



Propuesta de mejora al sistema productivo  
de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata

**Díaz, Paula Andrea**  
**Montagna Acosta, Maia**

**Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial**  
**Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería**  
**Universidad Nacional de Mar del Plata**  
**Mar del Plata, mayo 2023**



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Propuesta de mejora al sistema productivo  
de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata

**Díaz, Paula Andrea**  
**Montagna Acosta, Maia**

**Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial**  
**Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería**  
**Universidad Nacional de Mar del Plata**  
**Mar del Plata, mayo 2023**

Universidad Nacional de Mar del Plata  
Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial

Trabajo Final:  
“Propuesta de mejora al sistema productivo  
de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata”

Autoras: Díaz, Paula Andrea  
Montagna Acosta, Maia

Directora: Tabone, Luciana  
Departamento de Ingeniería Industrial,  
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Codirector: Grammatico, Juan Pablo  
Departamento de Ingeniería Industrial,  
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Evaluadores: Onaine, Adolfo  
Departamento de Ingeniería Industrial,  
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Morcela, Antonio  
Departamento de Ingeniería Industrial,  
Facultad de Ingeniería, UNMdP

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
TABLA DE SIGLAS.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 La industria de la metalúrgica.....	8
2.1.1 Descripción del sector.....	8
2.2 Diseño de instalaciones de manufactura.....	9
2.3 Manejo de materiales.....	9
2.4 Análisis de los procesos.....	10
2.4.1 Diagrama de flujo.....	10
2.5 Herramientas para el diseño y distribución en planta.....	10
2.5.1 Cursograma analítico.....	10
2.5.2 Diagrama de recorrido.....	10
2.5.3 Diagrama de relación de actividades.....	11
2.5.4 Diagrama adimensional de bloques.....	11
2.6 Estudio de tiempos.....	11
2.6.1 Tamaño de la muestra.....	13
2.7 Metodología Systematic Layout Planning (SLP).....	14
2.8 Evaluación del rendimiento de la distribución.....	15
2.8.1 Distancia recorrida.....	15
2.8.2 Utilización del espacio de máquinas.....	16
2.8.3 Porcentaje de espacio de pasillos.....	16
2.9 Planificación y control de las operaciones.....	16
2.9.1 Metodologías ágiles.....	17
2.9.2 Tablero Kanban.....	17
III. METODOLOGÍA.....	19
IV. DESARROLLO.....	20
4.1 Descripción de la empresa.....	20
4.1.1 Estructura organizativa.....	20
4.1.2 Productos.....	21
4.2 Relevamiento.....	21
4.2.1 Estaciones de trabajo.....	21
4.2.2 Proceso productivo.....	22
4.2.3 Dimensionamiento de la distribución actual.....	26
4.2.4 Análisis de subprocesos.....	31
4.2.5 Estudio de tiempos.....	45
4.3 Diagnóstico.....	52
4.3.1 Descripción de la situación actual.....	52
4.3.2 Cálculo de la capacidad productiva.....	53
4.3.3 Distancia de desplazamiento entre sectores.....	55
4.3.4 Determinación de ineficiencias y oportunidades de mejora.....	56
4.4 Propuestas de mejora.....	59
4.4.1 Distribución en planta.....	59

4.4.1.1 Análisis de relación de actividades.....	59
4.4.1.2 Diagrama adimensional de bloques.....	61
4.4.1.3 Depósito de materias primas.....	63
4.4.1.4 Sistema de almacenamiento para producto terminado.....	66
4.4.1.5 Plan maestro de la distribución.....	68
4.4.2 Sistema de planificación de la producción.....	72
4.5 Análisis de resultados.....	79
V. CONCLUSIÓN.....	93
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	94

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Mezcla de productos actuales y futuros.	25
Tabla 2: Producción anual actual y objetivos de producción por sector.	26
Tabla 3: Superficie actual por sector.	29
Tabla 4: Superficie de los equipos.	30
Tabla 5: Determinación del tamaño de muestra.	46
Tabla 6: Plantilla para toma de tiempos.	47
Tabla 7: Velocidad de corte para equipos pantográficos.	48
Tabla 8: Relación consumo de chapa por metro de corte para equipos pantográficos.	48
Tabla 9: Suplementos.	49
Tabla 10: Toma de tiempos - Sector de Corte.	50
Tabla 11: Toma de tiempos - Sector de Plegado.	50
Tabla 12: Toma de tiempos - Sector de Cilindrado.	50
Tabla 13: Toma de tiempos - Sector de Soldado.	51
Tabla 14: Relación consumo de chapa por metro de soldadura.	51
Tabla 15: Resumen de tiempos.	52
Tabla 16: Capacidad productiva actual.	54
Tabla 17: Capacidad requerida por producto.	54
Tabla 18: Capacidad productiva requerida por sector.	55
Tabla 19: Distancia entre sectores actuales.	56
Tabla 20: Resumen de los flujos cruzados detectados para subgrupos.	58
Tabla 21: Asignación de códigos de relación.	59
Tabla 22: Asignación de códigos de relación según componente cuantitativo.	60
Tabla 23: Superficie propuesta por sector.	72
Tabla 24: Estaciones de trabajo y actividad.	78
Tabla 25: Reducción de distancias recorridas.	92

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Suplementos.	12
Figura 2: Descomposición del tiempo tipo en una tarea manual simple.	13
Figura 3: Organigrama de la empresa.	21
Figura 4: Pantógrafos.	22
Figura 5: Diagrama de flujo general de la metalúrgica.	23
Figura 6: Plano actual de la empresa, planta baja.	27
Figura 7: Plano actual de la empresa, planta alta.	28
Figura 8: Situación actual, sector de corte, plegado y cilindrado.	30
Figura 9: Situación actual, sector de corte pantográfico.	31
Figura 10: Situación actual, depósito de planta baja.	31
Figura 11: Cursograma analítico para subgrupo P(CP).	32
Figura 12: Diagrama de recorrido subgrupo P(CP).	32
Figura 13: Cursograma analítico para subgrupo P(CG-P).	33
Figura 14: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P).	34
Figura 15: Cursograma analítico para subgrupo P(CG-Ci).	35
Figura 16: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-Ci).	36
Figura 17: Cursograma analítico para subgrupo P(CG-P-SE).	37

Figura 18: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P-SE).	38
Figura 19: Cursograma analítico para subgrupo P(CG-Ci-SE).	39
Figura 20: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-Ci-SE).	40
Figura 21: Cursograma analítico 1 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	41
Figura 22: Cursograma analítico 2 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	42
Figura 23: Cursograma analítico 3 de 4 para subproceso P(CG-P-Ci-CP-SE).	43
Figura 24: Cursograma analítico 4 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	44
Figura 25: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	45
Figura 26: Diagrama de relación de actividades.	61
Figura 27: Ubicación de los códigos de relación.	62
Figura 28: Diagrama adimensional de bloques.	62
Figura 29: Estantería de almacenaje de chapas.	64
Figura 30: Propuesta de dimensionamiento para estantería y cajones.	65
Figura 31: Modelo de jaula de almacén.	66
Figura 32: Modelo de estantería para almacenamiento de producto terminado.	67
Figura 33: Localización y medidas para estantería.	68
Figura 34: Propuesta de mejora para la distribución en planta.	70
Figura 35: Procedimiento Kanban (página 1 de 2).	74
Figura 36: Procedimiento Kanban (página 2 de 2).	75
Figura 37: Ubicación del tablero Kanban.	77
Figura 38: Modelo de tarjeta Kanban.	77
Figura 39: Tablero Kanban.	78
Figura 40: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CP).	79
Figura 41: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CP).	80
Figura 42: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CG-P).	81
Figura 43: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P).	82
Figura 44: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CG-Ci).	83
Figura 45: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-Ci).	84
Figura 46: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CG-P-SE).	85
Figura 47: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P-SE).	86
Figura 48: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CG-Ci-SE).	87
Figura 49: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-Ci-SE).	88
Figura 50: Propuesta para el cursograma analítico 1 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	88
Figura 51: Propuesta para el cursograma analítico 2 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	89
Figura 52: Propuesta para el cursograma analítico 3 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	90
Figura 53: Propuesta para el cursograma analítico 4 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	91
Figura 54: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).	91

## **TABLA DE SIGLAS**

ADIMRA: Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina.

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

PBI: Producto Bruto Interno.

PYMES: Pequeñas y medianas empresas.

UNMDP: Universidad Nacional de Mar del Plata.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Este trabajo surgió por la motivación de involucrarse con una empresa que se encontraba en un pico de crecimiento donde era necesario implementar herramientas para la organización y dirección industrial con el fin de mejorar la planificación y los procesos productivos. Al mismo tiempo, la empresa representó un desafío por la complejidad de tratarse de un segmento de la industria que no tiene un alto grado de estandarización, pero que, a la vez, presenta una oportunidad para aplicar todos los conceptos aprendidos durante la carrera de Ingeniería Industrial.

Para los fines de este trabajo se definió como objetivo general: “Aumentar la eficiencia en los procesos de una empresa metalúrgica marplatense mediante la propuesta de mejoras al sistema productivo”. Además, se definieron tres objetivos específicos, entre ellos la realización de un relevamiento y análisis del sistema productivo actual: procesos productivos, instalaciones, movimiento de materiales, sistema de planificación de la producción, la identificación de puntos de mejora al sistema productivo, el rediseño de la distribución en planta de las instalaciones y la estimación de la eficiencia de la mejora propuesta y, finalmente una propuesta de un Sistema de Planificación y Control de la producción acorde a las características de los productos y procesos del establecimiento.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 La industria de la metalúrgica**

#### **2.1.1 Descripción del sector**

La industria metalúrgica se inscribe en el marco de la industria metalmecánica. Se la puede definir como el conjunto de actividades, técnicas y procedimientos para la obtención, tratamiento y transformación de los metales y aleaciones extraídos de minerales para la elaboración de variados productos. Estas actividades persiguen el fin de promover el desarrollo económico y la satisfacción de necesidades humanas. (ADIMRA, 2016).

La metalurgia es una de las actividades económicas que se ha convertido en motor del desarrollo económico argentino. En el país, la industria metalmecánica reúne más de 24.000 establecimientos productivos distribuidos principalmente entre Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Mendoza, Entre Ríos y San Luis. Las primeras tres provincias concentran el 90% del universo de firmas metalmecánicas. Casi en su totalidad se trata de pequeñas y medianas empresas de capital nacional (88%) que incorporan valor agregado en todas las cadenas productivas, y al mismo tiempo, son la base de muchas industrias que dan empleo a millones de personas a lo largo y ancho del país. (ADIMRA, 2016)

En la actualidad, el sector representa el 21% del empleo industrial generando alrededor de 300 mil puestos de trabajo en forma directa, esto la convierte en la segunda industria con mayor capacidad de generación de mano de obra. Se caracteriza a su vez, por una fuerte atracción sobre otros sectores económicos ya que tiene una alta presencia de recursos humanos calificados en cargos medios, más de la mitad son ingenieros, técnicos u operarios calificados. La metalurgia aporta el 18% del PBI industrial con un alto valor agregado en relación a la producción.

Dado que el presente trabajo se enfoca en una empresa PYME del sector, cabe destacar el rol de este tipo de organizaciones en el contexto del desarrollo local y regional. Según un informe elaborado por ADIMRA en conjunto con la UNMDP, la industria metalúrgica de Mar del Plata ratificó durante el cuarto mes del año 2022 un crecimiento del empleo y la producción que se sostiene hace meses, luego de superar la crisis generada por la pandemia de coronavirus.

La actividad de las empresas de Mar del Plata y la zona registró un aumento del 15,7% en comparación con abril de 2021, superando los niveles de la pandemia. Asimismo, el relevamiento determinó que el nivel de empleo presentó un aumento del 1,2% en términos interanuales. De esta manera, el nivel de empleo se mantiene en franco ascenso desde hace más de un año. En el informe, también se pone de manifiesto que el uso de la capacidad

instalada estuvo en torno al 68,8% en abril. Estos valores implican una mejora luego de la caída registrada en enero, acercándose así a los valores vistos durante la segunda mitad del año 2021. En base a este informe, los empresarios metalúrgicos de la ciudad prevén que la producción siga creciendo en los próximos meses. (0223, 2022).

## **2.2 Diseño de instalaciones de manufactura**

El diseño de instalaciones de manufactura consiste en la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía.

*“Este proceso incluye tareas como la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales. La ubicación de la planta o las decisiones de la estrategia de localización se toman en el nivel corporativo más alto, con frecuencia por razones que tienen poco que ver con la eficiencia o eficacia de la operación, pero en las que hasta cierto grado influyen factores como la proximidad de las fuentes de materias primas, mercados y sistemas de transporte”. (Meyers, 2006).*

## **2.3 Manejo de materiales**

El manejo de materiales es la función que consiste en llevar el material correcto al lugar indicado en el momento exacto, en la cantidad apropiada, en secuencia y en posición o condición adecuada para minimizar los costos de producción (Meyers, 2006). La eficiencia del movimiento, así como el factor de seguridad en esta dimensión son la preocupación principal. La cantidad por mover impone el tipo y la naturaleza del equipo para manejar el material y también el costo por unidad por la conveniencia de los bienes. Las mejoras en el manejo de materiales han tenido un efecto positivo sobre los trabajadores más que cualquier otra área de diseño del trabajo y la ergonomía. En la actualidad, los trabajos físicos pesados se han eliminado de las tareas manuales gracias a los equipos para el manejo de materiales.

El manejo de materiales es parte de casi todas las etapas del proceso de diseño de una instalación y la selección del equipo, para ese manejo, afecta la distribución. El manejo de materiales ocasiona, aproximadamente, el 50% de todos los accidentes, y entre el 40% y 80% de todos los costos de operación. El costo del equipo también es elevado, pero hay que recordar que muchos problemas industriales pueden eliminarse con el acorde equipo de manejo de materiales. (Meyers, 2006)

## **2.4 Análisis de los procesos**

### **2.4.1 Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo es un modelo gráfico que pretende reflejar o comunicar los pasos, tareas, interacciones, opciones y resultados que se producen en la ejecución de un proceso. A su vez, los diagramas de flujo muestran la trayectoria que recorre cada parte de un determinado proceso, desde la recepción, los almacenes, la fabricación de cada parte, el sub ensamble, el ensamble final, el empaque, el almacenamiento y el envío. (Meyers, 2006).

## **2.5 Herramientas para el diseño y distribución en planta**

### **2.5.1 Cursograma analítico**

El cursograma analítico es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a un examen mediante el símbolo que corresponda. (OIT, 1998). Los símbolos presentes son 5:

- Operación (o): indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo general, la pieza, materia o producto del caso se modifica o cambia durante la operación.
- Inspección (□): indica la inspección de la calidad y/o la verificación de la cantidad.
- Transporte (⇨): indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.
- Espera o depósito provisional (D): indica demora en el desarrollo de los hechos: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite.
- Almacenamiento permanente (▽): indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

Existen 3 clasificaciones de cursogramas:

- Cursograma de operario: diagrama en donde se registra lo que hace la persona que trabaja.
- Cursograma de material: diagrama en donde se registra cómo se manipula o trata el material.
- Cursograma de equipo: diagrama en donde se registra cómo se usa el equipo.

### **2.5.2 Diagrama de recorrido**

El diagrama o modelo de recorrido, ya sea en croquis o a escala, muestra el lugar

donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto seguido por los trabajadores, los materiales o el equipo a fin de ser ejecutadas: Estas actividades se han registrado previamente en un cursograma analítico. (OIT, 1998).

### **2.5.3 Diagrama de relación de actividades**

El diagrama de la relación de actividades, muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área. Esta herramienta responde a la pregunta: ¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalación de servicios, estar cerca de otro departamento, oficina o instalación de servicios? Esta herramienta tiene múltiples beneficios, por un lado, permite a los miembros de la organización examinar y comprender de forma completa las relaciones entre los centros de trabajo, al mismo tiempo permite optimizar el diseño y distribución de estos lugares de trabajo y, también ayuda a explorar donde se deben centrar las acciones de mejora. Para la aplicación de este método, se usan criterios de cercanía para reflejar la importancia de cada relación. Los criterios de selección que se utilizan son:

- A: Absolutamente necesario que estos departamentos estén uno junto al otro.
- E: Especialmente importante.
- I: Importante.
- O: Ordinariamente importante.
- U: Sin importancia.
- X: No deseable. (Meyers, 2006).

### **2.5.4 Diagrama adimensional de bloques**

El diagrama adimensional de bloques es el primer intento de distribución y resultado de la gráfica de relación de actividades y la hoja de trabajo. Aún cuando esta distribución es adimensional, es la base para hacer la distribución maestra y el dibujo del plan. Una vez que se ha determinado el tamaño de cada departamento, oficina e instalación de apoyo, se asigna espacio a cada actividad por medio de la distribución del diagrama adimensional de bloques (Meyers, 2006).

## **2.6 Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el

tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida (OIT, 1998). El estudio de tiempos consta de ocho etapas que se mencionan a continuación:

1. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en elementos.
3. Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos.
4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro, y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada elemento de la operación.
5. Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo. Valorar el ritmo es comparar el ritmo real del trabajador con cierta idea del ritmo tipo que uno se ha formado mentalmente al ver cómo trabajan naturalmente los trabajadores calificados cuando utilizan el método que corresponde y se les ha dado motivo para querer aplicarse.
6. Convertir los tiempos observados en tiempos básicos, es decir el tiempo que tarda en efectuar un elemento de trabajo al ritmo tipo, es decir:

$$\text{Tiempo básico} = \text{Tiempo observado} * \frac{\text{Valor del ritmo observado}}{\text{Valor del ritmo tipo}} \quad (1)$$

7. Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación (figura 1).

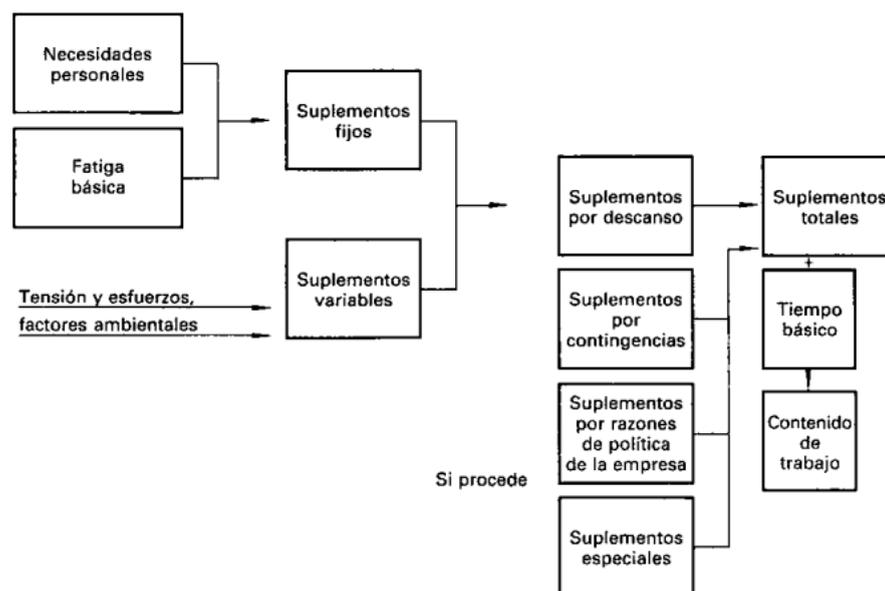


Figura 1: Suplementos.  
Fuente: OIT, 1998.

8. Determinar el tiempo tipo propio de la operación, también denominado tiempo estándar, es decir el tiempo total de ejecución de una tarea al ritmo tipo. En la figura 2 se muestra cómo se compone el tiempo tipo.

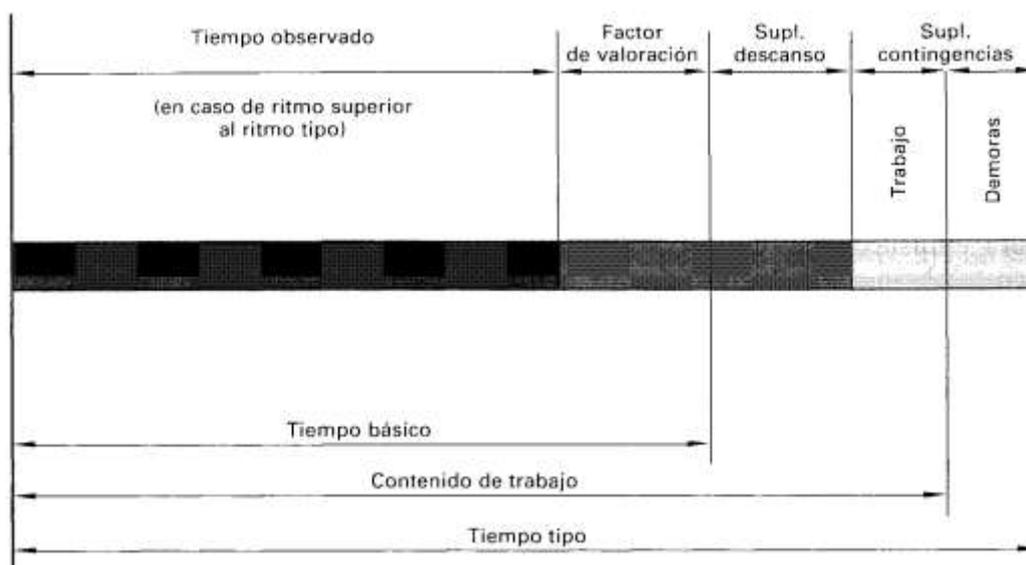


Figura 2: Descomposición del tiempo tipo en una tarea manual simple.  
Fuente: OIT, 1998.

