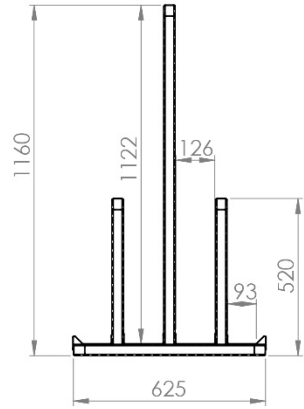
NOMBRE		FECHA	FIRMA	MATERIA INTEGRADORA INGENIERÍA INDUSTRIAL	
Diseñado	Elvin P.	12 junio 2024			
Dibujado	Elvin P.			NÚMERO DE PLANO: <b>PLANO 1</b>	
Aprobado				NÚMERO DE SERIE:	
ESCALA	<b>PLANO 1 LAYOUT DE LA EMPRESA METALMECÁNICA</b>			VERSIÓN: <b>V 1.0</b>	
FORMATO: A3					

### PLANO 2 DIAGRAMA DE FLUJO DE TRABAJO EMPRESA METALMECÁNICA

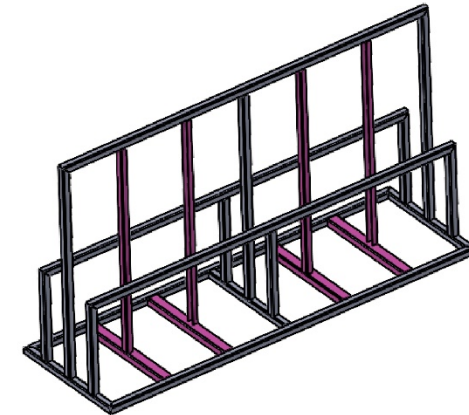
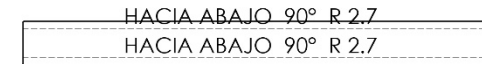
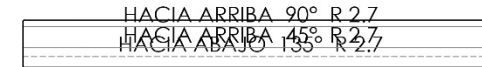


	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIA INTEGRADORA INGENIERÍA INDUSTRIAL	
Diseñado	Elvin P.	12 junio 2024		DEPARTAMENTO DE DISEÑO	CLIENTE: S/N
Dibujado	Elvin P.				
Aprobado					
ESCALA	<b>PLANO 2 DIAGRAMA DE FLUJO DE TRABAJO EMPRESA METALMECÁNICA</b>			NÚMERO DE PLANO: <b>PLANO 2</b>	
FORMATO: A3				NÚMERO DE SERIE:	

**PLANO 3**  
**OPCION 1: DISEÑO DE ESTANTERÍA PARA SOBANTES**

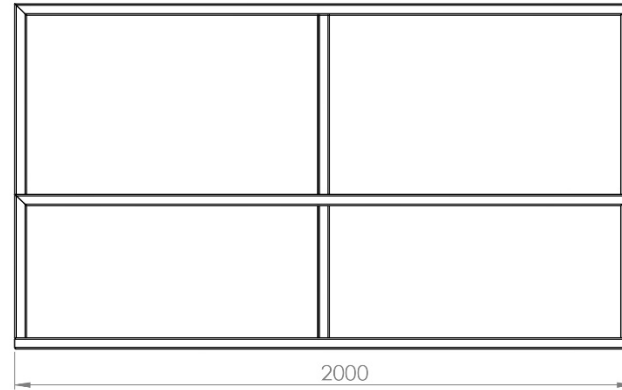
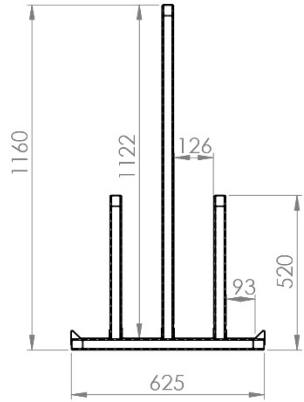