Al mismo tiempo, los estudios de tiempos exigen el registro de numerosos datos (códigos o descripciones de elementos, duración de elementos, notas explicativas). Por lo general, se emplean formularios impresos, todos del mismo formato, que facilitan la recolección de información y, además permite colocarlos en ficheros fáciles de consultar posteriormente.

### 2.6.1 Tamaño de la muestra

Para realizar un estudio de tiempos es necesario determinar el tamaño de la muestra o el número de observaciones que deben realizarse para cada elemento, según un nivel de confianza y un margen de exactitud predeterminado (OIT, 1998). Para ello, la OIT propone aplicar la ecuación 2 definida como método estadístico, donde a partir de un cierto número  $n'$  de observaciones preliminares se calcula el tamaño de la muestra para un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de  $\pm 5\%$ .

$$n = \left( \frac{40 \cdot \sqrt{n' \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (2)$$

Siendo:

- n: tamaño de la muestra que se desea determinar;
- n': número de observaciones de un estudio preliminar;
- x: valor de las observaciones.

Cabe aclarar que al obtener un  $n > n'$ , se deben adicionar  $(n - n')$  observaciones y volver a calcular un nuevo  $n$  ya que se obtienen nuevos valores de  $x$  y  $x^2$  y podrían alterar el valor de  $n$ . Por consiguiente, puede ocurrir que la muestra siga siendo pequeña y deban hacerse otras observaciones, o bien que la muestra sea de hecho suficiente o más que suficiente. Si se eligen un nivel de confianza y un margen de exactitud diferentes, la fórmula también cambiará.

El método estadístico para determinar el tamaño de la muestra es confiable en la medida en que los supuestos establecidos son también confiables, es decir, que las variaciones constatadas en las observaciones son puramente aleatorias y no son causadas intencionalmente por el trabajador. Como el tamaño de la muestra variará según las observaciones para cada elemento, es posible que se llegue a diferentes tamaños de muestra para cada elemento de un mismo ciclo.

## **2.7 Metodología *Systematic Layout Planning* (SLP)**

Esta metodología se puede definir como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método incorpora el flujo de los materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. (Muther, 1981).

La metodología tiene un carácter jerárquico, es decir que debe aplicarse en fases jerarquizadas en cada una de las cuales el nivel de detalle es mayor que en la anterior. A continuación, se detallan de forma general los pasos del proceso.

### 1. Análisis de la capacidad

Se determina qué se va a producir y en qué cantidades, considerando cierto horizonte temporal. Si la gama de productos es muy amplia, se recomienda formar grupos de productos similares para facilitar el tratamiento de la información, la formulación de previsiones y al mismo tiempo, compensar que la formulación de previsiones para un solo producto puede ser poco significativa.

### 2. Análisis del recorrido de los productos

Se definen las secuencias y la cantidad de movimientos que atraviesan los productos por las diferentes operaciones durante su proceso productivo. Para este propósito se pueden utilizar diversas herramientas tales como los cursogramas

analíticos, diagramas de recorrido, entre otras. Si bien no se desprende una distribución en planta de estos diagramas, representan un importante punto de partida para su planteamiento.

### 3. Análisis de las relaciones entre actividades

Una vez que se conoce el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta.

### 4. Desarrollo del diagrama relacional de actividades

De la información recogida de los puntos 2 y 3 se desarrolla el diagrama relacional de actividades que define la ordenación topológica de las actividades.

### 5. Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

Se realiza una previsión de la cantidad de superficie y la forma del área destinada a cada actividad con métodos adecuados según el nivel de detalle que se requiera y de acuerdo a la información con la que se cuente. Cabe destacar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de error.

### 6. Desarrollo del diagrama relacional de espacios

El diagrama relacional de espacios es similar al de actividades con la particularidad de que ilustra a escala los espacios de cada actividad. Mediante este diagrama es posible darse una idea de la distribución que se necesita para cumplir con los requerimientos de espacio para cada actividad.

### 7. Selección de distribución

## **2.8 Evaluación del rendimiento de la distribución**

Con el fin de estimar una mejora en la propuesta del diseño de instalaciones, se definen a continuación los indicadores que serán tenidos en cuenta para su análisis.

### **2.8.1 Distancia recorrida**

Cantidad escalar, representada por un valor numérico, que pone de manifiesto todas las distancias que recorre una parte. Tiene como objetivo encontrar maneras de reducir el recorrido total para "hacer una parte de alta calidad del modo más barato y eficiente posible". Dado que el diagrama de recorrido se desarrolla sobre una distribución, es posible darle una

Propuesta de mejora al sistema productivo de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata

---

escala y así, calcular la distancia recorrida. La secuencia de etapas puede ser cambiada para adaptarla a la distribución, pero si la secuencia de operaciones no puede modificarse y el diagrama de recorrido muestra retrocesos, quizá sea necesario mover los equipos. (Meyers, 2006).

### **2.8.2 Utilización del espacio de máquinas**

El espacio de utilización de una máquina se calcula con la división del espacio requerido por las máquinas entre el total de espacio disponible. Un incremento en este valor representaría una disminución del espacio para el procesamiento del material, espacio de pasillos y servicios.

$$c = \text{utilización del espacio de máquinas} = \frac{\text{espacio requerido por la máquina}}{\text{total de espacio de la planta}} \quad (3)$$

### **2.8.3 Porcentaje de espacio de pasillos**

El espacio de pasillos se calcula con la división de los metros cuadrados de espacio de pasillos entre el total del espacio disponible.

$$a = \text{porcentaje de espacio de pasillos} = \frac{\text{metros cuadrados de pasillo}}{\text{metros cuadrados de planta}} \quad (4)$$

## **2.9 Planificación y control de las operaciones**

La planificación y el control de la producción es uno de los aspectos más importantes y críticos en una empresa. Es una herramienta que ayuda a organizar, aumentar la eficiencia, tener conciencia de la situación en la que uno se encuentra con respecto a posibilidades de incumplimientos, demoras, toma de decisiones, entre otras cuestiones. La planificación es de fundamental importancia para lograr la satisfacción de los clientes.

La planificación y el control de las operaciones aporta mayor eficiencia en la organización porque ayuda a tener consciencia de todo lo que hay para hacer y en qué términos. Aparte de tener conocimiento de lo que ocurre productivamente en la empresa, una buena planificación permite anticiparse a cambios y reaccionar ante imprevistos. Por todo lo mencionado anteriormente, permite bajar costos ya que cuando se planifica se determinan los mejores procesos y se maximiza la utilización de los recursos de la empresa.

El objetivo de implementar un sistema de planificación y control de la producción simple, real y adaptado a las características propias de una empresa es la de tener en claro lo que se ha vendido o se va a vender, las fechas de entrega previstas y qué hay que hacer para satisfacer al cliente en tiempo y forma. (Chapman, 2006).

### **2.9.1 Metodologías ágiles**

La metodología ágil nace en febrero de 2001 en Utah, Estados Unidos como respuesta a los problemas en las metodologías tradicionales para el desarrollo en la ingeniería del software. Las metodologías ágiles proporcionan una serie de pautas y principios junto a técnicas pragmáticas que hacen que la entrega del proyecto sea menos complicada y más satisfactoria tanto para los clientes como para los equipos de trabajo, evitando de esta manera los caminos burocráticos de las metodologías tradicionales, generando poca documentación y no haciendo uso de métodos formales (Maida y Pacienza, 2015). Desde entonces, este tipo de metodologías se han utilizado ampliamente en diferentes sectores e industrias y han dado lugar a diferentes tipologías tales como Scrum, Kanban, Extreme Programming, entre otras.

La principal diferencia entre las metodologías tradicionales de las ágiles radica entonces en que la primera de ellas se basa en las buenas prácticas, siguiendo un marco de disciplina estricto y un riguroso proceso de aplicación mientras que las metodologías ágiles se crearon para dar respuesta a los problemas que requieren de una decisión rápida en un ambiente flexible y con cambios constantes, haciendo caso omiso de la documentación rigurosa y los métodos formales. (Maida y Pacienza, 2015).

### **2.9.2 Tablero Kanban**

Kanban se deriva de dos palabras japonesas, kan que significa “visual” y ban, “tarjeta”. Se define como una metodología de producción u organización del trabajo basada en señales visuales para la gestión del esfuerzo y dedicación del equipo de producción. (Bermejo, 2011). Al mismo tiempo, aporta control y mejoramiento a los procesos, direcciona a la realización de tareas a través del trabajo en equipo y ayuda en la administración de los procesos, más específicamente en las líneas de producción.

La herramienta consiste en un tablero de trabajo en el que las tareas se reparten esencialmente en tres columnas que pueden aumentar o disminuir según las necesidades de cada momento. Las columnas básicas contienen las tareas pendientes, tareas en progreso y tareas finalizadas. El uso de este tablero permite visualizar en todo momento la evolución del trabajo, conocer el progreso de cada individuo y del grupo, gestionar el tiempo de dedicación a la realización de cada tarea, saber qué tareas tiene asignadas cada miembro, etc. Esta herramienta es ampliamente utilizada en el mundo empresarial por su operatividad, ya que facilita la comunicación entre todos los miembros del equipo, controla las fases del proceso de trabajo, promueve el trabajo colaborativo, fomenta la capacidad para el cambio y aumenta la eficacia y la transparencia de los procesos de trabajo. (Serrano, 2018).

Si bien los tableros Kanban comúnmente son utilizados por los equipos en formato digital (en pantallas con aplicaciones online), muchos equipos optan por la utilización de tableros físicos. El tablero físico consiste en una pizarra con tarjetas (Kanban) pegadas, con un significado compartido por los miembros de un proyecto. Cada parte del tablero tiene su propio significado, las cuales se manejan con ciertos gestos que son soportados por el tablero y los miembros del equipo. Estos tableros físicos Kanban cumplen con todos los requerimientos básicos como: (a) facilidad de uso, (b) flexibilidad, (c) visibilidad, (d) concurrencia de múltiples usuarios (incluso un equipo entero). (Salvay, 2017).

### III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la propuesta de rediseño de la distribución en planta y la mejora al sistema productivo es necesario realizar un diagnóstico previo, para ello se siguieron diferentes metodologías que se detallan a continuación.

- Relevamiento y análisis del proceso productivo actual mediante la implementación de herramientas entre ellas: diagramas de flujo, cursogramas analíticos y diagramas de recorrido.
- Relevamiento de las características del proceso de planificación y control de la producción mediante entrevistas semiestructuradas con modalidad abierta con los actores involucrados y análisis de fuentes de datos secundarias.
- Rediseño de las instalaciones en función de las características y puntos de mejora del proceso productivo y su capacidad requerida, siguiendo la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP). Para ello se utilizaron herramientas como el diagrama de relación de actividades, el diagrama adimensional de bloque y diagramas de análisis de flujo del proceso.
- Estimación de la eficiencia del diseño propuesto mediante la evaluación de los indicadores de rendimiento propuestos por Meyers y Stephens (2006): distancias recorridas, flujos cruzados, utilización del espacio de máquinas y porcentaje de espacio de pasillos.
- El sistema de planificación y control de la producción se diseñó para un entorno de fabricación a pedido, que consiste en el diseño de un plan de producción a corto plazo y la programación y control de las actividades de fabricación mediante la aplicación de la metodología ágil, Kanban.

## **IV. DESARROLLO**

### **4.1 Descripción de la empresa**

La empresa de interés es una metalúrgica localizada en la ciudad de Mar del Plata cuyo objetivo es materializar las necesidades e ideas de los clientes. Cuenta con más de 70 años de experiencia prestando servicios y fabricando productos a pedido para una importante cartera de clientes de distintas industrias como la química, alimenticia y agropecuaria.

Durante sus años de trayectoria, la organización ha consolidado su prestigio y liderazgo basado en su capacidad técnica y la seriedad con que se desenvuelve en cada uno de sus proyectos.

La planta cuenta con 4.000 m<sup>2</sup> totales donde 1.521 m<sup>2</sup> son cubiertos, además de un departamento de ingeniería y operarios que reciben las capacitaciones necesarias para seguir innovando y creciendo de acuerdo con la demanda. Asimismo, cuenta con una amplia experiencia que combinada con la tecnología aseguran el éxito en sus proyectos. La empresa desarrolla sus actividades de lunes a viernes de 7:15 a 16:00 horas con un descanso para el desayuno de 15 minutos y otro de 50 minutos para el almuerzo. Los días sábados se destinan para el avance de proyectos que se encuentran con retrasos en su desarrollo. Estas jornadas son de 4 horas y se van programando a lo largo de la semana de acuerdo a la disponibilidad de los operarios y avance de los proyectos.

#### **4.1.1 Estructura organizativa**

En la figura 3 se presenta el organigrama actual. La empresa tiene una estructura funcional donde la dirección se compone de 3 socios gerentes, uno de ellos trabaja junto al área administrativa y los dos restantes componen el área comercial. En un nivel inferior se encuentra el área de Ingeniería compuesta por un ingeniero mecánico y un asistente, quienes son los encargados de presupuestar, diseñar y confeccionar los proyectos en órdenes de trabajo que se trasladan al taller, ya sea corte, plegado y cilindrado, corte pantográfico y/o trabajo general que incluye las tareas de soldadura y ensamble, según corresponda. Por otro lado, se encuentra el área administrativa que se compone de dos personas encargadas de la parte contable y financiera de la empresa, además de las compras de materias primas e insumos. Por último, se encuentra el área comercial u oficina de expedición formada también por dos personas quienes atienden, responden a las consultas de los clientes y toman pedidos. Cabe destacar que en el caso de que el cliente tenga requerimientos más complejos o se trate de una obra de gran envergadura, es el ingeniero mecánico quien se encarga de brindar la atención y el asesoramiento profesional necesario.

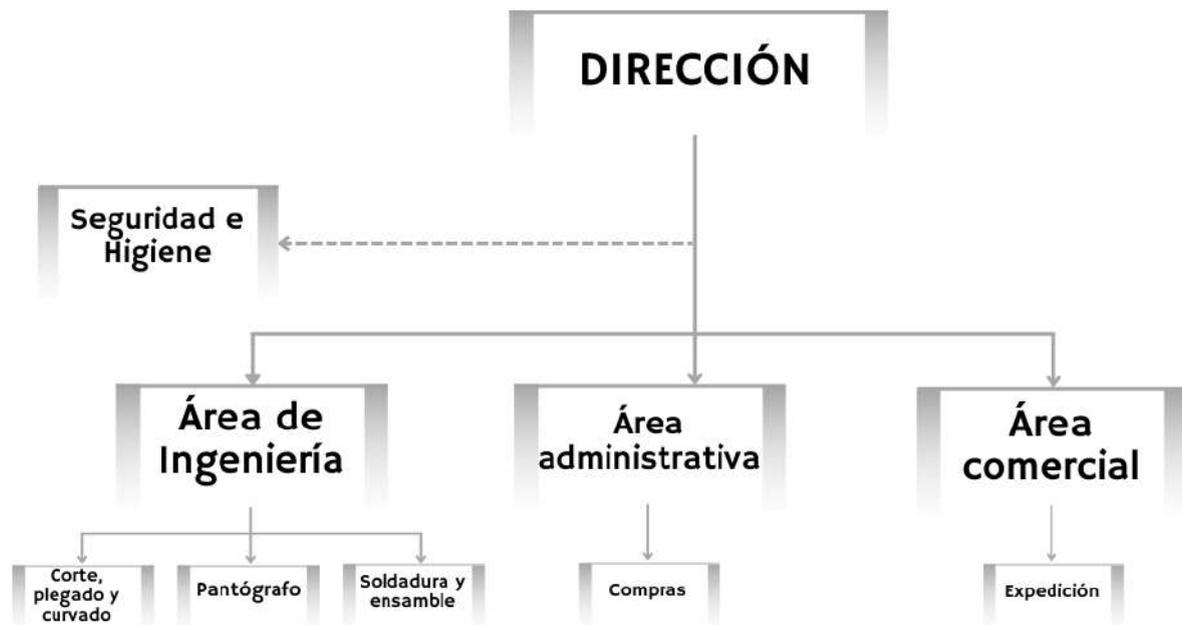


Figura 3: Organigrama de la empresa.

Fuente: Elaboración propia en base a datos brindados por la empresa.

#### 4.1.2 Productos

La empresa desarrolla una amplia variedad de productos entre ellos, el cilindrado de chapas, corte y plegado de chapas, cortes pantográficos, curvado de perfiles, montajes especiales y confecciones de equipos particulares como autoclaves para las industrias alimentaria y farmacéutica, tolvas y tanques para productos especiales, carros de riego, puentes grúas, tuberías, mesadas y cintas transportadoras.

Además, se cuenta con la posibilidad de fabricar productos únicos a partir de la diversidad de servicios que el taller ofrece. Es decir, el cliente proyecta su necesidad junto con el área comercial para que su idea se lleve a cabo de la mejor manera. Ésta es una de las ventajas principales con la que cuenta la empresa, el trabajo bajo pedido.

#### 4.2 Relevamiento

##### 4.2.1 Estaciones de trabajo

La organización divide el taller en 3 grandes estaciones de trabajo: corte, plegado y cilindrado; trabajo general que incluye diversas tareas como soldadura y ensambles y corte pantográfico (plasma y láser).

Cada una de las estaciones de trabajo cuenta con sus propios equipos y herramientas que se encuentran distribuidas en distintos galpones que se comunican entre sí.

En lo que respecta a la estación de corte, plegado y cilindrado, la empresa cuenta hoy con dos guillotinas marca DURMA. Durante la situación inicial ambas se encuentran en funcionamiento y la principal diferencia que existe entre ellas radica en que la máquina de mayor antigüedad se utiliza para cortes de chapas tipo semilla de melón de 9,525 mm de espesor debido a que cuenta con una potencia superior y una mejor cuchilla de corte que la adquirida más recientemente. Además, la empresa cuenta con dos plegadoras que fueron adquiridas junto con las guillotinas mencionadas previamente. Al igual que en el corte, ambas se encuentran en funcionamiento, aunque la incorporada con anterioridad es destinada para plegados de chapas gruesas (hasta 9.525 mm de espesor) de menor tolerancia. También, la organización cuenta con dos cilindradoras que difieren en la potencia del rodillo para trabajar con diferentes tamaños y espesores de chapa. Por último, en lo que respecta al curvado, la empresa dispone de una máquina curvadora de perfiles modelo CP 240 Rcon y motor de 5 HP. Se pueden curvar planchuelas perfiles T, ángulos y caños de hasta 63,5 mm de espesor.

En cuanto a la maquinaria para corte pantográfico, durante el comienzo del proyecto, la empresa tiene a disposición dos equipos de corte térmico tal como se muestra en la figura 4. El que se muestra a la izquierda corresponde a un Walmar Heavy destinado al oxicorte y al corte con plasma para chapas en un rango de 1 a 300 mm de espesor. El de la derecha, adquirido a principio del año 2022, tiene la finalidad de realizar cortes con láser de alta definición hasta 25 mm de espesor. Ambos se encuentran en funcionamiento.



Figura 4: Pantógrafos.

Fuente: Fotografías tomadas durante visitas a la empresa.

#### 4.2.2 Proceso productivo

Tal como se mencionó anteriormente, la empresa desarrolla una amplia variedad de productos que poseen características muy distintas. Aunque, cuando se analiza exclusivamente el proceso de fabricación, es muy poca la variación de etapas que atraviesa

Propuesta de mejora al sistema productivo de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata  
 cada uno de los trabajos. A continuación, en la figura 5 se presenta el diagrama de flujo general de la metalúrgica.