HACIA ARRIBA 90° R 2.7  
HACIA ABAJO 90° R 2.7

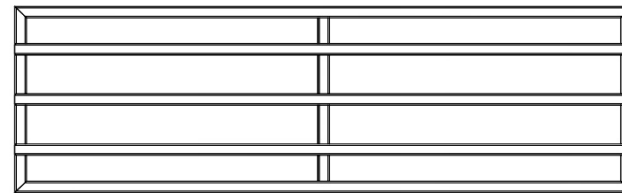


NOMBRE		FECHA	FIRMA	MATERIA INTEGRADORA INGENIERÍA INDUSTRIAL	
Diseñado	Elvin P.	5 Agosto 2024		DEPARTAMENTO DE DISEÑO CLIENTE: SIN	
Dibujado	Elvin P.			NÚMERO DE PLANO: <b>PLANO 3</b>	
Aprobado				NÚMERO DE SERIE:	
ESCALA	<b>PLANO 3</b> <b>OPCION 1: DISEÑO DE ESTANTERÍA PARA SOBANTES</b>			VERSIÓN: <b>V 1.0</b>	
FORMATO: A3					

**PLANO 4**  
**OPCION 1: DISEÑO DE ESTANTERÍA PARA SOBRAINTES**  
**LISTA DE MATERIALES**



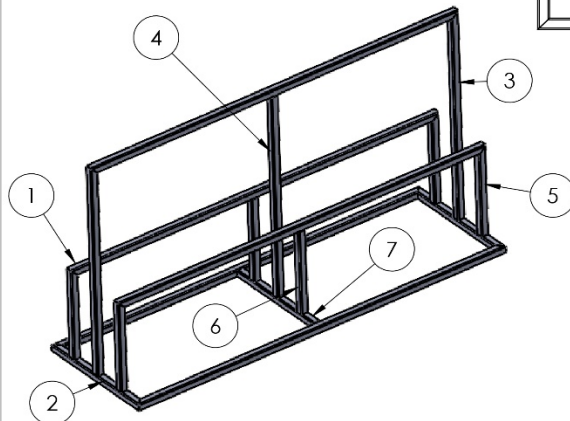
N° de elemento	Cantidad	Descripción	LENGTH	LONGITUD
1	5	TS38x38x2.5	2000	
2	2	TS38x38x2.5	625	
3	2	TS38x38x2.5	1122	
4	1	TS38x38x2.5	1084	
5	4	TS38x38x2.5		482
6	2	TS38x38x2.5		444
7	1	TS38x38x2.5		549



**CORTE TUBOS DE 38X38X1.5 (INOX)**

**TOTAL= 3 tubos cuadrados largo 6mts**

TUBO 1= 2000+2000+1084+444+444  
 TUBO 2= 2000+2000+482+482+482+482  
 TUBO 3= 2000+1122+1122+625+625  
 TUBO 4= 549 BUSCAR SOBRIANTE