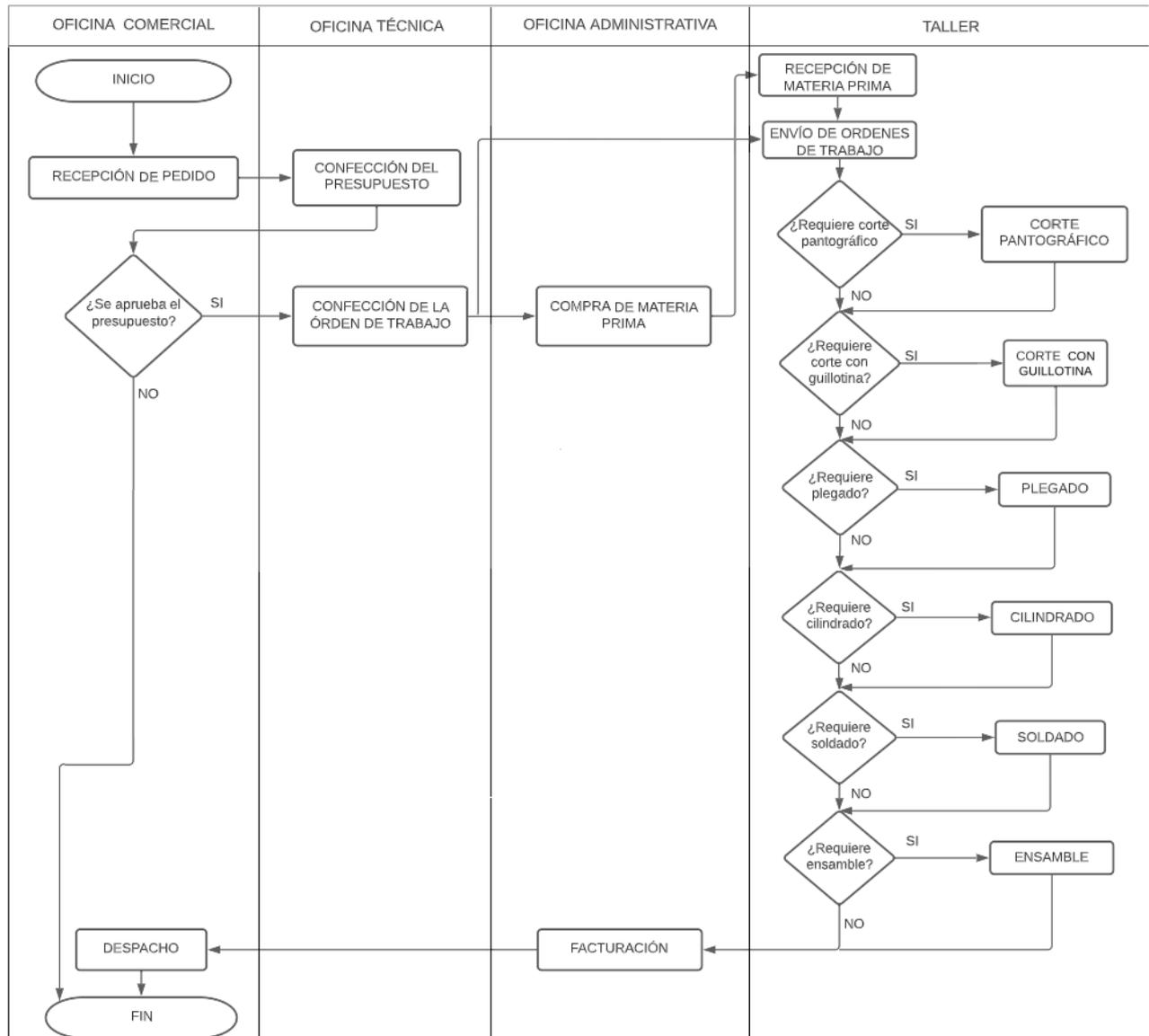


Figura 5: Diagrama de flujo general de la metalúrgica.  
 Fuente: Elaboración propia.

Las variaciones en la producción están dadas por la secuencia de estaciones de trabajo que el producto atraviesa, en el diagrama de flujo estas variaciones están representadas por las decisiones, cada una define cuál es la secuencia de estaciones que los productos van a seguir. A continuación, se presentan las abreviaciones de las estaciones de trabajo presentes en el establecimiento para su futura mención y análisis:

- Sector de corte por guillotina: CG
- Sector de corte pantográfico: CP
- Sector de plegado: P
- Sector de cilindrado: Ci

- Sector de soldadura: S
- Sector de ensamble: E

Es importante destacar que no todos los proyectos que se llevan a cabo en la empresa pasan por todas las estaciones de trabajo. Es por eso que según el análisis de los proyectos realizados y facturados desde el mes de octubre de 2021 hasta el mes de septiembre inclusive del año 2022, es posible agruparlos según la secuencia de estaciones de trabajo por las cuales han pasado, resultando:

- P(CP): productos que se realizan en el sector de corte pantográfico, ya sea por plasma o láser.
- P(CG-P): productos que resultan de las estaciones de corte por guillotina y plegado.
- P(CG-Ci): productos que resultan de las estaciones de corte por guillotina y cilindrado.
- P(CG-P-SE): productos que resultan de las estaciones de corte por guillotina, plegado y ensamble con soldadura de partes.
- P(CG-Ci-SE): productos que resultan de las estaciones de corte por guillotina, cilindrado y ensamble con soldadura de partes.
- P(CG-P-Ci-CP-SE): productos que resultan de las estaciones de corte por guillotina, plegado, cilindrado, soldadura, corte pantográfico y ensamble de las partes.

También, resulta significativo mencionar que la unificación de las estaciones de soldadura y ensamble se lleva a cabo en virtud de que los trabajos de montaje están compuestos en su mayor parte por trabajos de soldadura siendo las tareas complementarias un valor insignificante en comparación con los de soldadura (menor al 5%).

Analizando los volúmenes de producción, la empresa plantea un objetivo de 320 toneladas anuales. Este valor, no representa la mezcla de productos mencionada anteriormente y por ello no puede utilizarse un único objetivo de fabricación para la organización. Para solucionar esta problemática, se relevan los trabajos facturados a partir del mes de octubre 2021 hasta el mes de septiembre 2022 inclusive y se obtiene la mezcla de productos objetivo para el año 2023.

Producto	Producción anual actual (10/2021 - 09/2022)	% del total	Objetivo anual futuro (2023)	% del total
P(CP)	41.403 kg	17,2	82.805 kg	25,9
P(CG-P)	57.007 kg	23,7	67.791 kg	21,2
P(CG-Ci)	19.536 kg	8,1	23.232 kg	7,3
P(CG-P-SE)	66.788 kg	27,7	79.423 kg	24,8
P(CG-Ci-SE)	24.577 kg	10,2	29.227 kg	9,1
P(CG-P-Ci-CP-SE)	31.553 kg	13,1	37.522 kg	11,7
<b>TOTAL</b>	<b>240.864 kg</b>	<b>100%</b>	<b>320.000 kg</b>	<b>100%</b>

Tabla 1: Mezcla de productos actuales y futuros.  
Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el objetivo general, y según se puede observar en la tabla 1 la organización espera que con la incorporación del ~~nueva~~ equipo de corte pantográfico durante el año 2022, la fabricación de productos que requieren únicamente de la estación de trabajo de corte pantográfico aumente un 100%, pasando de 41 toneladas para el año 2022 a poco más de 82 toneladas en el año 2023. Al mismo tiempo, la empresa planea aumentar la producción de los restantes productos en un 19%.

A manera de resumen, en la tabla 2 se presentan los objetivos de producción por sector, estos valores se obtienen de la suma de volúmenes de cada producto en cada una de las etapas de su secuencia. Es importante mencionar que a diferencia de la tabla 1, la tabla que se presenta a continuación no representa las toneladas actuales y futuras (240 y 320 respectivamente) sino que expresa la sumatoria de los valores en kilogramos de cada producto que cuente con un determinado sector en su secuencia de estaciones de trabajo. Para facilitar la comprensión de los valores en la tabla 2, se presentan los siguientes ejemplos: el valor en kilogramos para el sector de CP resulta de la suma de los kilogramos de los productos P(CP) y P(CG-P-Ci-CP-SE). En el caso del sector de CG, el valor total del sector corresponde a la suma de los kilogramos de P(CG-P), P(CG-Ci), P(CG-P-SE), P(CG-Ci-SE) y P(CG-P-Ci-CP-SE), es decir cada uno de los productos que dispongan del corte con guillotina en su secuencia. El mismo cálculo se realiza para los demás sectores.

Sector	Producción anual actual (10/2021 - 09/2022)	Objetivo anual futuro (2023)	Variación porcentual
CP	72.956 kg	120.326 kg	65%
CG	199.461 kg	237.194 kg	19%
P	155.348 kg	184.735 kg	19%
Ci	75.666 kg	89.980 kg	19%
SE	122.918 kg	146.171 kg	19%

Tabla 2: Producción anual actual y objetivos de producción por sector.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3 Dimensionamiento de la distribución actual

A continuación, se presenta el plano actual de la empresa en sus dos plantas. En la figura 6 se muestra la planta baja donde se encuentran todas las estaciones del taller (corte, plegado, cilindrado, sectores pantográficos, depósitos, sectores de almacenamiento de materias primas, sector de acopio de accesorios y herramientas, sector de soldado y sector de ensamble). Además, se encuentran la oficina de expedición y la de administración. También, se dispone de una sala de reuniones, y baños para los administrativos. Por otro lado, se representa la planta alta de la empresa donde se incluye el vestuario, comedor, oficina de ingeniería y lugar de depósito que se muestra en la figura 7. Las dimensiones que se muestran en el plano corresponden a metros.

Tal como se hace referencia en el plano, las líneas rayadas que delimitan los centros de trabajo (CT) corresponden a líneas imaginarias ya que no existe una pared o muros que se interponga entre un sector y otro, es decir, desde una estación de trabajo se puede observar lo que está ocurriendo en otra. La maquinaria, por su parte, se encuentra representada mediante líneas llenas.

Es importante mencionar que las oficinas 1 y 2 se encuentran vacías como resultado de que previamente se localizaba el comedor y vestuario de los operarios del taller, áreas que durante la situación de partida se encuentran en la planta alta del establecimiento. Por otro lado, según lo conversado con la empresa, la oficina 3 se pensó en primera instancia como una pequeña sala de reuniones, pero no se le da tal uso.

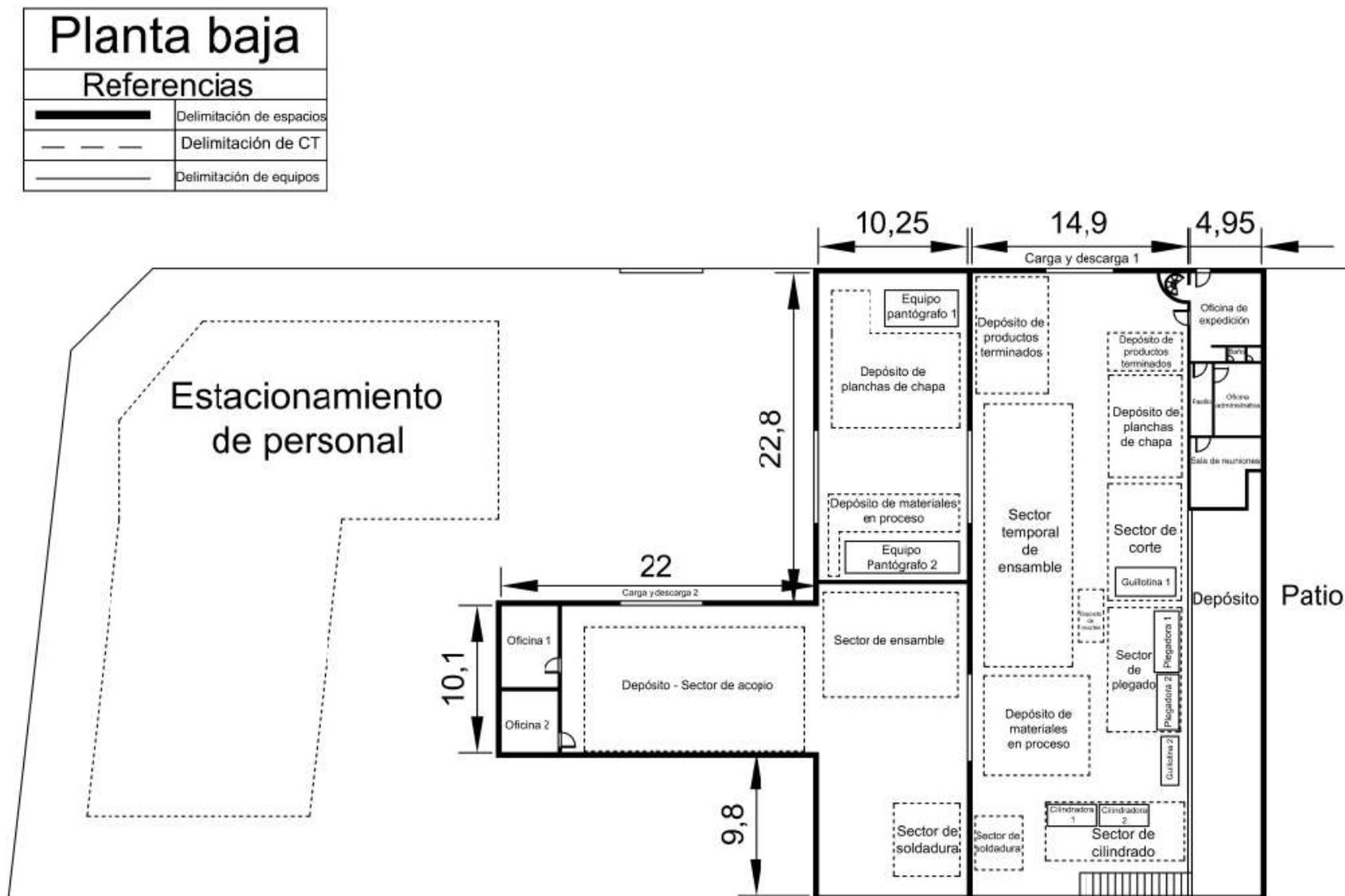


Figura 6: Plano actual de la empresa, planta baja.  
Fuente: Elaboración propia en base a plano otorgado por la empresa.

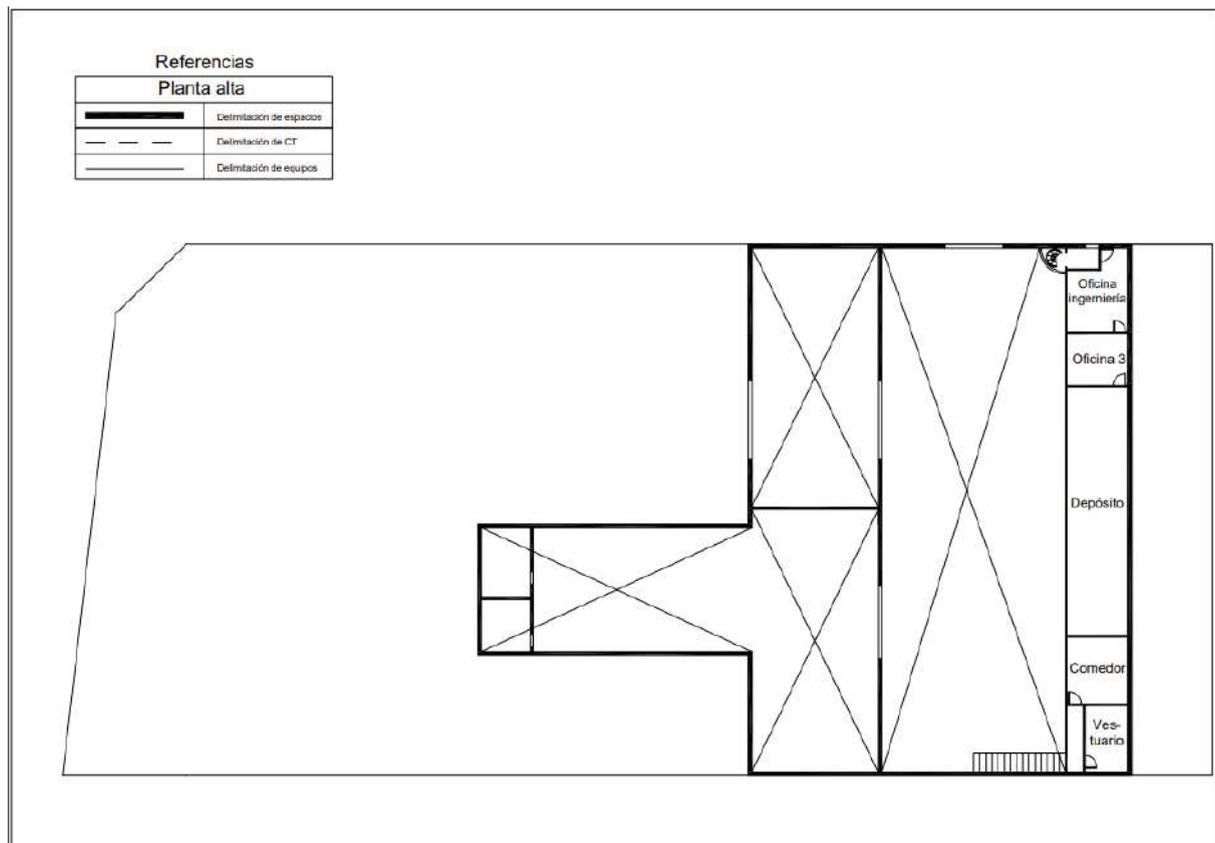


Figura 7: Plano actual de la empresa, planta alta.

Fuente: Elaboración propia en base a plano otorgado por la empresa.

A partir del plano de la empresa, se establece la superficie de cada área y centro de trabajo. En la tabla 3 se presentan los diferentes sectores con sus respectivas superficies.

Sector N°	Nombre	Superficie actual [m <sup>2</sup> ]
1	Depósito de planchas de chapa	99,83
2	Depósito-Sector de acopio	130
3	Sector de corte	40
4	Sector de plegado	43
5	Sector de cilindrado	38,14
6	Sector de soldadura	34,72
7	Ensamble	174,44
8	Pantógrafos	29,74
9	Comedor	26,78
10	Administración	11,65
11	Oficina de expedición	20,25
12	Oficina ingeniería	26,92
13	Sala de reuniones	14,33
14	Baños y vestuario	21,24
15	Depósito de producto terminado	53,16
16	Depósito de producto en proceso	75,1
17	Depósito de recortes	6,48
18	Depósito general	233,68
19	Oficinas generales	60,7
20	Pasillos	381,20
<b>Total</b>		<b>1521,36</b>

Tabla 3: Superficie actual por sector.  
Fuente: Elaboración propia.

A partir de la tabla 3 y con la ecuación 4 se puede establecer que el porcentaje de espacio de pasillo para toda la empresa es del 25%. En la siguiente tabla 4, se detallan las medidas de los equipos disponibles hoy en la organización.

Equipo	Superficie (m <sup>2</sup> )
Pantógrafo 1 (adquirido en abril 2022)	12,50
Pantógrafo 2	17,24
Guillotina 1	8,00
Guillotina 2	4,02
Plegadora 1	7,14
Plegadora 2	5,70
Cilindradora 1	5,15
Cilindradora 2	5,05
<b>TOTAL</b>	<b>64,8</b>

Tabla 4: Superficie de los equipos.  
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los valores registrados en tabla presentada anteriormente, el espacio utilizado para los equipos es de 64,8 m<sup>2</sup>, lo que se aproxima al 4,3% del espacio total disponible.

Con el fin de tener una mejor visualización de las dimensiones del taller, se presentan en las figuras 8, 9 y 10 capturadas a mediados del año 2022 que ilustran la situación al momento de realizar el relevamiento. En estas imágenes, se puede observar cómo los pasillos se encuentran cubiertos por chapas, recortes de estos y material en proceso obstaculizando el traslado y movimientos de materiales y operarios.

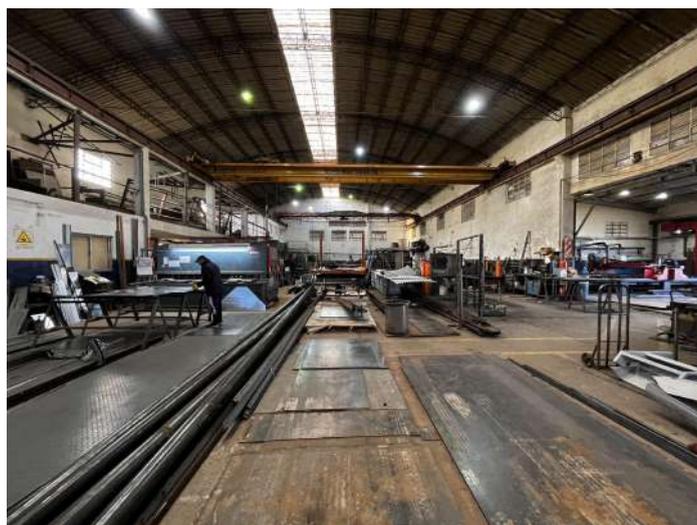


Figura 8: Situación actual, sector de corte, plegado y cilindrado.  
Fuente: Fotografías tomadas durante visitas a la empresa.