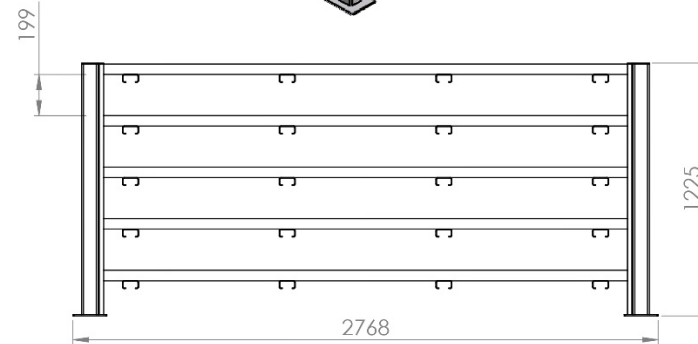
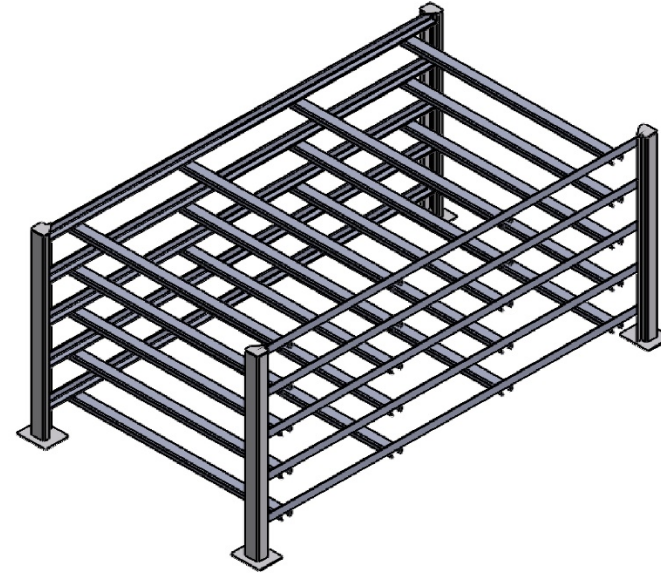
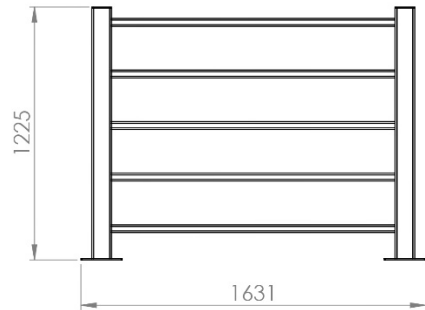
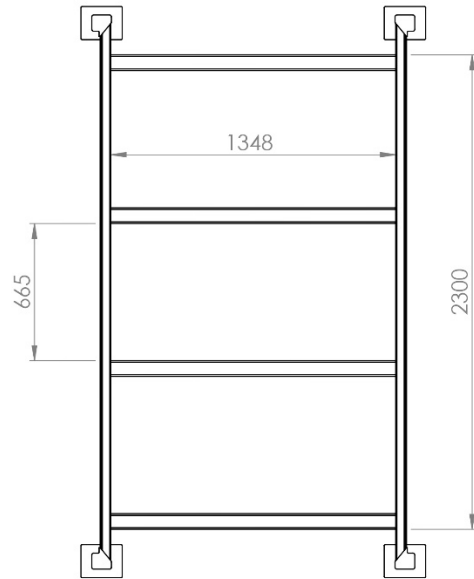
**CORTE TUBOS DE 38X38X1.5 (INOX)**

**TOTAL= 3 tubos cuadrados largo 6mts**

**Sobrantes de plancha de 2mm**  
**4 UNIDADES 124 X 549**  
**4 UNIDADES 91 X 1084**  
**2 UNIDADES 198 X 1990**  
**2 UNIDADES 183 X 2000**