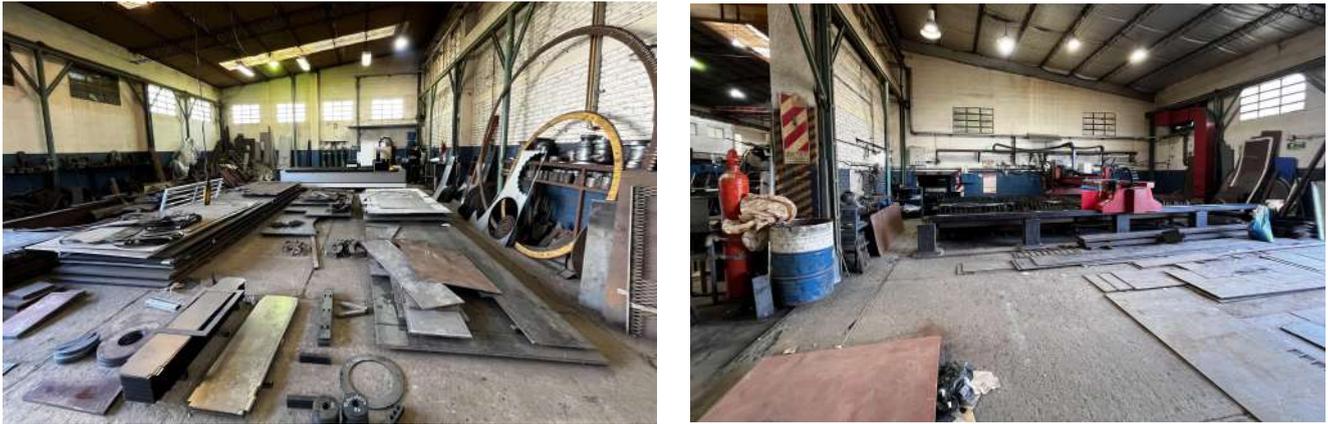


Figura 9: Situación actual, sector de corte pantográfico.  
Fuente: Fotografías tomadas durante visitas a la empresa.



Figura 10: Situación actual, depósito de planta baja.  
Fuente: Fotografías tomadas durante visitas a la empresa.

#### 4.2.4 Análisis de subprocesos

En el siguiente apartado, con el objetivo de tener una descripción detallada de los métodos de trabajo, se relevan las actividades desarrolladas en cada uno de los subgrupos definidos anteriormente. Este análisis se realiza a través de cursogramas analíticos del material y diagramas de recorrido que se elaboraron a partir de la observación directa del trabajo de los operarios del taller.

A continuación, se exponen las figuras 11 y 12 correspondientes al cursograma analítico para el subgrupo P(CP) con su diagrama de recorrido respectivamente.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo				
Diagrama núm: 1 Hoja núm 1 de 1		Resumen				
Objeto: 10 discos circulares huecos (espesor: 4,75 mm; diametro 1: 100 mm; diametro 2: 200 mm)		Actividad	Actual	Propuesta	Economía	
Actividad: Corte pantográfico	Fecha:	Operación	2			
Método: Actual/Propuesta		Inspección	0			
Lugar: Taller	Ficha núm:	Espera	2			
Operario (s): Operario 9 y Operario 10	Fecha:	Transporte	2			
		Almacenamiento	2			
Compuesto por:	Fecha:	Distancia (m)	22			
		Tiempo (min)	37,86			
Aprobado por:	Fecha:	Costo				
		- Mano de obra				
		- Material				
		Total				
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Simbolo		Observaciones
Almacenado en depósito de materiales en proceso del sector pantográfico				○ □ ▢ ⇨ ▽		
Transportado a pantógrafo		0,062	3,8			Operario
Espera de carga de coordenadas de corte al software		5				
Cortado pantográfico	10	7,5				
Transportado a depósito de productos terminados		0,298	18,2			Operario
Almacenado en depósito de productos terminados						
Espera a despacho		25				
Despachado						
Total		37,86	22			

Figura 11: Cursograma analítico para subgrupo P(CP).  
Fuente: Elaboración propia.

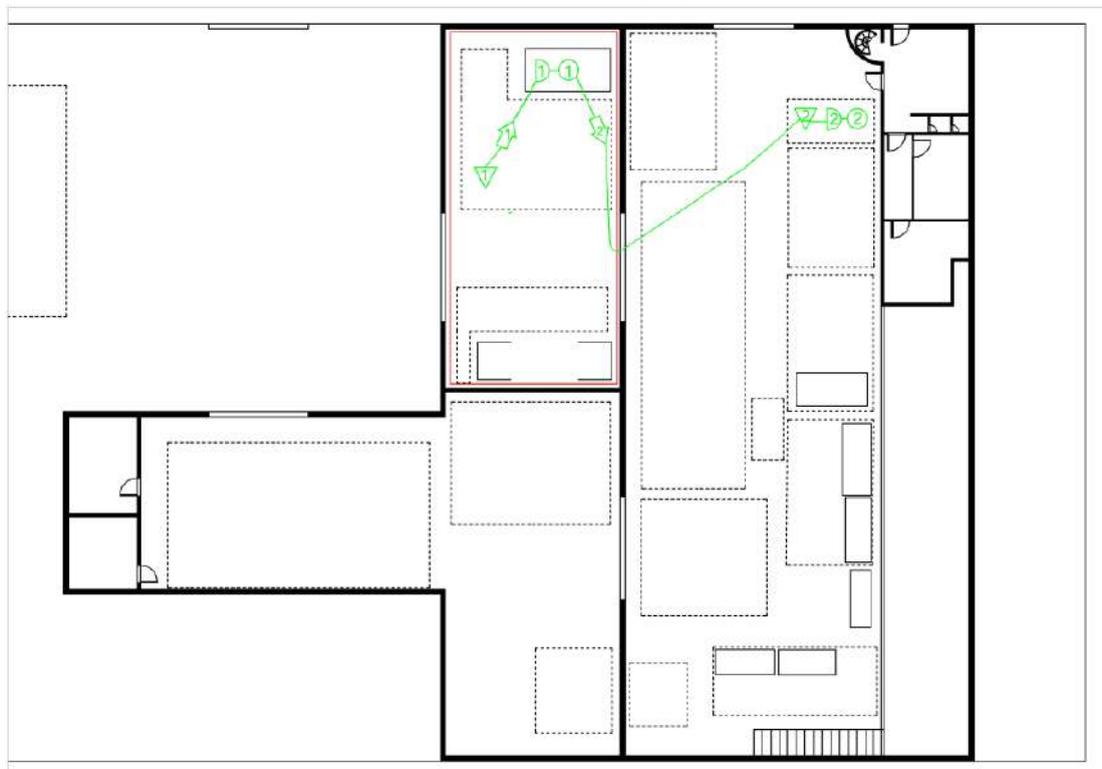


Figura 12: Diagrama de recorrido subgrupo P(CP).  
Fuente: Elaboración propia.

Se puede remarcar que para el proceso de los productos que resultan de la estación de corte pantográfico, la distancia recorrida es de 22 m y el tiempo de 38 minutos aproximadamente.

La próxima sección corresponde a las figuras 13 y 14, tales representan el cursograma analítico para el subgrupo P(CG-P) y su diagrama de recorrido.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo					
Diagrama núm: 2 Hoja núm 1 de 1		Resumen					
Objeto: Chapa de 4,75 mm de espesor (1.500 mm x 6.000 mm)		Actividad	Actual	Propuesta	Economía		
Actividad: 5 Cortes con 3 plegados c/u		Operación	6				
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0				
Lugar: Taller		Espera	2				
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 3 y Operario 4		Transporte	6				
Fecha: Fecha:		Almacenamiento	2				
Compuesto por: Aprobado por:		Distancia (m)	63,75				
		Tiempo (min)	239,945				
		Costo					
		- Mano de obra					
		- Material					
		Total					
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo			Observaciones
Almacenado en depósito de planchas de chapa				○	□	◇	
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95	⇒	▽		Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte		5,15		○	□	◇	
Deslizado hasta guillotina				⇒	▽		
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte					○	□	◇
Cortado con guillotina	5			⇒	▽		Dimensiones (1500 mm x 500 mm)
Transportado a depósito de materiales en proceso		1,33	16,2	⇒	▽		Operario
Espera de operario de plegado		180		○	□	◇	
Transportado a estación de plegado		1,115	13,6	⇒	▽		Operario
Colocado en mesa de trabajo		21,9		○	□	◇	
Trazado de doblez				⇒	▽		
Plegado	15				○	□	◇
Transportado a depósito de productos terminados	5	2,13	26	⇒	▽		Operario
Almacenado en depósito de productos terminados				○	□	◇	
Espera a despacho		25		○	□	◇	
Despachado					⇒	▽	
Total		239,95	63,75				

Figura 13: Cursograma analítico para subgrupo P(CG-P).  
Fuente: Elaboración propia.

Para el subgrupo P (CG-P), la distancia recorrida por los materiales es de 63,75 m y el tiempo de procesamiento es de 240 minutos aproximadamente. Del tiempo anteriormente mencionado, 180 minutos están destinados a la espera del operario entre la estación de

trabajo de corte por guillotina y plegado, lo que representa el 75% del tiempo total del proceso.



Figura 14: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P).  
Fuente: Elaboración propia.

El apartado siguiente corresponde a las figuras 15 y 16 quienes ilustran tanto el cursograma analítico del subgrupo P(CG-Ci) así como su diagrama de recorrido.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm: 3 Hoja núm 1 de 1		Resumen							
Objeto: Chapa de 4,75 mm de espesor (1.500 mm x 6.000 mm)		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Actividad: 1 Corte y 1 cilindrado		Operación	4						
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0						
Lugar: Taller		Espera	2						
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 5 y Operario 6		Transporte	6						
Fecha: Fecha:		Almacenamiento	2						
Aprobado por:		Distancia (m)	70,56						
		Tiempo (min)	1451,33						
		Costo							
		- Mano de obra							
		- Material							
		Total							
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones
Almacenado en depósito de planchas de chapa				○	□	◇	⇨	▽	
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95						Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte		1,5		●					
Deslizado hasta guillotina									
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte									
Cortado con guillotina	1				●				
Transportado a depósito de materiales en proceso		3,65	16,2						Puente de grúa
Espera de operario de cilindrado		960							
Transportado a estación de cilindrado		3,37	9,2						Puente de grúa
Cilindrado de chapa según el diametro requerido		450		●					Diametro de 1500 mm
Transportado a depósito de productos terminados		4,49	37,21						Puente de grúa
Almacenado en depósito de productos terminados									
Espera a despacho		25							
Despachado					●				
Total		1451,3	70,56						

Figura 15: Cursograma analítico para subgrupo P(CG-Ci).  
Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta al subgrupo P(CG-Ci), la distancia recorrida por los materiales es de 70,56 m y el tiempo de producción 1450 minutos, lo que equivale a 3 jornales aproximadamente. Se trata de un proceso extenso debido principalmente a la complejidad que conlleva el cilindrado (450 minutos) y la espera que ocurre de los materiales entre la estación de corte con guillotina y cilindrado (960 minutos). En este caso, la espera entre sectores supera el 65% del tiempo total del proceso de producción.

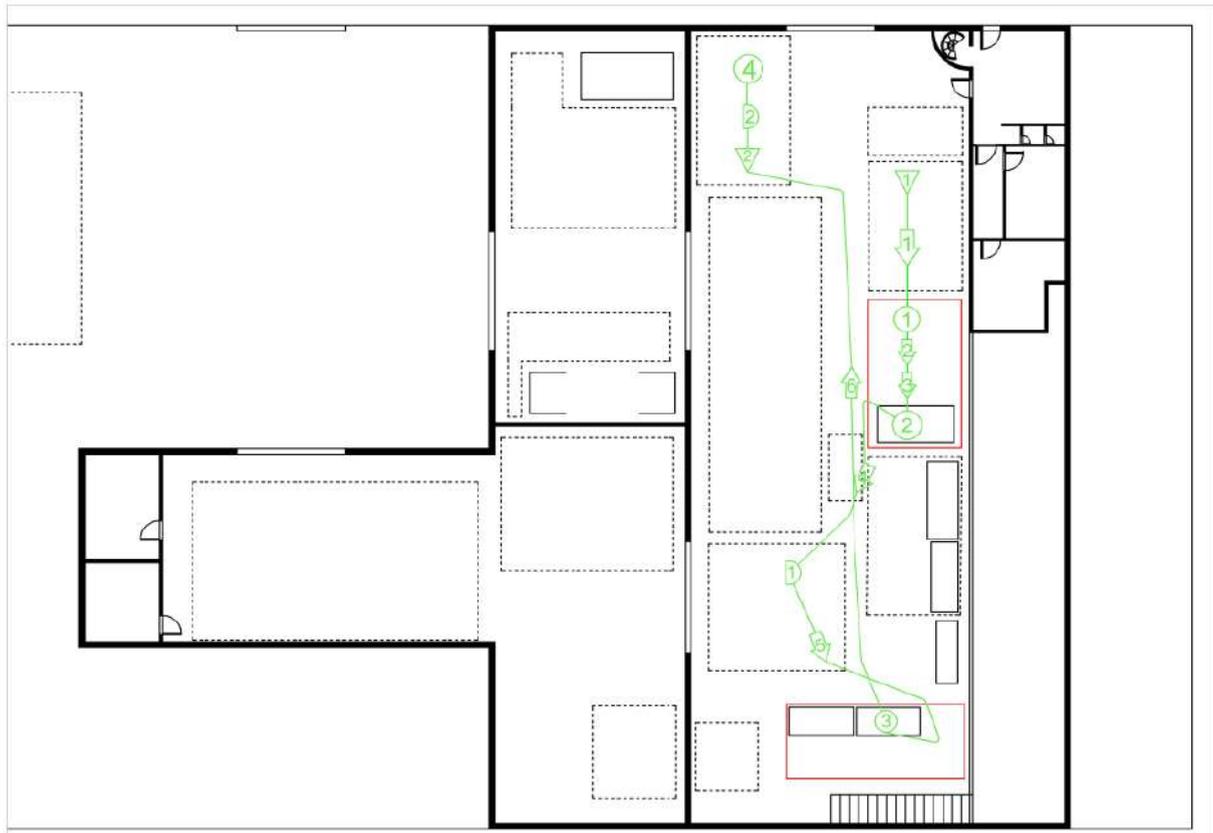


Figura 16: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-Ci).  
Fuente: Elaboración propia.

Consecutivamente se presenta el cursograma analítico para el subgrupo P(CG-P-SE) en la figura 17 y el diagrama de recorrido para el subgrupo análogo en la figura 18.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo								
Diagrama núm: 4 Hoja núm 1 de 1		Resumen								
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía					
Actividad: Corte, plegado, soldado y ensamble sencillo para mesada		Operación	8							
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0							
Lugar: Taller		Espera	3							
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 3, Operario 4, Operario 7		Transporte	8							
Fecha:		Almacenamiento	2							
Fecha:		Distancia (m)	89,19							
Compuesto por:		Tiempo (min)	440,58							
Aprobado por:		Costo								
		- Mano de obra								
		- Material								
		Total								
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
				○	□	D	⇌	▽		
Almacenado en depósito de planchas de chapa										
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95							Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte										
Deslizado hasta guillotina										
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte		3								
Cortado con guillotina	2									Dimensiones (4000 mm x 1000 mm)
Transportado a depósito de materiales en proceso		3,65	16,2							Puente de grúa
Espera de operario de plegado		180								
Transportado a estación de plegado		3,34	8,4							Puente de grúa
Colocado en mesa de trabajo										
Trazado de dobléz		11								
Plegado	5									
Transportado a depósito de materiales en proceso		3,34	8,4							Puente de grúa
Espera de operario de soldado		150								
Transportado a estación de soldado		3,35	8,64							Puente de grúa
Soldado		50								
Ensamblado										
Transportado a depósito de productos terminados		4,58	39,6							Puente de grúa
Almacenado en depósito de productos terminados										
Espera a despacho		25								
Despachado										
Total		440,58	89,19							

Figura 17: Cursograma analítico para subgrupo P(CG-P-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al subgrupo P(CG-P-SE), la distancia recorrida por los materiales es de 89,19 m y el tiempo de producción es de 440 minutos. Cabe remarcar también, que los dos mayores tiempos se registran en las esperas de los materiales entre los sectores de corte con guillotina y plegado; y plegado y soldadura (180 y 150 minutos respectivamente). El tiempo de espera entonces, representa el 75% del tiempo total de producción.

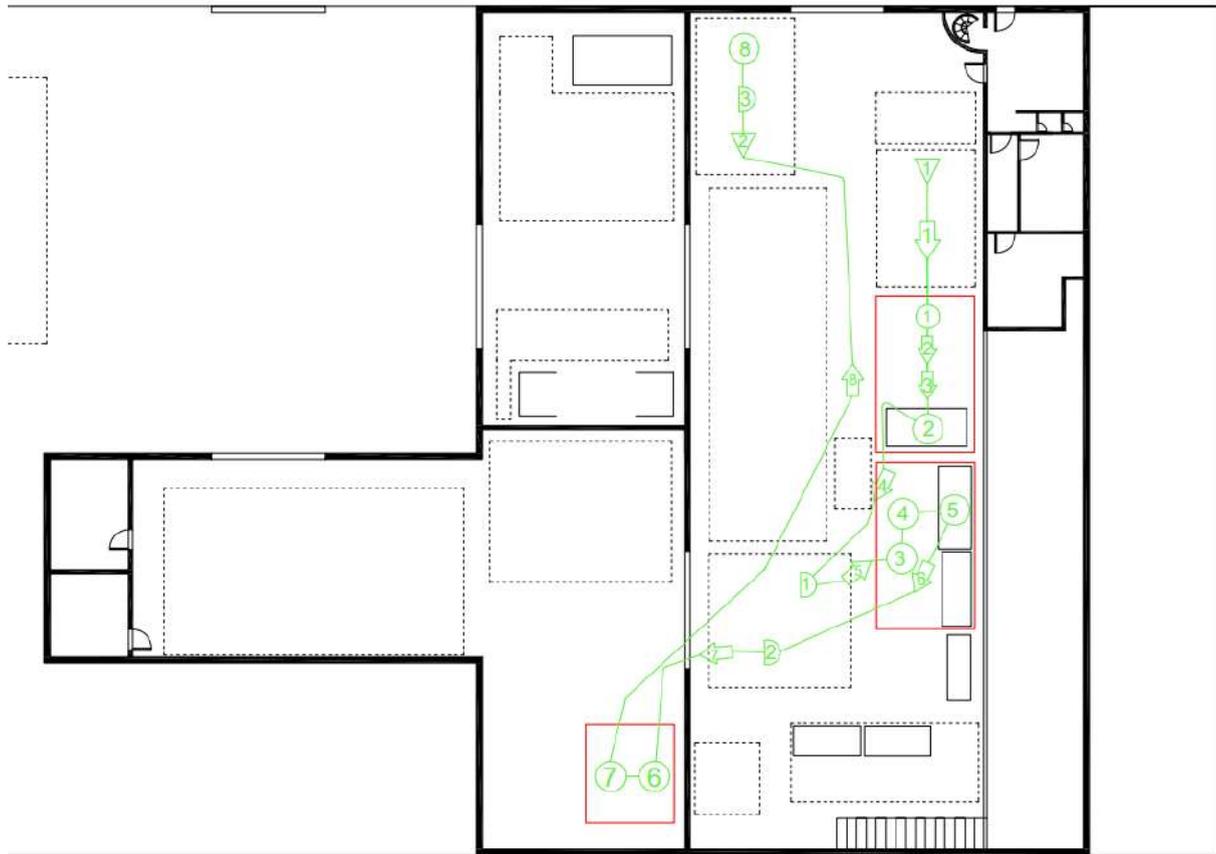


Figura 18: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

El apartado siguiente está compuesto por las figuras 19 y 20 que se ajustan al cursograma analítico y diagrama de recorrido para el subgrupo P(CG-Ci-SE) respectivamente.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo								
Diagrama núm: 5 Hoja núm 1 de 1		Resumen								
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía					
Actividad: Corte, cilindrado, soldado y ensamble medio para tolva		Operación	6							
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0							
Lugar: Taller		Espera	3							
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 5, Operario 6 y Operario 7		Transporte	8							
Fecha:		Almacenamiento	2							
Fecha:		Distancia (m)	90,79							
Compuesto por:		Tiempo (min)	2219,14							
Aprobado por:		Costo								
		- Mano de obra								
		- Material								
		Total								
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
				○	□	◇	⇨	▽		
Almacenado en depósito de planchas de chapa										
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95							Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte										
Deslizado hasta guillotina										
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte		7,5								
Cortado con guillotina	5									
Transportado a depósito de materiales en proceso		3,65	16,2							Puente de grúa
Espera de operario de cilindrado		960								
Transportado a estación de cilindrado		3,37	9,2							Puente de grúa
Cilindrado de chapa según el diámetro requerido	2	700								
Transportado a depósito de materiales en proceso		3,37	9,2							Puente de grúa
Espera de operario de soldado		150								
Transportado a estación de soldado		3,35	8,64							Puente de grúa
Soldado										
Ensamblado		355								
Transportado a depósito de productos terminados		4,58	39,6							Puente de grúa
Almacenado en depósito de productos terminados										
Espera a despacho		25								
Despacho										
Total		2219,1	90,79							

Figura 19: Cursograma analítico para subgrupo P(CG-Ci-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

Para el subgrupo P (CG-Ci-SE), la distancia recorrida por los materiales es de 90,79 m y el tiempo de procesamiento es de 2200 minutos. Entre los tiempos más extensos para este subgrupo, se encuentran las esperas entre sectores y el procesamiento del cilindrado. Es importante recalcar que el tiempo de esperas en este caso es del 50% del tiempo total.

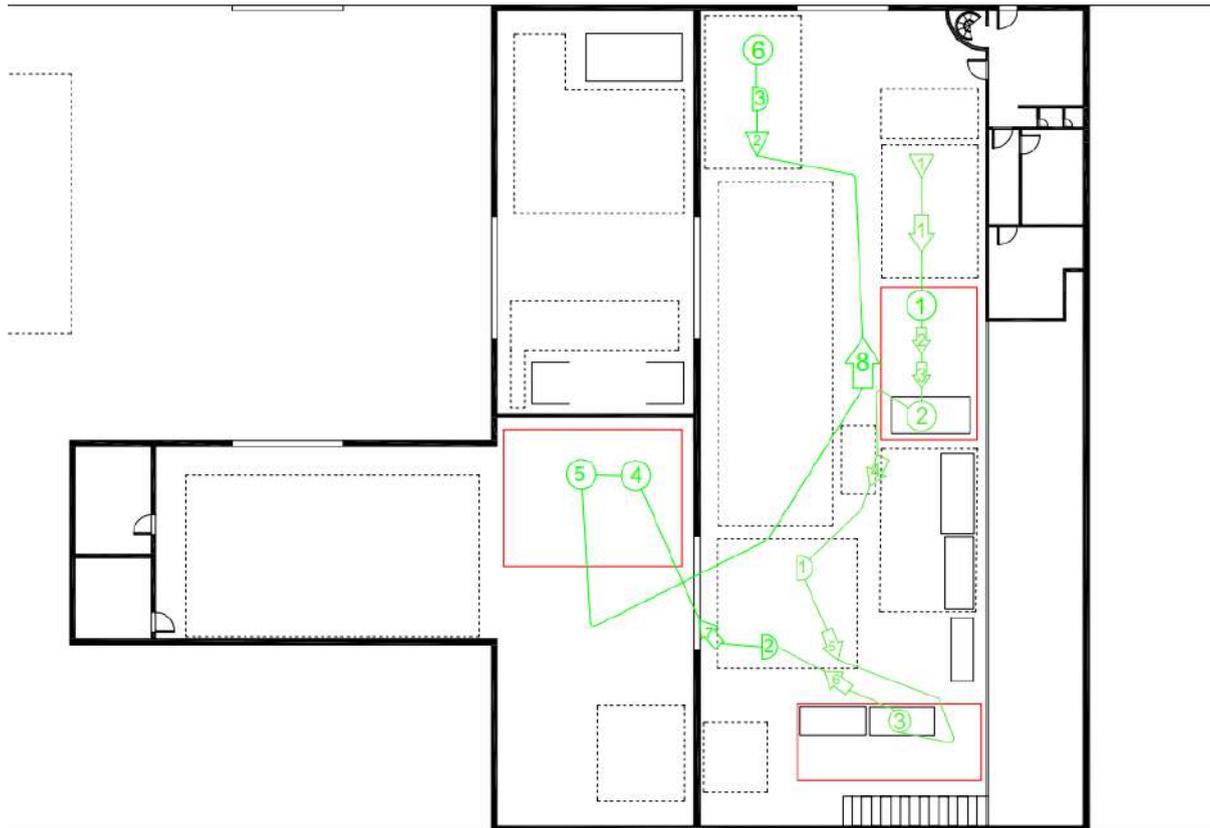


Figura 20: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-Ci-SE).

Fuente: Elaboración propia.

En el segmento presentado a continuación se exponen los cursogramas (figuras 21 a 24) y diagrama de recorrido para el subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE). Los cursogramas se presentan en 4 hojas separadas debido a que representan la fabricación de las partes según el subgrupo que le corresponda P(CP), P(CG-P) o P(CG-Ci). Es significativo mencionar que la fabricación de dichas partes es independiente, por lo que pueden desarrollarse de manera simultánea y luego, unificarse en el sector de soldadura-ensamble. En el cursograma de la hoja 4 se muestra la soldadura y ensamble para todos estos productos.

El diagrama de recorrido, por su parte, se representa en un único plano con el fin de detectar más fácilmente los flujos cruzados que puedan surgir durante la elaboración de proyectos de gran magnitud. Al tratarse de actividades que se desarrollan en simultáneo, se plantea la numeración de la siguiente manera: X.Y; la X hace referencia a las actividades según el número de hoja del cursograma analítico presentado, es decir:

- 1.Y: actividades realizadas en la estación de corte pantográfico y representado en verde en el diagrama de recorrido de la figura 25.
- 2.Y: actividades realizadas en la estación de corte por guillotina y plegado y representado en amarillo en el diagrama de recorrido de la figura 25.

- 3.Y: actividades realizadas en la estación de corte por guillotina y cilindrado y representado en azul en el diagrama de recorrido de la figura 25.
- 4.Y: actividades realizadas en las estaciones de soldadura, ensamble y despacho final y representado en violeta en el diagrama de recorrido de la figura 25.

Por otro lado, la Y corresponde al número de actividad en orden creciente sin importar de cuál cursograma se trate (ya se diferencia con la X). El conteo de cada actividad para los diagramas de recorrido (operación, inspección, espera, transporte y almacenamiento) es único para todo el subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo			
Diagrama núm: 6 Hoja núm 1 de 4		Resumen			
Objeto: Piezas para ensamble de objeto		Actividad	Actual	Propuesta	Economía
Actividad: <i>Corte pantográfico</i>		Operación	1		
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0		
Lugar: Taller		Espera	1		
Operario (s): Operario 9 y Operario 10		Transporte	2		
Fecha: Aprobado por: Fecha:		Almacenamiento	2		
Ficha núm:		Distancia (m)	40,72		
		Tiempo (min)	13,166		
Compuesto por:		Costo			
Aprobado por:		- Mano de obra			
		- Material			
		Total			
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Simbolo	Observaciones
Almacenado en depósito de materiales en proceso del sector pantográfico				○	
Transportado a pantógrafo		0,062	3,8	□	Operario
Espera de carga de coordenadas de corte al software		5		◇	
Cortado pantográfico	10	7,5		▷	
Transportado a depósito de productos en proceso		0,604	36,92	◁	Operario
Almacenado en depósito de productos en proceso				▽	
Total		13,166	40,72		

Figura 21: Cursograma analítico 1 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo				
Diagrama núm: 7 Hoja núm 2 de 4		Resumen				
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía	
Actividad: Corte y plegado		Operación	5			
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0			
Lugar: Taller		Espera	1			
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 3 y Operario 4		Transporte	6			
Ficha núm:		Almacenamiento	2			
Compuesto por:		Distancia (m)	40,95			
Aprobado por:		Tiempo (min)	207,65			
Fecha:		Costo				
Fecha:		- Mano de obra				
		- Material				
		Total				
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo		Observaciones
				○	□	▷
Almacenado en depósito de planchas de chapa						
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95			Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte		3				
Deslizado hasta guillotina						
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte						
Cortado con guillotina	2					
Transportado a depósito de materiales en proceso		3,65	16,2			Puente de grúa
Espera de operario de plegado		180				
Transportado a estación de plegado		3,34	8,4			Puente de grúa
Colocado en mesa de trabajo		11				
Trazado de doblez						
Plegado	5					
Transportado a depósito de materiales en proceso		3,34	8,4			Puente de grúa
Almacenado en depósito de materiales en proceso						
Total		207,65	40,95			

Figura 22: Cursograma analítico 2 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo								
Diagrama núm: 8 Hoja núm 3 de 4		Resumen								
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía					
Actividad: Corte y cilindrado		Operación	3							
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0							
Lugar: Taller		Espera	1							
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 5 y Operario 6		Transporte	6							
Fecha: Fecha:		Almacenamiento	2							
Compuesto por:		Distancia (m)	42,55							
Aprobado por:		Tiempo (min)	1681,21							
Fecha:		Costo								
Fecha:		- Mano de obra								
		- Material								
		Total								
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
				○	□	D	⇨	▽		
Almacenado en depósito de planchas de chapa										
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95							Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte										
Deslizado hasta guillotina										
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte		7,5								
Cortado con guillotina	5									
Transportado a depósito de materiales en proceso		3,65	16,2							Puente de grúa
Espera de operario de cilindrado		960								
Transportado a estación de cilindrado		3,37	9,2							Puente de grúa
Cilindrado de chapa según el diametro requerido	2	700								
Transportado a estación de ensamble		3,37	9,2							Puente de grúa
Almacenado en estación de ensamble										
<b>Total</b>		<b>1681,2</b>	<b>42,55</b>							

Figura 23: Cursograma analítico 3 de 4 para subproceso P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo				
Diagrama núm: 9 Hoja núm 4 de 4		Resumen				
Objeto: Chapa		Actividad		Actual	Propuesta	Economía
Actividad: Soldado, ensamble, despacho final		Operación	○	3		
Método: Actual/Propuesto		Inspección	□	0		
Lugar: Taller		Espera	D	3		
Operario (s): Operario 7 y Operario 8		Transporte	⇄	2		
Compuesto por: Fecha:		Almacenamiento	▽	1		
Aprobado por: Fecha:		Distancia (m)		48,24		
		Tiempo (min-hombre)		157,93		
		Costo				
		- Mano de obra				
		- Material				
		Total				
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo		Observaciones
Espera de operario de soldado		150		○	□	
Transportado a estación de soldado		3,35	8,64	D	⇄	Puente de grúa
Soldado				○	□	
Espera de piezas para ensamble				D	⇄	
Ensamblado				○	□	
Transportado a depósito de productos terminados		4,58	39,6	D	⇄	Por puente de grúa
Almacenado en depósito de productos terminados				○	□	
Espera a despacho				D	⇄	
Despacho				○	□	
Total		157,93	48,24			

Figura 24: Cursograma analítico 4 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta al subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE), la distancia total recorrida por los materiales es de 172,46 m y el tiempo de producción es de 2060 minutos. Los lapsos más prolongados se dan en las esperas de los materiales entre los sectores (1290 minutos) y el cilindrado (700 minutos). Las esperas en este caso representan el 63% del tiempo total de producción.

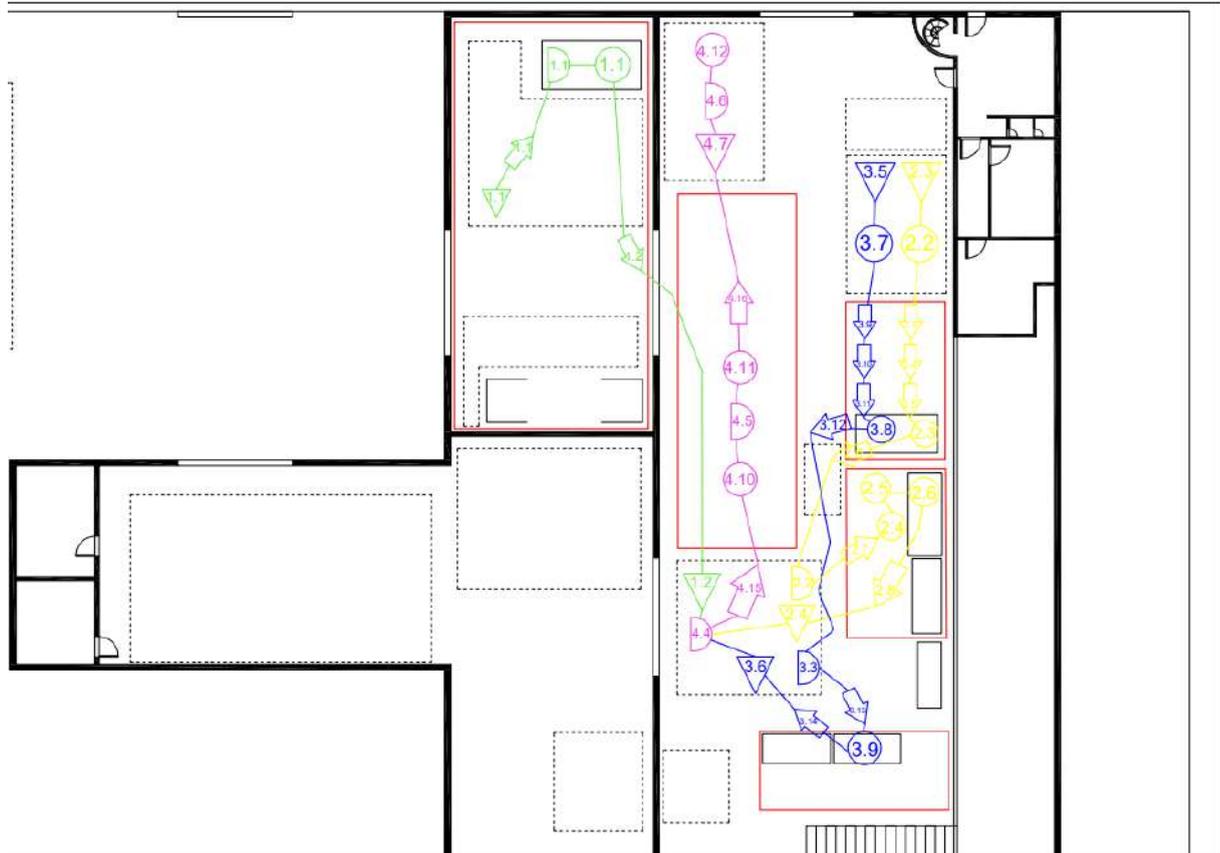


Figura 25: Diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5 Estudio de tiempos

Para la realización del estudio de tiempos se analizan las estaciones de corte, plegado, cilindrado y soldadura-ensamble dejando afuera del relevamiento a la estación de corte pantográfico. En términos de la estación de corte pantográfico, se toma la opción de estimar los tiempos según la velocidad de corte provista por las fichas técnicas de las maquinarias.

Con respecto a la estación de cilindrado, dado que esta actividad varía según el diámetro, largo y espesor de chapa se decide clasificar los trabajos en 4 grupos:

- Cilindrado de 400 a 600 mm de diámetro en una chapa de 1000 mm de alto. (Subgrupo 1)
- Cilindrado de 600 a 800 mm de diámetro en una chapa de 1000 mm de alto. (Subgrupo 2)
- Cilindrado de 800 a 1200 mm de diámetro en una chapa de 1000 mm de alto. (Subgrupo 3)
- Cilindrado de 1200 a 2000 mm de diámetro en una chapa de 2000 mm de alto. (Subgrupo 4)

A continuación, a partir de la ecuación 2, se calculan los números de observaciones para cada centro de trabajo.

Determinación de ensayos preliminares: se elige un  $n'=10$  para todos los centros de trabajo y  $n'=11$  para el cilindrado. A partir de los datos obtenidos y mostrados en las tablas 10-13 se obtienen los siguientes tamaños de muestra presentados en la tabla 5.

Centro de trabajo		Tamaño de la muestra (n)
Corte ( $n'=10$ )		8
Plegado ( $n'=10$ )		174
Cilindrado	Subgrupo 1 ( $n'=3$ )	4
	Subgrupo 2 ( $n'=4$ )	2
	Subgrupo 3 ( $n'=2$ )	6
	Subgrupo 4 ( $n'=2$ )	4
Soldadura	Operario 7 ( $n'=5$ )	374
	Operario 8 ( $n'=5$ )	273

Tabla 5: Determinación del tamaño de muestra.  
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de la tabla, se prefiere tomar una muestra de 10/11 observaciones para cada uno de los centros de trabajo. Esta resolución se da por diversos motivos. Para el corte dado que  $n < n'$ , se considera que la cantidad de observaciones preliminares es suficiente para el estudio. En cuanto al plegado, el número de observaciones resulta inviable de llevar a cabo teniendo en cuenta las condiciones actuales dentro del taller, así como la disponibilidad de tiempo de los operarios. En lo que concierne al cilindrado y considerando que la actividad incurre en tiempos de trabajo que pueden tomar una jornada de 8 horas completa, 10 observaciones para cada subgrupo resultan suficientes y representativas para la actividad. Si se calcula un valor aproximado de lo que tomaría realizar la cantidad de muestras que surgen de la tabla 5, se deberían destinar aproximadamente 33 horas para el estudio lo que equivale 4 jornales de 8 horas. Finalmente, con respecto a la soldadura, al igual que en el caso del plegado se considera que el número de observaciones no es factible de realizar dentro del alcance de este trabajo, es por eso que 10 observaciones resultan un valor viable.

A pesar que en los procesos de cilindrado y soldadura no se pudieron tomar una cantidad de muestras representativas, los resultados obtenidos se consideran provechosos a los fines del Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Industrial y sientan una base para

futuros trabajos que den continuidad al presente estudio. No se puede pasar por alto mencionar que en términos estadísticos la confiabilidad de estos valores estará por debajo del 95%.

A continuación, en la tabla 6, se presenta el modelo de plantilla utilizada para los estudios de tiempos de las diferentes secuencias de operaciones.

Estudio de tiempos - Sector X															
Sector:												Hoja N°:			
Operación:												Número de muestras:			
Operarios a cargo:												Fecha:			
N°	Descripción	Característica Y										Subtotal	Promedio		
N°	Descripción	Característica Z										Subtotal	Promedio		
N°	Descripción	Tiempo observado [min]										Total T.O.	Promedio T.O.	V	T.B.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				

Tabla 6: Plantilla para toma de tiempos.  
Fuente: Elaboración propia.

El método para el estudio de tiempos fue el siguiente. Mediante un cronómetro de mano se procedió a medir a los operarios de las estaciones bajo análisis. Para las estaciones de corte y plegado se midió el tiempo que el operario requiere para completar los cortes y plegados necesarios según las indicaciones del plano. La cantidad de cortes y plegados resulta variable para cada medición, por lo que luego se establece un promedio de estos. Para el caso de la estación de cilindrado, se estudiaron los tiempos para cilindrados que fluctúan en su largo y ancho pero donde su espesor es constante en 4,75 mm, medida comúnmente utilizada en la estación de trabajo. En base a la clasificación realizada, se efectúan las correspondientes mediciones de tiempos y luego, se hace un promedio de estos valores para obtener el tiempo promedio de cilindrado.

Acerca de la estación de soldadura-ensamble, se realizaron mediciones para distintas soldaduras lineales de 50 cm de largo y espesores de chapa variables. Finalmente, para la estación de corte pantográfico, tal como se mencionó previamente, se extrajeron los valores de velocidad de corte de las especificaciones técnicas correspondientes a las dos maquinarias presentes en la empresa. Con estos dos valores, se determinó un valor promedio de la velocidad de corte del sector que se presenta a continuación en la tabla 7.

	Oxicorte/Plasma	Corte Láser
Velocidad de corte	1.500 mm/min	1.000 mm/min
<b>Promedio</b>	<b>1250 mm/min</b>	

Tabla 7: Velocidad de corte para equipos pantográficos.

Fuente: Elaboración propia.

Es relevante destacar que se realizó un análisis de la relación de consumo de chapa y los metros de corte con el fin de obtener un valor del gasto de materias primas comparable con el resto de los centros de trabajo. Para este análisis se pesaron los kg de chapa de 8 piezas producidas aleatoriamente durante una jornada laboral con los metros de corte que fueron necesarios para la obtención de dichas piezas. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 8. De este análisis, se obtuvo que la estación de corte pantográfico tiene un consumo de 3,45 kg/metro de corte.

N° de pieza	Peso [kg]	Metros de corte [m]	Equipo utilizado
1	13,73	1,69	Láser
2	36,22	9,90	Oxicorte
3	12,67	7,60	Oxicorte
4	5,91	1,41	Láser
5	21,13	3,33	Láser
6	15,56	2,98	Láser
7	33,25	12,55	Oxicorte
8	24,48	7,72	Láser
<b>Promedio</b>	<b>20,37</b>	<b>5,90</b>	

Tabla 8: Relación consumo de chapa por metro de corte para equipos pantográficos.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtenidas las mediciones para cada estación de trabajo bajo estudio, se procede a la determinación de los tiempos tipo. Este valor se obtiene teniendo en cuenta la valoración del ritmo del operario (V) y los suplementos que se adhieren a los tiempos observados (S). Para el primero, se considera una valoración de 1 (uno), es decir, se considera un ritmo normal de trabajo. Por otro lado, se tuvieron en cuenta los suplementos establecidos por la OIT (1998) que se muestran en la tabla 9 y se describen a continuación:

- Suplementos por descanso: compuesto por el descanso pautado que establece la empresa, las necesidades personales y la fatiga básica. La primera de estas resulta de 65 minutos por jornada dividida en dos interrupciones de 15 minutos para el

desayuno y 50 minutos para el almuerzo. El Manual de la OIT (1998) aconseja cuantificar las necesidades personales entre un 5% y 7% del tiempo de trabajo según la productividad de la empresa. Por tal motivo, se opta por estimar un 7% ya que la empresa no se considera de alta productividad. Así también, en lo que respecta a la fatiga básica, la OIT (1998) recomienda un 4% del tiempo básico para las actividades donde el operario se encuentra sentado, efectuando un trabajo ligero en buenas condiciones materiales y que no precisa emplear sus manos, piernas y sentidos sino normalmente. Es debido a esta consideración que se considera en conjunto con la empresa un 8% de fatiga básica para el establecimiento ya que se trabaja de pie y en continuo movimiento para el traslado de materiales, accesorios y/o herramientas.