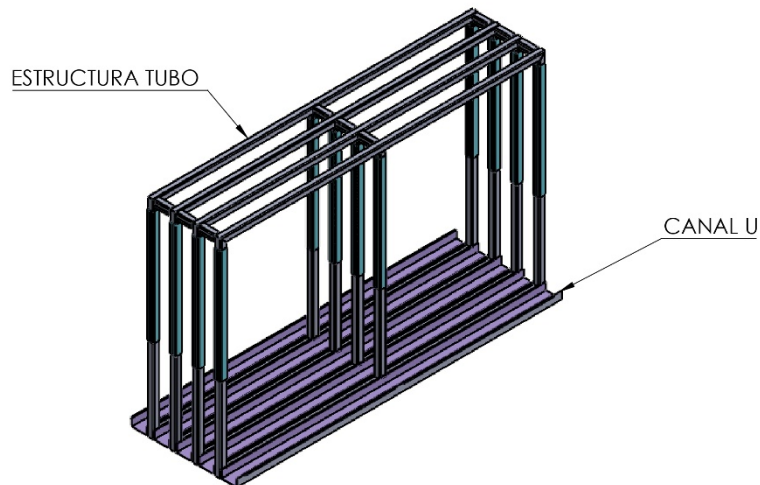
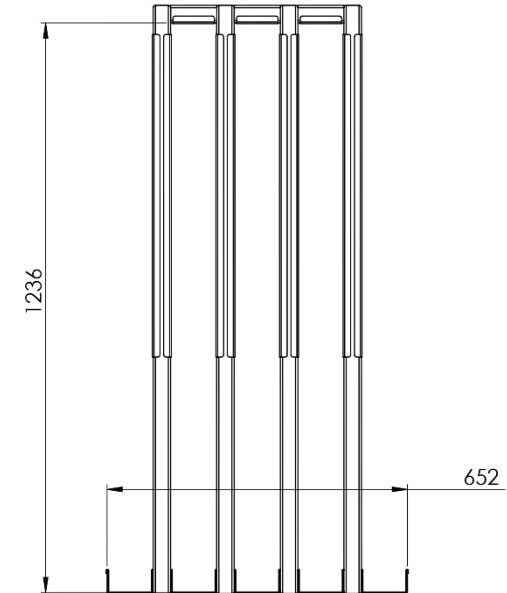
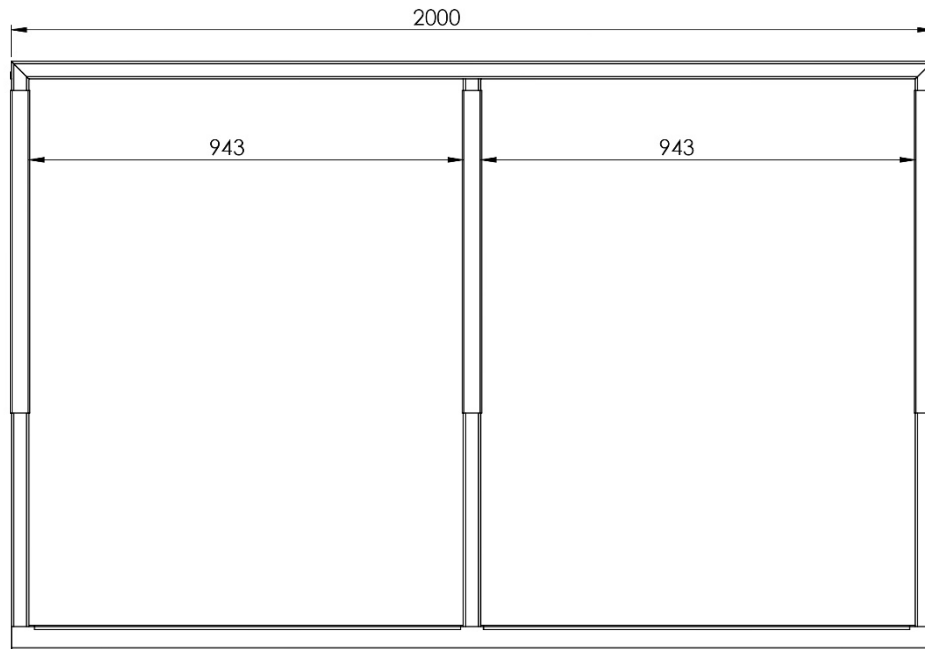
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIA INTEGRADORA	
Diseñado	Elvin P.	5 Agosto 2024		INGENIERÍA INDUSTRIAL	
Dibujado	Elvin P.			DEPARTAMENTO DE DISEÑO	CLIENTE: SIN
Aprobado				NÚMERO DE PLANO:	
ESCALA	PLANO 4			PLANO 4	
FORMATO:	OPCION 1: DISEÑO DE ESTANTERÍA PARA SOBRIANTES - LISTA DE MATERIALES			NÚMERO DE SERIE:	
A3				VERSIÓN: V 1.0	

**PLANO 5**  
**OPCION 2: DISEÑO DE ESTANTERÍA PARA SOBRANTES**



NOMBRE		FECHA	FIRMA	MATERIA INTEGRADORA	
Diseñado	Elvin P.	27 julio 2024		INGENIERÍA INDUSTRIAL	
Dibujado	Elvin P.			DEPARTAMENTO DE DISEÑO	
Aprobado				CLIENTE: S/N	
ESCALA			NÚMERO DE PLANO:		
FORMATO: A3			PLANO 5		
			NÚMERO DE SERIE:		
			VERSIÓN: V 1.0		