- Suplementos especiales: surge del tiempo destinado para ajustes, mantenimiento y limpieza de herramientas y equipos. Cabe destacar que en el taller se encuentran constantemente en uso instrumentos y maquinarias que requieren de un seguimiento controlado para el correcto desarrollo de las actividades. Entre las principales acciones a realizar se encuentra el afilado de cuchillas, lubricación de equipos, limpieza de maquinaria, entre otras y es por eso que se determina, también en conjunto con la empresa, un 4% del tiempo básico.

Suplementos		
Suplementos por descanso	Descanso pautado	65 min/jornada = 13,7%
	Necesidades personales	7%
	Fatiga básica	8%
Suplementos especiales		4%
<b>Total</b>		<b>32,7%</b>

Tabla 9: Suplementos.  
Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, los tiempos de cada estación quedan expresados en las tablas 10-13.

Estudio de tiempos - Sector de Corte																
Sector:		Taller - Sector de corte														
Operación:		Corte en plancha de chapa de acero al carbono SAE 1010 1.500 mm x 6.000 mm y espesor variable								Hoja N°:		1				
Operarios a cargo:		Operario 1 y Operario 2								Número de muestras:		10				
		Fecha:								10/2022						
N°	Descripción	Espesor de la chapa [mm]										Subtotal [mm]		Promedio [mm]		
		9,525	9,525	4,75	4,75	4,75	9,525	9,525	3,2	6,35	6,35	68,25		6,825		
		Cortes efectuados										Subtotal		Promedio		
		8	13	15	12	12	10	9	6	11	13	109		10,9		
N°	Descripción	Tiempo observado [min]										Total T.O.	Promedio T.O.	V	T.B. [min]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1	Colocar coordenadas para el corte															
2	Colocar parámetros en software de equipo															
3	Deslizar chapa hasta guillotina	13,97	16,85	17,45	16,41	16,31	18,24	15,32	15,72	17,01	15,61	162,89	16,29	1	16,29	
4	Acomodar en zona de corte según coordenadas de corte															
5	Cortar con guillotina															

Tabla 10: Toma de tiempos - Sector de Corte.  
Fuente: Elaboración propia.

Estudio de tiempos - Sector de Plegado																
Sector:		Taller - Sector de plegado														
Operación:		Plegue en cortes de chapa de acero al carbono SAE 1010 de medidas variables								Hoja N°:		2				
Operarios a cargo:		Operario 3 y Operario 4								Número de muestras:		10				
		Fecha:								10/2022						
N°	Descripción	Peso de la chapa [kg]										Subtotal [kg]		Promedio [kg]		
		16,82	16,82	48,5	25,15	32,86	34,66	62,38	55,73	26,98	29,54	349,44		34,94		
		Plegues efectuados										Subtotal		Promedio		
		4	9	11	5	7	4	5	10	9	5	69		6,9		
N°	Descripción	Tiempo observado [min]										Total T.O.	Promedio T.O.	V	T.B. [min]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1	Trazar dobléz															
2	Colocar parámetros en software de equipo															
3	Trasladar chapa hasta plegadora	7,92	10,55	19,8*	8,26	11,12	7,87	8,33	11,71	9,66	8,39	83,81	9,31	1	9,31	
4	Plegar															

\*: Debate y consulta del plano al ingeniero demora 4,67 minutos adicionales

Tabla 11: Toma de tiempos - Sector de Plegado.  
Fuente: Elaboración propia.

Estudio de tiempos - Sector de Cilindrado																					
Sector:		Taller - Sector de cilindrado																			
Operación:		Cilindrado de chapa de acero al carbono SAE 1010 de 4,75 mm de espesor								Hoja N°:		3									
Operarios a cargo:		Operario 5 y Operario 6								Número de muestras:		11									
		Fecha:								10/2022											
N°	Descripción	Subgrupo												Subtotal [mm]		Promedio [mm]					
		1				2				3				4							
		Diámetro [mm]												Subtotal [mm]		Promedio [mm]					
		550	420	480	780	760	640	715	950	820	1500	1850	9465		860,45						
		Largo [mm]												Subtotal [mm]		Promedio [mm]					
		890	250	400	220	450	990	450	330	570	1500	1000	7050		640,91						
		Operarios requeridos												Subtotal		Promedio					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1,18									
N°	Descripción	Tiempo observado [min]										Total T.O.	Promedio T.O.	V	T.B. [min]						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					11					
1	Cilindrar la chapa	174	155	168	272	282	289	295	332	375	450	495	3287	298,82	1	298,82					

Tabla 12: Toma de tiempos - Sector de Cilindrado.  
Fuente: Elaboración propia.

Estudio de tiempos - Sector de Soldadura															
Sector:		Taller - Sector de soldadura													
Operación:		Soldadura lineal de 50 cm de largo y espesores de chapa variables								Hoja N°:		4			
										Número de muestras:		10			
Operarios a cargo:		Operario 7 y Operario 8						Fecha:		10/2022					
N°	Descripción	Operario observado													
		7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	Subtotal [mm]		Promedio [mm]	
		Espesor de chapa (mm)										68,5		13,7	
		4	8	12	19	25,5	4	8	12	19	25,5				
		Tiempo observado [min]										Total T.O.	Prome-dio T.O.	V	T.B.
1	Preparar la pieza en lugar de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	617	61,70	1	61,70
2	Soldar material	22	35	45	60	94	35	48	77	80	121				

Tabla 13: Toma de tiempos - Sector de Soldado.

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que la estación de corte pantográfico, la estación de soldadura define su capacidad a partir de los metros de soldadura que es capaz de soldar en un intervalo de tiempo. Con el fin de obtener un valor del consumo de materias primas comparable con el resto de los centros de trabajo (kg), se relevaron 10 productos aleatorios que fueron soldados por los dos operarios que desarrollan la actividad en una semana para obtener la relación de kg de chapa por metro de soldadura. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 14. De este análisis, se obtuvo que la estación de soldadura tiene un consumo de 82,5 kg/metro de soldadura.

N° de producto	Peso [kg]	Metro de soldadura [m]
1	174	3
2	123	1,15
3	21	0,095
4	55	0,42
5	63	1,27
6	105	0,95
7	25	0,21
8	40	0,63
9	37	0,45
10	77	0,55
<b>Promedio</b>	<b>72</b>	<b>0,8725</b>

Tabla 14: Relación consumo de chapa por metro de soldadura.

Fuente: Elaboración propia.

A modo de resumen, se muestran los tiempos en la tabla 15 para un valor estándar de producción según la estación de trabajo.

Resumen Estudio de Tiempos			
Estación de trabajo	T.O. [min]	T.B. [min]	T.T. [min]
Corte (Para 100 kg)	3,40	3,40	4,51
Plegado (Para 100 kg)	26,65	26,65	35,36
Cilindrado (Para 100 kg)	233,42	233,42	309,74
Soldadura (Para 50 mm con espesor de chapa promedio 13,7 mm)	61,70	61,70	81,88

Tabla 15: Resumen de tiempos.  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para los transportes de materiales durante el proceso productivo, se tuvo en cuenta el estándar propuesto por Meyers (2006) de 0,0164 minutos por metro para caminatas, considerando una pieza en proceso por trayectoria de hasta 20 kg si el traslado es llevado a cabo por un operario o 45 kg si lo realizan dos personas. Si el peso resulta superior al último mencionado, el desplazamiento se realiza a través de puente grúa, que tienen una velocidad promedio de desplazamiento de 25 m/min al cual se le deben adherir 3 minutos adicionales que corresponden a la subida y bajada; enganche y desenganche de las pinzas del equipo.

## 4.3 Diagnóstico

### 4.3.1 Descripción de la situación actual

La empresa tiene deficiencias en su sistema que abarcan a toda la organización, desde el área de ingeniería y administración hasta cada centro de trabajo. Hoy en día, tanto en la oficina técnica como en la administrativa no existen registros digitales de ninguna índole.

Haciendo un análisis más detallado de cada sector se pueden identificar diversas cuestiones:

- Oficina de expedición: esta área es la encargada de tomar los pedidos con las especificaciones de los clientes. Dado que, si bien los miembros tienen conocimientos técnicos por su experiencia en la empresa, muchas veces resultan insuficientes para trabajos más complejos. Supone una tarea difícil lograr que la idea del cliente se materialice de la mejor manera sin contar con un experto en diseño y desarrollo.

- Oficina de ingeniería: el ingeniero de la empresa está a cargo de la presupuestación, el diseño de planos, los trabajos activos del taller, el control de los trabajos fuera del taller y el entrenamiento de un nuevo ayudante de ingeniería. La oficina técnica utiliza el 70% del tiempo en presupuestar. Los presupuestos demoran tiempo dado que no llegan a la oficina las especificaciones explícitas de los clientes. Esto se debe a que la oficina de expedición no pudo recabar todos los datos necesarios por falta de conocimiento técnico, entendimiento de la complejidad y capacidad de asesoramiento. La mayoría del tiempo se realiza un prediseño que se aprueba por el cliente y posteriormente se realiza la presupuestación. Con la carga laboral que la oficina posee hoy en día, el control y la organización pasan a un segundo plano.
- Sector de taller: las áreas en el taller no están definidas claramente, las materias primas no tienen un lugar de acopio ni una metodología para la recepción. Al mismo tiempo, los pasillos se encuentran obstaculizados principalmente por planchas de chapas, perfiles y productos en proceso, el depósito de la planta baja está cubierto por materiales en proceso que luego son difíciles de encontrar, productos terminados que los clientes no han retirado, herramientas antiguas y una cantidad de chatarra que hacen de un lugar aprovechable a un sector desordenado, e inutilizable para el día a día en el taller.

#### 4.3.2 Cálculo de la capacidad productiva

Con el objetivo de conocer si la distribución en planta actual tiene la capacidad de cumplir con los objetivos de producción planteados, es necesario calcular cuántos kilogramos se pueden procesar por unidad de tiempo y la cantidad que se requieren para cumplir con el objetivo de producción. Este valor, puede calcularse con las toneladas procesadas por sector de la tabla 2 y el tiempo total de trabajo desde octubre de 2021 y hasta el mes de septiembre de 2022, para ello se utiliza la ecuación 5. Los resultados por sector se presentan en la tabla 16.

$$\text{Capacidad productiva actual} = \frac{\text{Toneladas procesadas}}{\text{Tiempo total de trabajo}} \quad (5)$$

Sector	Producción actual (10/2021 - 09/2022)	Capacidad actual
Corte pantográfico	72.956 kg	0,576 kg/min
Corte guillotina	199.461 kg	1,574 kg/min
Plegado	155.348 kg	1,223 kg/min
Cilindrado	75.666 kg	0,60 kg/min

Soldado-Ensamble	122.918 kg	0,97 kg/min
------------------	------------	-------------

Tabla 16: Capacidad productiva actual.  
Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la capacidad requerida se utiliza el valor del objetivo anual de producción por secuencia de trabajo junto con el tiempo total de trabajo de anual mediante la ecuación 6. El tiempo total de trabajo se calcula como el tiempo por turno de trabajo, es decir 8 horas por día, por 22 días al mes por 12 meses, es decir, 2112 horas al año. Al mismo tiempo, se considera la posibilidad de trabajar en dos turnos. En la tabla 17 se presentan los valores correspondientes a la capacidad requerida por producto.

$$Capacidad\ requerida = \frac{Objetivo\ anual\ de\ producción}{Tiempo\ total\ de\ trabajo\ anual} \quad (6)$$

Producto	Objetivo anual futuro (2023)	Capacidad requerida (1 turno)	Capacidad requerida (2 turnos)
P(CP)	82.805 kg	0,653 kg/min	0,327 kg/min
P(CG-P)	67.791 kg	0,535 kg/min	0,268 kg/min
P(CG-Ci)	23.232 kg	0,183 kg/min	0,092 kg/min
P(CG-P-SE)	79.423 kg	0,627 kg/min	0,314 kg/min
P(CG-Ci-SE)	29.227 kg	0,231 kg/min	0,116 kg/min
P(CG-P-Ci-CP-SE)	37.522 kg	0,296 kg/min	0,148 kg/min
<b>TOTAL</b>	<b>320.000 kg</b>		

Tabla 17: Capacidad requerida por producto.  
Fuente: Elaboración propia.

Para poder realizar una correcta comparativa entre la capacidad de planta inicial y la capacidad de planta requerida se presenta, en la tabla 18, los cálculos correspondientes a la capacidad requerida por sector que sirven como verificación de la capacidad por turno.

Sector	Objetivo anual	Capacidad productiva requerida (1 turno)	Capacidad productiva requerida (2 turnos)	Capacidad productiva actual
CP	120.326 kg	0,95 kg/min	0,47 kg/min	0,58 kg/min
CG	237.194 kg	1,87 kg/min	0,94 kg/min	1,57 kg/min
P	184.735 kg	1,46 kg/min	0,73 kg/min	1,22 kg/min
Ci	89.980 kg	0,71 kg/min	0,35 kg/min	0,60 kg/min
SE	146.171 kg	1,15 kg/min	0,58 kg/min	0,97 kg/min

Tabla 18: Capacidad productiva requerida por sector.  
Fuente: Elaboración propia.

Luego de comparar la capacidad productiva actual con la requerida, se puede decir que con la capacidad que se dispone al momento del análisis no es posible cumplir con los objetivos de producción planteados, por lo que resulta necesario aumentar la capacidad.

#### 4.3.3 Distancia de desplazamiento entre sectores

La distancia entre sectores es un aspecto muy importante a tener en cuenta a la hora de proponer una redistribución en planta.

En gran parte, al tratarse de productos de gran envergadura, los movimientos en el taller se suelen hacer a través de puentes grúa. Los movimientos que se realizan a través de los operarios suelen ser los de los productos o accesorios más pequeños que se trasladan a pie. Poder disminuir la distancia entre dichos sectores y, el tiempo en el manejo de los puentes grúa, liberará tiempo productivo a los operarios.

En la tabla 19, se presentan las distancias actuales entre los sectores que atraviesan los materiales o productos en proceso.

Desde	Hasta	Distancia entre sectores
Depósito de materias primas	Sector de corte	7,95 m
Sector de corte	Sector de plegado	13,60 m
Sector de corte	Sector de producto en proceso	16,20 m
Sector de corte	Depósito de recortes	4,50 m
Sector de producto en proceso	Sector de plegado	8,40 m
Sector de producto en proceso	Sector de cilindrado	9,20 m
Sector de producto en proceso	Sector de soldadura	8,64 m
Sector de cilindrado	Sector de soldadura	10,50 m
Sector de cilindrado	Depósito de productos terminados	37,21 m
Sector de soldadura	Sector de ensamble	14,25 m
Sector de pantógrafos	Sector de soldadura y ensamble	33,70 m
Sector de pantógrafos	Depósito de productos terminados	18,20 m
Sector de plegado	Depósito de productos terminados	26,00 m
Sector de ensamble	Depósito de productos terminados	39,60 m
Sector de acopio	Sector de ensamble	13,90 m
Sector temporal de ensamble	Depósito de productos terminados	13,72 m

Tabla 19: Distancia entre sectores actuales.  
Fuente: Elaboración propia.

Es importante remarcar que algunas de las distancias entre sectores son de hasta casi 40 m dando lugar a prolongados tiempos de desplazamiento, un aumento de ocurrencia de riesgos sobre la seguridad de las personas e incidentes que provocan daños en el material.

#### 4.3.4 Determinación de ineficiencias y oportunidades de mejora

A partir del relevamiento realizado y detallado en las secciones anteriores, se detectaron las siguientes problemáticas a resolver para eficientizar el sistema productivo de la empresa:

- Capacidad disponible del taller: la empresa desconoce la capacidad del taller que trae como consecuencia retrasos e incumplimientos en las fechas de entrega de los productos.

Asimismo, el establecimiento, durante la situación inicial, no dispone con la capacidad disponible para cumplir con los requerimientos propuestos para el año 2023, es por eso que se identifica una oportunidad de mejora a la hora de rediseñar la distribución en planta. Los materiales recorren, en su gran mayoría, distancias que superan los 50 m, aumentando los tiempos de traslados que no suman valor agregado al producto final.

- Flujos cruzados: los diagramas de recorrido presentados en el apartado 4.2.4 de análisis de los subprocesos muestran los flujos cruzados presentes para cada uno de los subgrupos establecidos.

Para el subgrupo de productos de P(CP), no se han detectado flujos cruzados. En lo que respecta al subgrupo P(CG-P), se observa un tráfico cruzado cuando el producto se dirige del área de almacenamiento de producto en proceso a la estación de trabajo de plegado y finalmente al almacenamiento de producto terminado. En cuanto al subgrupo de P(CG-Ci) se detectan dos flujos cruzados, el primero se observa cuando el material se dirige de la estación de corte por guillotina al almacenamiento de producto en proceso con el producto trasladándose de la estación de trabajo de cilindrado al almacenamiento de producto terminado. Por su parte, el segundo flujo cruzado se encuentra en la entrada y salida del material de la estación de cilindrado. No se observan flujos cruzados para el subgrupo de P(CG-P-SE) mientras que para el subgrupo de productos de P(CG-Ci-SE) se ha detectado un único flujo cruzado correspondiente a cuando el material es llevado de la estación de cilindrado a la de ensamble y cuando el producto final se mueve del centro de trabajo de ensamble al almacenamiento de producto terminado. En lo que respecta al subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE) se presentan 3 flujos cruzados, todos ellos identificados en la zona cercana al sector de producto en proceso, área donde se detecta el mayor flujo de los materiales para este subgrupo ya que resulta el lugar común de todas las piezas para luego proceder al ensamble y así obtener el producto final.

En la tabla 20 se muestra un resumen de los flujos cruzados detectados para los subgrupos mencionados previamente. En total se han detectado 7 flujos cruzados.

Subgrupo	Cantidad de flujos cruzados
P(CP)	0
P(CG-P)	1
P(CG-Ci)	2
P(CG-P-SE)	0
P(CG-Ci-SE)	1
P(CG-P-Ci-CP-SE)	3
<b>Total</b>	<b>7</b>

Tabla 20: Resumen de los flujos cruzados detectados para subgrupos.  
Fuente: Elaboración propia.

La reducción de los flujos cruzados es una variable importante a tener en cuenta en el rediseño de la distribución en planta ya que disminuye los retrocesos de trabajo y previene la congestión en determinados sectores.

- Desorden general en el taller: el desorden actual provoca la pérdida de herramientas, planos y piezas dentro de la empresa, haciendo que los operarios tengan que destinar tiempo productivo en la búsqueda de estos. Además, los pasillos se encuentran obstruidos por recortes de chapas, y material en proceso dificultando la movilidad de los operarios. También, y tal como se muestra en la figura 10, la empresa destina un espacio importante del depósito para el guardado de materiales y recortes que no tienen un propósito específico, en la mayoría de los casos estos materiales se convierten en chatarra. Este depósito es un espacio muy amplio, ubicado en una zona estratégica, cercana a los principales centros de trabajo. Realizar una limpieza y un acondicionamiento de esta zona es una oportunidad de mejora para el rediseño de la distribución.
- Ausencia de un sistema de planificación y control de la producción: en la organización no existe una herramienta destinada a plasmar la información de los proyectos en etapa de desarrollo, por lo que tampoco hay un orden determinado para la realización de los trabajos durante los jornales. Estas cuestiones traen aparejadas diferentes problemáticas como son los retrasos en las entregas, desorganización en los puestos de trabajo, material en proceso inmovilizado por largos períodos de tiempo, entre otras cuestiones. Tal como se muestra en los cursogramas analíticos presentados en el apartado 4.2.4 de análisis de los subprocesos, el 75% del tiempo total del proceso se destina a la espera de los operarios de la estación de trabajo que prosigue. Esto se debe a una mala planificación y orden de prioridades de los

proyectos que hacen que estos se encuentren inmovilizados por horas o hasta incluso días. Implementar un sistema de planificación y control de la producción que reduzca los tiempos de espera y los retrabajos y que sea acorde al tipo de empresa descrito anteriormente es una oportunidad de mejora que impactará en el funcionamiento diario del taller.

#### 4.4 Propuestas de mejora

Tras llevar a cabo el análisis correspondiente, se formulan las propuestas de mejora presentadas a continuación.

##### 4.4.1 Distribución en planta

###### 4.4.1.1 Análisis de relación de actividades

Con el objetivo de tener una imagen más acertada de la relación entre los distintos sectores se realiza un diagrama de relación de actividades. Mediante esta herramienta, se busca identificar qué tan importante es que un sector esté aledaño a otro y, de esta manera lograr diseñar una distribución en planta que minimice los flujos cruzados, las demoras y las distancias recorridas. Para ello, se tuvieron en cuenta 10 áreas y, para un correcto análisis, se siguen los lineamientos de Meyers (2006) quien aconseja no excederse de una determinada cantidad de códigos, estos valores se presentan en la tabla 21.

Código	%	Cantidad recomendada
A	5	2
E	10	5
I	15	7
O	25	11
U-X	45	20

Tabla 21: Asignación de códigos de relación.  
Fuente: Elaboración propia.

Las codificaciones en el diagrama se fundamentan según el componente cuantitativo y cualitativo correspondiente. El primero de ellos, se basa en los flujos de materiales definidos por las secuencias de estaciones de trabajo. Estos se encuentran establecidos en la tabla 1 del apartado 4.2.2 referido al proceso productivo. A partir de dichos valores, se obtiene la tabla 22 que muestra el código que le corresponde según el flujo entre las áreas más importantes. Sin embargo, la tabla 22, no tiene en cuenta el componente cualitativo. El componente cualitativo, por su parte, se basa en la experiencia de los dueños e ingeniero

del establecimiento quienes consideran importante la comunicación entre diversas estaciones de trabajo y el flujo de las personas.

Desde - Hacia	Flujo 2023 [kg]	% del flujo	Codificación por flujo
Depósito de chapas - CG	237.195	74,1	A
Depósito de chapas - CP	92.186	28,8	I
CG - P	165.975	51,9	A
CG - C	71.220	22,3	I
P - C	9.380	3	O
P- S	98.184	30,7	E
P - E	98.184	30,7	E
C - S	47.988	15	I
C - E	47.988	15	I
CP - S	9.380	3	O
CP - E	9.380	3	O
Depósito de PT - CP	82.805	25,9	I
Depósito de PT - P	67.791	21,2	I
Depósito de PT - C	23.232	7,3	O
Depósito de PT - S	146.172	45,7	E
Depósito de PT - E	146.172	45,7	E
Sector de acopio - S	146.172	45,7	E
Sector de acopio - E	146.172	45,7	E

Tabla 22: Asignación de códigos de relación según componente cuantitativo.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla presentada anteriormente experimenta los siguientes ajustes a partir del componente cualitativo:

- SE, código A ya que todo el flujo que circula por la estación de trabajo de soldadura también pasa por la de ensamble, además que la comunicación y el flujo de personas entre estas dos áreas se considera alto.
- CG-P, código E debido a que si bien el flujo de material es elevado (>50%), la comunicación y el flujo de personas entre estos sectores es baja. Se opta por utilizar

el código A de esta relación (mostrada en la tabla 21) en la mencionada previamente (SE).

A continuación, en la figura 26 se presenta el diagrama de relación de actividades. Cabe aclarar que se opta por dejar fuera del análisis a los sectores complementarios como son las oficinas, los vestuarios, el comedor y los baños ya que no es posible modificar su distribución actual.

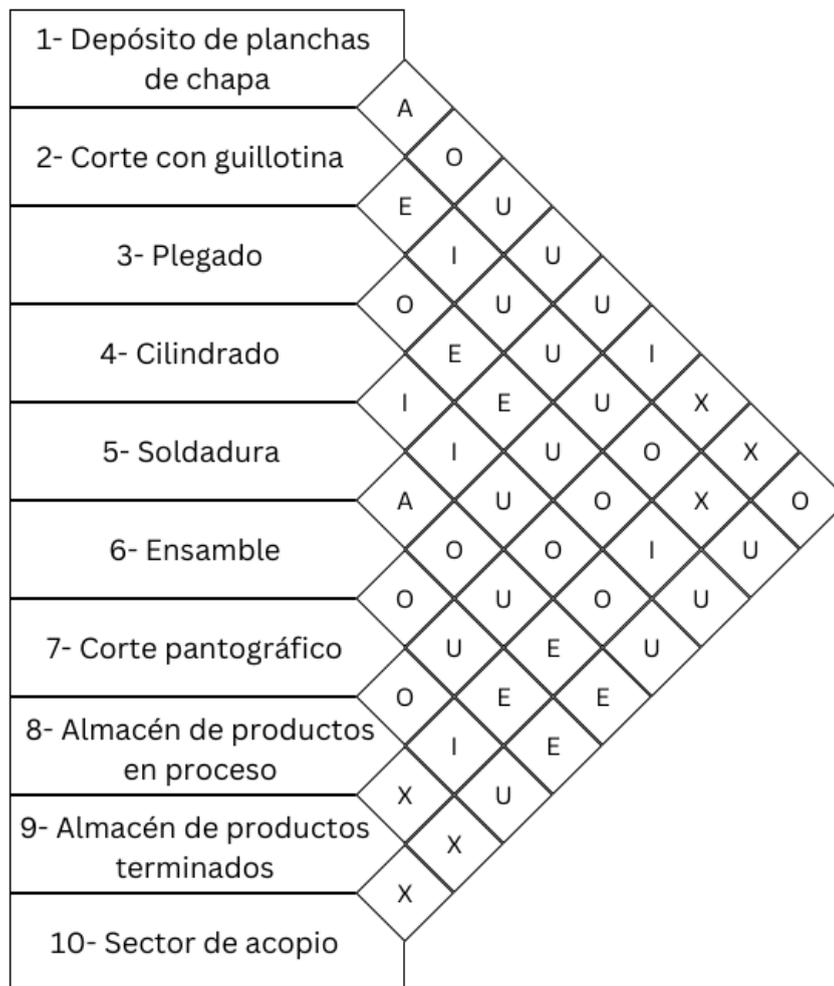


Figura 26: Diagrama de relación de actividades.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.1.2 Diagrama adimensional de bloques

Mediante esta herramienta, se busca plantear un arreglo que satisfaga los códigos de los 10 bloques que se disponen. Para ello, los códigos de relación se colocarán de la siguiente manera (figura 27):

- En la esquina superior izquierda, una actividad con código A
- En la esquina superior derecha, una actividad con código E

- En la esquina inferior izquierda, una actividad con código I
- En la esquina inferior derecha, una actividad con código O
- En el centro, debajo del número de actividad van las relaciones X
- Se omiten las relaciones de código U

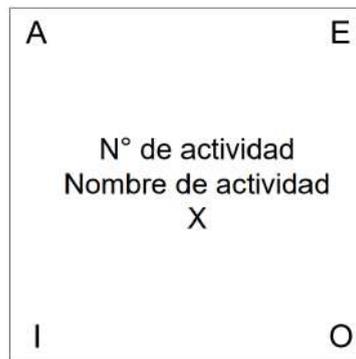


Figura 27: Ubicación de los códigos de relación.  
Fuente: Elaboración propia.

Las principales cuestiones a tener en cuenta son, que los códigos A tengan una cara de completo contacto, que los códigos E compartan por lo menos una esquina y por último, se busca evitar el contacto entre códigos X. A continuación, en la figura 28 se presenta el diagrama adimensional de bloques resultante.

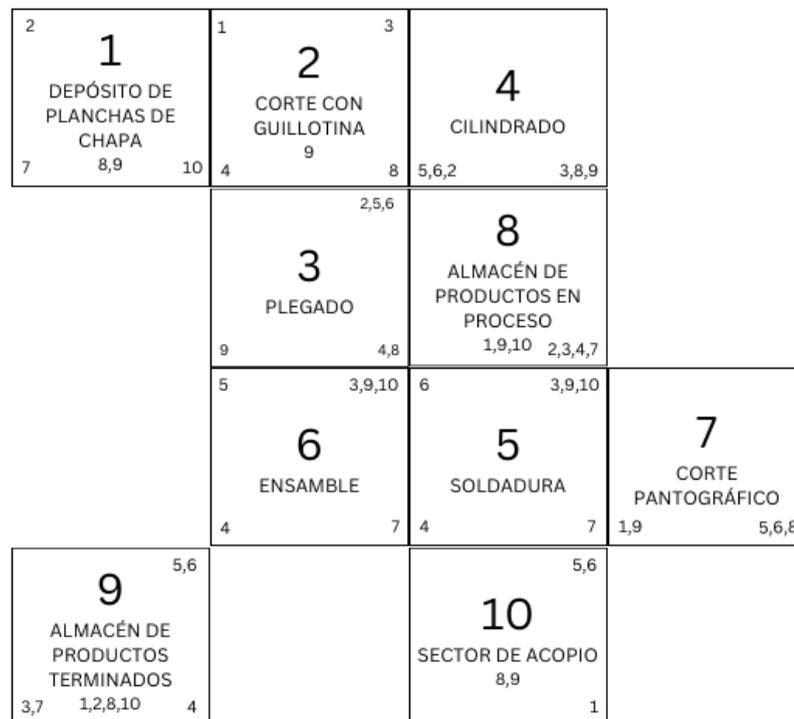


Figura 28: Diagrama adimensional de bloques.  
Fuente: Elaboración propia.

Con este arreglo se pudo llegar a cumplir con el objetivo de los códigos A y X mientras que para los códigos E se ha conseguido un 86% de esquinas de contacto.

#### **4.4.1.3 Depósito de materias primas**

En la etapa inicial, el depósito o sector de acopio se encuentra en el fondo del taller, en una zona lejana a los principales centros de trabajo, lo que dificulta el trabajo de los operarios. Además, produce que se utilice espacio de pasillos y otras zonas del taller para colocar material más cercano a centros de trabajo. Con el fin de aprovechar la altura del taller y despejar los pasillos que se encuentran obstruidos por perfiles, planchas y cortes, se propone implementar un sistema de estanterías para el guardado de materias primas en altura que se ubique en las zonas aledañas a los centros de trabajo.

La implementación de estanterías de chapa ofrece numerosos beneficios, entre ellos el ahorro significativo de espacio debido a que permiten aprovechar al máximo la altura y el ancho del sector, optimizando la capacidad de almacenamiento y reduciendo la necesidad de espacios adicionales. Esto es especialmente relevante para el estado de partida de la empresa donde no hay un método de almacenamiento óptimo.

Las estanterías ofrecen una estructura robusta y ajustable, lo que facilita la clasificación y organización eficiente de las materias primas. La accesibilidad y visibilidad de los productos también se mejoran, lo que contribuye a la eficacia en la gestión de inventario y la rapidez en la preparación de pedidos. Por último, la evidencia empírica de su éxito en otras empresas respalda la elección.

Por estas razones y luego de evaluar la propuesta con los referentes de la organización se propone implementar un sistema de estanterías para el guardado de materias primas en altura que se ubique en las zonas aledañas a los centros de trabajo

En primera instancia, se presenta en la figura 29, una estantería para el almacenaje de diversas chapas.

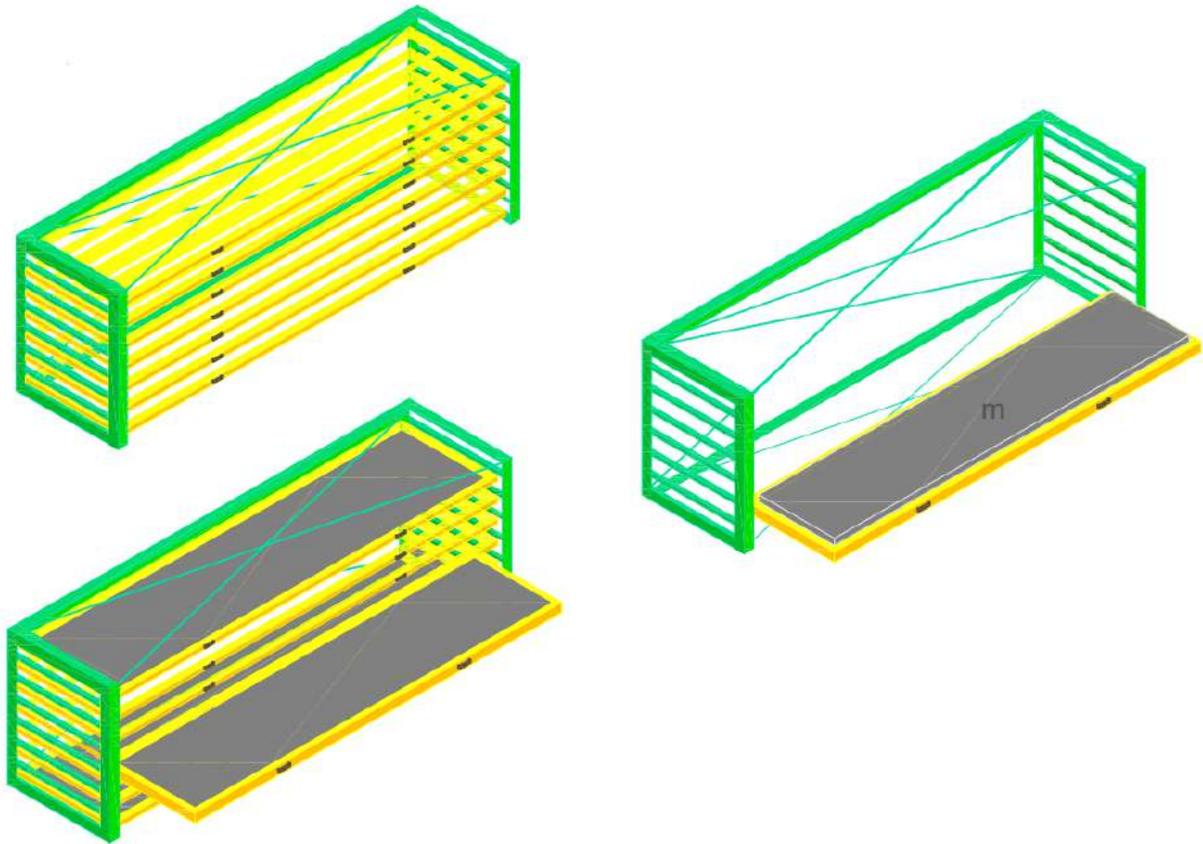


Figura 29: Estantería de almacenaje de chapas.  
Fuente: Elaboración propia.

La estantería que se propone implementar deberá ser capaz de almacenar 21.000 kg (capacidad máxima del camión para el traslado de materias primas) en planchas de chapa con distintas dimensiones que pueden llegar hasta los 6.000 mm x 1.500 mm. Por ende, se propone seleccionar una estantería de 7 cajones con una carga de 3.000 kg cada uno. Las dimensiones para la estructura se presentan en la figura 30 y queda establecido como:

- m (Carga por estante): 3.000 kg
- S (Espesor del estante): 100 mm
- A (Altura útil del estante): 182 mm
- ABL (Altura útil del estante superior): 213 mm
- HBL (Altura hasta el último estante): 1.877 mm

Por otro lado, las dimensiones generales de las estanterías son:

- LB (Ancho útil): 6.200 mm
- LD (Fondo útil): 1.550 mm
- H (Alto total): 2.170 mm
- B (Ancho total): 6.470 mm

- D (Fondo total): 1.650 mm

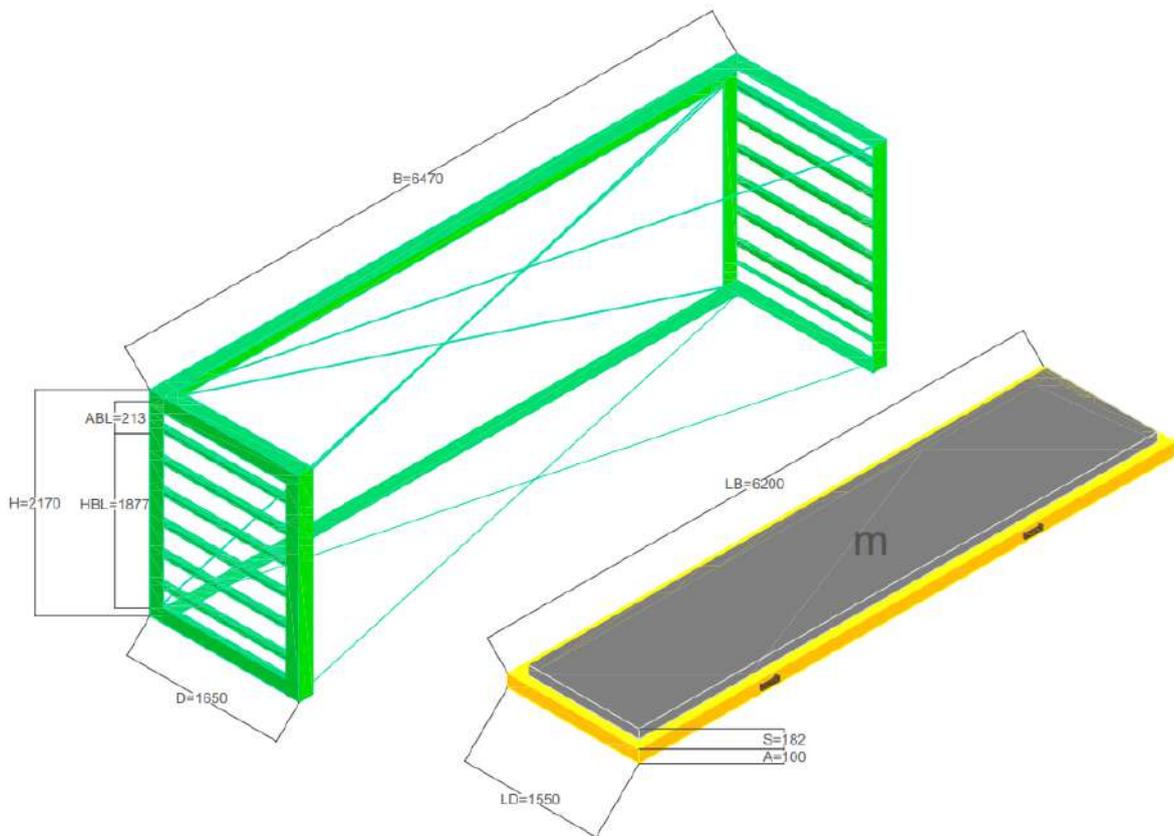


Figura 30: Propuesta de dimensionamiento para estantería y cajones.  
Fuente: Elaboración propia.

Dicho sistema de almacenamiento cabe en el lugar actual de depósito de materias primas y permitirá, como se mencionó, despejar los pasillos que en la situación de partida se encuentran cubiertos de chapas. Además, cuenta con la posibilidad de tener una organización rápida de los materiales disponibles sin la necesidad de recorrer el taller para saber de cuánto material se dispone.

Por otro lado, se propone incorporar en el depósito que se encuentra en la planta baja, debajo del comedor, jaulas metálicas con estantería. El estado inicial de la zona se puede identificar en la figura 10. El sector está totalmente desaprovechado y en él se depositan restos de material, máquinas en desuso y residuos de todo tipo. El propósito que persiguen las jaulas es el de funcionar como almacenes de productos intermedios. En ellas se depositarán materias primas destinadas a los trabajos a realizar en el corto plazo. En la figura 31 se puede observar un modelo de jaula para este propósito. Con esta implementación se busca eliminar la pérdida de piezas, la confusión entre proyectos sobre el uso de piezas y las compras de urgencia.



Figura 31: Modelo de jaula de almacén.  
Fuente: Lain Contenedores.

Las medidas que se proponen para su implementación en el taller son 3,5 m de largo, 1 m de ancho y 2,5 m de altura con una capacidad para almacenar hasta 500 kg. De esta manera, se propone incorporar en primera instancia 8 unidades, cantidad máxima que cabe en el depósito si se confeccionan con esas magnitudes. De todas maneras, la cantidad de jaulas puede variar en caso que se deseen variar las dimensiones. Además, se recomienda distinguir las jaulas según el proyecto colocando una identificación de fácil acceso en la zona cercana a las puertas rebatibles.

#### **4.4.1.4 Sistema de almacenamiento para producto terminado**

En la figura 9 se puede observar como en la estación de corte pantográfico los productos en proceso o hasta incluso productos listos para su entrega se almacenan en el piso, ocupando gran parte de la superficie y obstaculizando el pasillo de ingreso del operario a la maquinaria. Esta manera de almacenar ocurre por una falta de conciencia de las opciones disponibles, es decir que la empresa nunca consideró activamente la posibilidad de mejorar sus prácticas de almacenamiento. Al mismo tiempo, en el pasado, la metalúrgica se centró en otras áreas del negocio, como la producción o la calidad del producto, y no tuvieron la oportunidad de prestar suficiente atención a eficientizar sus prácticas de almacenamiento.

Si se desea aumentar la producción en la estación de corte pantográfico en un 100%, el problema anteriormente mencionado se vería intensificado dificultando aún más la búsqueda y alcance de los productos.