**PLANO 6**  
**OPCION 3: DISEÑO DE ESTANTERÍA PARA SOBANTES**



**CORTE TUBOS DE 38X38X1.5 (HIERRO)**

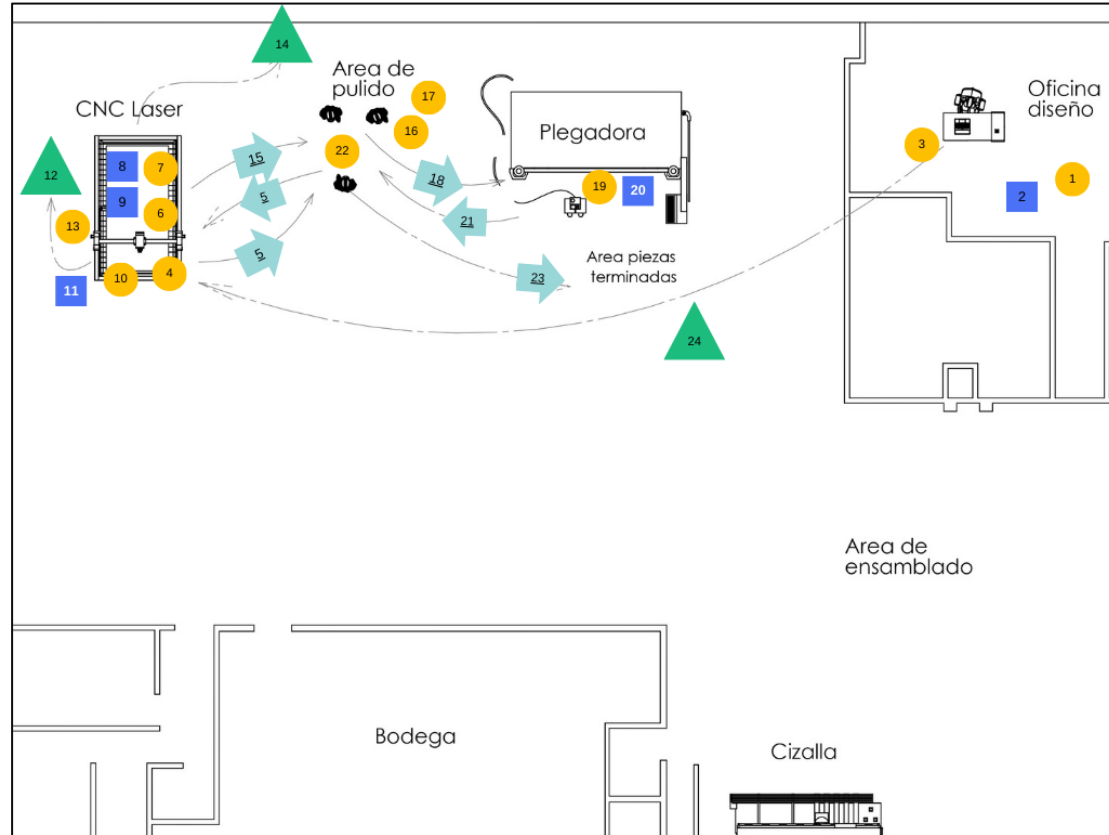
- TUBO 1: 2000+2000+2000
- TUBO 2: 2000+2000+2000
- TUBO 3: 2000+1200+1200+1200+100+100+100+100
- TUBO 4: 2000+1276+1276+1200+100+100
- TUBO 5: 1276+1276+1276+1276+100+100+100
- TUBO 6: 1276+1276

**CORTE CANAL U (HIERRO)**

- CANAL 1: 2000+2000+2000
- CANAL 2: 2000+2000

	NOMBRE	FECHA	FIRMA	MATERIA INTEGRADORA INGENIERIA INDUSTRIAL	
Diseñado	Elvin P.	28 julio 2024			
Dibujado	Elvin P.	2024			
Aprobado				DEPARTAMENTO DE DISEÑO	CLIENTE: SIN
ESCALA	<b>PLANO 6</b> <b>OPCION 3: DISEÑO DE ESTANTERÍA PARA SOBANTES</b>			NÚMERO DE PLANO: <b>PLANO 6</b>	
FORMATO: A3				NÚMERO DE SERIE:	

### PLANO 7 DIAGRAMA DE FLUJO DE TRABAJO PROPUESTO PARA LA EMPRESA METALMECÁNICA



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	<b>MATERIA INTEGRADORA INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>	
Diseñado	Elvin P.	7 julio 2024		DEPARTAMENTO DE DISEÑO CLIENTE: SIN	
Dibujado	Elvin P.			NÚMERO DE PLANO: <b>PLANO 7</b>	
Aprobado				NÚMERO DE SERIE:	
ESCALA	<b>PLANO 7 DIAGRAMA DE FLUJO DE TRABAJO PROPUESTO PARA LA EMPRESA METALMECÁNICA</b>			VERSIÓN: <b>V 1.0</b>	
FORMATO: A3					