Los materiales en proceso se podrán ubicar en las mencionadas jaulas mientras que para los productos terminados se propone el traslado y almacenado a la zona de productos terminados.

Para una fácil y ágil búsqueda, se requiere de un orden y organización de los materiales. Por tales motivos es que se propone incorporar una estantería en el sector de almacenamiento de producto terminado. Ya que el sector de producto terminado se localiza en una esquina del taller, se recomienda implementar una estantería de tipo "L" con ranuras. Se trata de un sistema desmontable que hace que sea fácilmente adaptable a las necesidades de los productos, de esta manera es posible modificar la altura y longitud según sea necesario para obtener una mejor organización. Es necesario mencionar que la incorporación de estanterías se plantea para el almacenamiento de pequeñas y medianas piezas manejables por el personal, principalmente las originadas en el sector de CP. Tal como se muestra en la tabla 8, las piezas rondan los 20 kg y cuentan con un volumen pequeño en comparación a los demás productos es por esto que tienen un mayor riesgo de pérdida. En la figura 32 se muestra un modelo de la estantería, la localización y medidas propuestas se observan en la figura 33. La altura recomendada es de 2 m para que resulte de fácil acceso a los operarios y la distancia entre ranuras de 50 mm con el fin de ajustar la altura de las estanterías según se requiera.



Figura 32: Modelo de estantería para almacenamiento de producto terminado.  
Fuente: Mecalux.

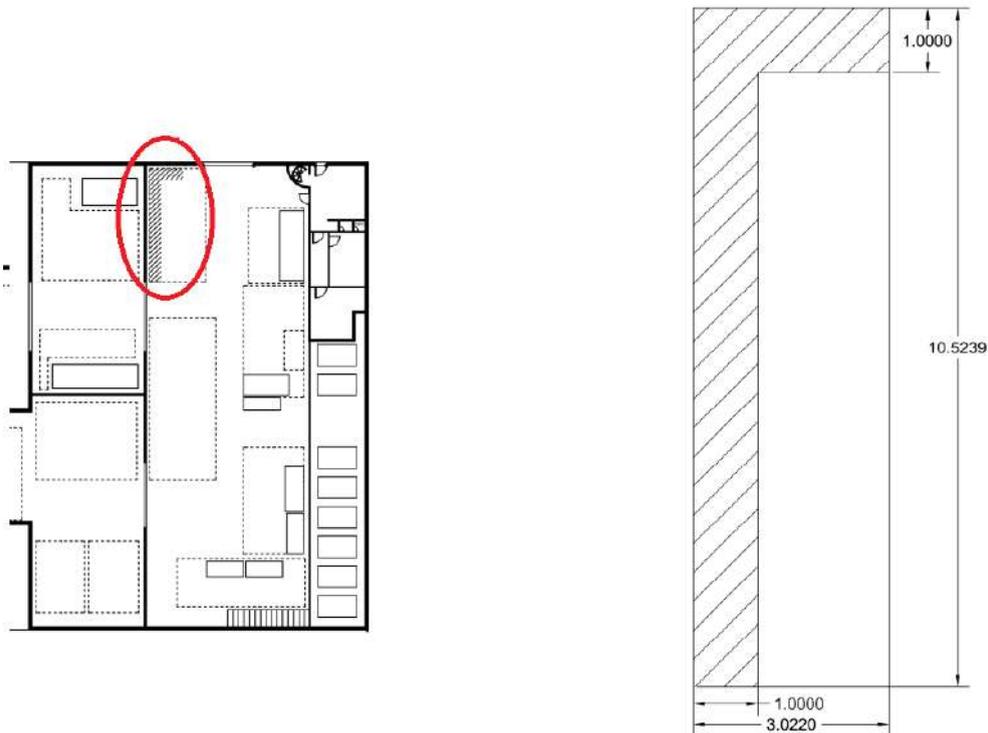


Figura 33: Localización y medidas para estantería.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.1.5 Plan maestro de la distribución

A partir del diagrama de relación de actividades y el diagrama adimensional de bloques se expone, a continuación, la nueva distribución del taller. Cabe aclarar que la forma del taller original no coincide con la ideal obtenida en el diagrama adimensional de bloques, dificultando la coincidencia en la cercanía de los sectores.

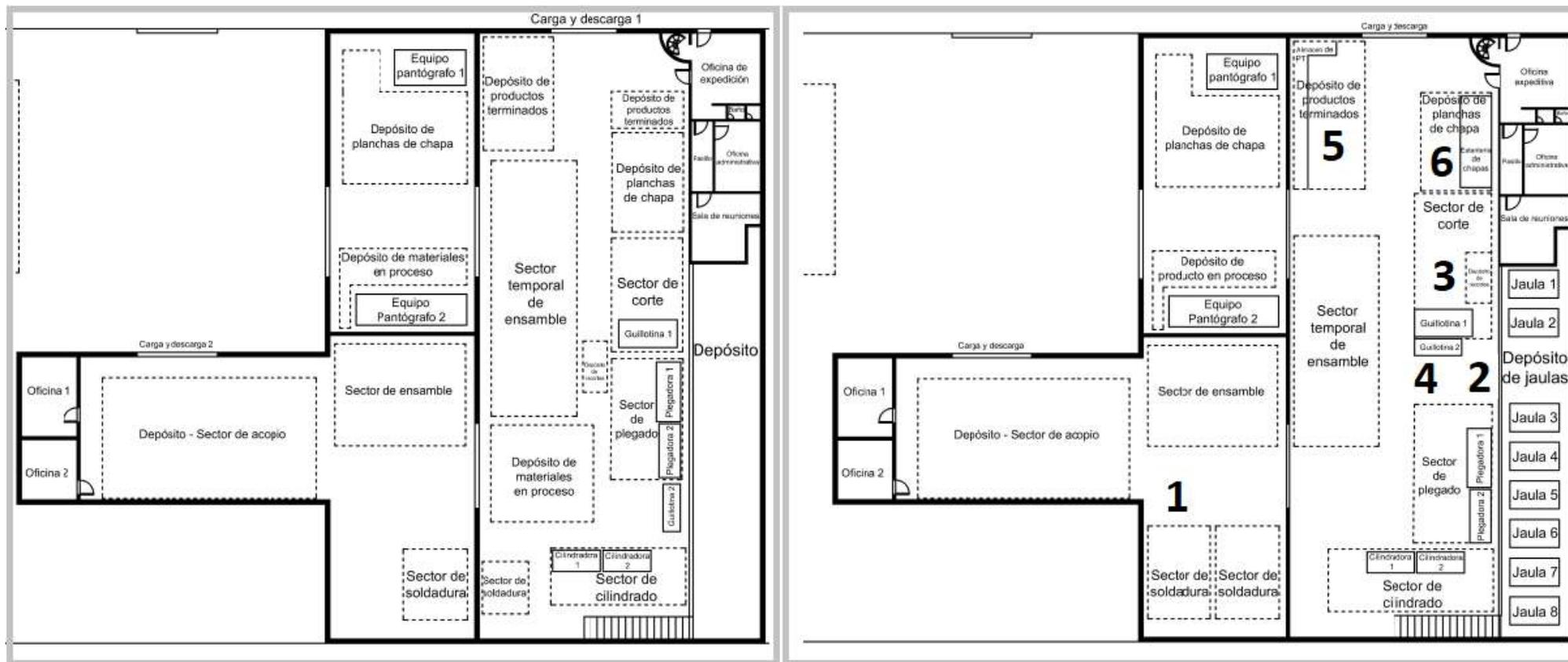
En la figura 34 se presenta la propuesta de redistribución en planta del taller, junto con una comparativa de la situación inicial. Se puede observar que los pasillos resultan ser más amplios para facilitar el flujo de los materiales y operarios. Además, se muestra una ampliación en los centros de trabajos para el almacenamiento de los productos en proceso. Con la finalidad de cumplir en la mayor medida con los resultados obtenidos del análisis previo, se plantean las siguientes modificaciones:

1. Se reubica el segundo sector de soldadura contiguo al primer sector de soldadura con el objetivo de unificar ambos en un mismo galpón.
2. En el depósito de planta baja, se representa cómo se almacenarían las jaulas cuando no se encuentren activas entre las estaciones de trabajo. De esta manera, se reemplazaría el sector de almacenamiento de producto en proceso, único para todas las estaciones que, en el estado inicial se encuentra en el centro del taller, por las jaulas mencionadas en el apartado 4.4.1.3 (depósito de materias primas). Para ello, se propone ampliar en 14 m<sup>2</sup> el área de las estaciones de corte por guillotina,

plegado, cilindrado, y soldadura y ensamble. Dicha ampliación se destinará al almacenamiento temporal de dos de las jaulas previamente mencionadas. Cabe aclarar que el sector de corte pantográfico cuenta con el espacio necesario para su almacenamiento.

3. Acercar el contenedor de recortes de chapa que, en el contexto inicial se encuentra en el pasillo principal del taller al sector de corte por guillotina. Para eso, se propone la ampliación del área de corte por guillotina para su incorporación.
4. Trasladar la guillotina 2 a un sector cercano a la estación de corte por guillotina. Colocar el equipo con la orientación adecuada de manera que sea de fácil acceso cuando se requiera.
5. Unificar el sector de almacenamiento de producto terminado cercano a la puerta de carga y descarga del taller e incorporar la estantería para producto terminado citado en el apartado 4.4.1.4 (sistema de almacenamiento para producto terminado).
6. Añadir un sistema de almacenamiento de chapas tal como se explicó en el apartado 4.4.1.3 (depósito de materias primas) en el sector del depósito de planchas.

Es oportuno mencionar que no se presenta el plano de la planta alta del establecimiento ya que no sufre modificaciones respecto al original presentado en la figura 7. La zona en cuestión se identifica como altamente estratégica y con un gran potencial para su aprovechamiento. Sin embargo, tras dialogar con los responsables de la organización, se ha constatado que al momento de la realización del proyecto no es factible llevar a cabo modificaciones al área debido a que se utiliza para el almacenamiento de una serie de elementos que deben estar dentro del taller y no se dispone de otro espacio disponible para su ubicación. Por lo tanto, debido a la falta de alternativas viables para la reubicación de los elementos, se ha determinado que, por el momento, no es posible llevar a cabo mejoras. Se continuará evaluando posibles soluciones y oportunidades en el futuro, considerando siempre la optimización de los recursos y el cumplimiento de las necesidades operativas actuales.



Situación Inicial

Situación Final

Figura 34: Propuesta de mejora para la distribución en planta.  
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 se presentan las nuevas superficies propuestas para cada área. En primera instancia, se puede notar que muchos de los sectores que corresponden a las oficinas y servicios auxiliares no presentan variaciones, esto se debe, como se mencionó anteriormente a un pedido por parte de la organización. Por su parte, algunos de los sectores del taller cuentan con un amplio cambio como son la reducción en el depósito de producto en proceso a causa de la propuesta en la implementación de las jaulas móviles y así también la del depósito general, ya que se destinará parte de ella al guardado de las jaulas. Por último, la mayoría de las estaciones de trabajo presentan un aumento en su superficie que ronda entre el 37% y 71%. Dicho aumento está destinado al guardado de las jaulas cuando así se requiera. Un detalle no menor que se debe aclarar y que no es posible visualizar en la tabla 23 resulta que, la superficie total de los sectores N°1 y N°2 no se vieron modificadas pero hubo un incremento significativo en sus superficies utilizables por la incorporación de los elementos de almacenamiento. Dichos elementos generan un crecimiento en altura para el sector y dan la posibilidad de almacenar una mayor cantidad de material. Por tal motivo en la tabla que se presenta a continuación se observa que la variación será nula en dichos sectores.

Sector N°	Nombre	Superficie actual [m <sup>2</sup> ]	Superficie propuesta [m <sup>2</sup> ]	Variación porcentual
1	Depósito de planchas de chapa	99,83	99,83	0%
2	Depósito-Sector de acopio	130	130	0%
3	Sector de corte	40	56,26*	41%
4	Sector de plegado	43	54,29	26%
5	Sector de cilindrado	38,14	52,14	37%
6	Sector de soldadura	34,72	59,4	71%
7	Ensamble	174,44	167,98	-4%
8	Pantógrafos	29,74	29,74	0%
9	Comedor	26,78	26,78	0%
10	Administración	11,65	11,65	0%
11	Oficina de expedición	20,25	20,25	0%
12	Oficina ingeniería	26,92	26,92	0%
13	Sala de reuniones	14,33	14,33	0%
14	Baños y vestuario	21,24	21,24	0%
15	Depósito de producto terminado	53,16	53,16	0%
16	Depósito de producto en proceso	75,1	24,89	-67%
17	Depósito de recortes	6,48	-	-
18	Depósito general	233,68	100,39	-57%
19	Oficinas generales	60,7	60,7	0%
20	Pasillo	381,20	402,48	6%
21	Depósito de jaulas para MP	-	108,93	-
<b>Total</b>		<b>1521,36</b>	<b>1521,36</b>	<b>0%</b>

\*Incluye 6,48 m<sup>2</sup> destinados para el depósito de recortes.

Tabla 23: Superficie propuesta por sector.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2 Sistema de planificación de la producción

Se propone implementar un sistema de planificación y control de las operaciones con el fin de asignar los recursos disponibles del taller de la mejor manera y, al mismo tiempo, reducir los tiempos de espera a los que están sometidos los productos durante el proceso de fabricación. La metodología tradicional resulta difícil de aplicar en este caso ya que se trata de una empresa en la cual el sistema de producción se realiza bajo pedido y los artículos fabricados difieren de forma considerable el uno del otro en cuanto a materiales utilizados, orden de prioridad, requisitos específicos, tiempo, y las necesidades de preparación. Se considera apropiado implementar, en primera instancia, una metodología ágil. Una metodología ágil resulta más eficiente en este tipo de empresas ya que le permitiría a la

organización tener un conocimiento global, no solo de los operarios y las estaciones de trabajo, así como también del grado de avance de los diferentes proyectos que se encuentran en desarrollo. A su vez, esta metodología constituye una solución importante para el entorno, aportando una elevada simplificación que no renuncia a las prácticas esenciales para asegurar la calidad del producto.

Cabe destacar, que la empresa nunca tuvo un sistema de planificación de la producción, es por eso que se considera que el tablero Kanban físico resulta una metodología apropiada como primer paso hacia la aplicación de un sistema de planificación y control. Esta herramienta, se ajusta a los requerimientos y capacidades de los miembros de la empresa y es una metodología sencilla, flexible e integral que aporta transparencia y orden para el día a día. Con la implementación de la metodología ágil Kanban se persigue el objetivo de mantener los procesos existentes sin modificar prácticas, roles y responsabilidades, pero definiendo los flujos de trabajo y limitando los trabajos en proceso.

La idea es integrar al operario de cada parte del proceso con el trabajador del proceso siguiente. Al mismo tiempo, se busca que cada miembro de la organización tenga una visualización integral del flujo de trabajo, logrando una mayor comprensión y comunicación de los procesos que se dan dentro del taller.

La implementación de la metodología ágil Kanban se basa en la ejecución de 4 fases:

Fase 1: Capacitar al personal sobre los principios de la metodología ágil Kanban y los beneficios de su aplicación. Esta fase representa uno de los pocos requisitos que tiene la metodología que es la formación del personal y la organización de los procesos.

Fase 2: Inicialmente, implementar la metodología en las zonas con más problemas.

Fase 3: Extender la metodología al resto de la organización. En esta etapa, es importante la colaboración de todos los miembros con el sistema (tablero y tarjetas), ya que este debe ser construido y mejorado constantemente.

Fase 4: Fase de revisión, al tratarse de una gestión ágil las iteraciones constantes a la metodología son fundamentales, las iteraciones deben ser estudiadas y juzgadas para detectar deficiencias y lograr la mejora gradual del sistema.

Como primer paso, se propone el desarrollo de un manual de procedimientos donde se fundamenta la propuesta de implementación de esta metodología. Con el manual se busca darle una base a la fase 1. A continuación en las figuras 35 y 36 se presenta el procedimiento mencionado:

METALÚRGICA	<b>Manual de Procedimiento</b> <i>Implementación de sistema Kanban</i>	FECHA	1/12/2022		
		CÓDIGO			
		PÁGINA	1	DE	2

<p>1. OBJETIVO</p> <p>Definir herramientas, ubicación, criterios y responsabilidades para la implementación de un sistema Kanban para la organización con la finalidad de lograr una mayor coordinación y control de los proyectos en cada estación de trabajo.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>Este procedimiento abarca la utilización de las tarjetas Kanban en cada estación de trabajo dentro del taller, desde que la orden de trabajo se emite hasta que se finaliza el proyecto.</p> <p>3. HERRAMIENTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablero Kanban</li> <li>• Tarjetas Kanban</li> </ul> <p>4. UBICACIÓN DEL TABLERO KANBAN</p> <p>El tablero se ubicará a la derecha de la puerta de carga y descarga, contiguo a la entrada de los colaboradores.</p> <p>Con esta ubicación se pretende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil acceso y visualización al tablero para todos los miembros de la organización, para asegurar su correcto seguimiento y actualización.</li> <li>• Ubicación cercana al pasillo que conduce a los servicios auxiliares del personal para garantizar el punto anterior.</li> </ul> <p>5. EJECUCIÓN</p> <p>Se detalla el proceso para la implementación de la estrategia Kanban:</p> <p>5.1 Una vez que la orden de trabajo es emitida por las oficinas, su correspondiente tarjeta se coloca en el tablero Kanban, la ubicación de la tarjeta depende del nivel de prioridad que tenga el trabajo.</p> <p>5.2 Los miembros de cada estación de trabajo deben tomar las tarjetas de la columna de prioridad, en el caso que no hubiera tarjeta en esta columna, deben tomar las correspondientes en la columna de pedidos en cola.</p> <p>5.3 Los operarios de la estación de trabajo toman una copia de la tarjeta que llevan a su estación junto con el proyecto mientras que la tarjeta original se ubica en la zona de desarrollo en su número de estación.</p>
--

Figura 35: Procedimiento Kanban (página 1 de 2).  
Fuente: Elaboración propia.

Elaboró:		Autorizó:		Firmó:	
METALÚRGICA	<b>Manual de Procedimiento</b> <i>Implementación de sistema Kanban</i>	FECHA		1/12/2022	
		PÁGINA	2	DE	2

Una vez terminado el trabajo la tarjeta Kanban vuelve a la columna de pedidos en cola o prioridad dependiendo de su urgencia.

5.4 El proceso anterior se repite para cada estación involucrada en la orden de trabajo.

5.5 Cuando la tarjeta original recorre todas las estaciones que le corresponde, se coloca en la columna de almacenamiento mientras que la copia se dirige al sector de almacenamiento de producto terminado con el proyecto correspondiente.

5.6 Una vez que el producto terminado es retirado o trasladado al destino final del cliente, la tarjeta Kanban del tablero se desecha, mientras que la del proyecto se archiva con el fin de tener un registro del producto final.

#### 6. RESPONSABLES

- La oficina comercial y la oficina de ingeniería son los responsables de emitir las órdenes de trabajo, por lo tanto deben, al mismo tiempo emitir las tarjetas Kanban y colocarlas en la zona adecuada del tablero según su nivel de prioridad
- Los miembros de cada estación de trabajo son los responsables de mantener el tablero organizado donde se refleje la ubicación exacta de cada proyecto así como la información correcta en cada tarjeta. Al mismo tiempo cada proyecto debe estar acompañado de su respectiva tarjeta.

#### 7. ESTRATEGIA DE CONTROL

Reuniones y revisiones periódicas para evaluar el estado del tablero y discutir mejoras y ajustes. Deben participar los miembros del equipo implicados en el uso de la metodología así como algún miembro de la dirección.

Figura 36: Procedimiento Kanban (página 2 de 2).  
Fuente: Elaboración propia.

El tablero Kanban representa el estado de trabajo mediante columnas con las fases de trabajo (por hacer, en desarrollo y finalizado para su almacenamiento). El lugar designado para el tablero es a la derecha de la puerta de carga y descarga, contiguo a la entrada de los colaboradores, tal como se muestra en rojo en la figura 37. La elección tiene en cuenta aspectos como la visibilidad y la accesibilidad para todos los operarios al iniciar su jornada. Se considera un lugar estratégico puesto que, asegura que los miembros del equipo tengan la oportunidad de obtener rápidamente la información necesaria para organizar y planificar sus tareas de manera eficiente. Además, al colocar el tablero Kanban en un lugar prominente y de fácil acceso, fomenta la conciencia y la participación de los operarios en la gestión del flujo de trabajo y en la identificación de posibles mejoras.

Cada columna va a estar constituida por distintas tarjetas las cuales corresponden a un elemento de trabajo y contienen la información significativa de ellos, esta información sirve como canal de comunicación entre los distintos centros de trabajo. La información que contienen cada una es: código de trabajo, descripción y cantidad del producto a realizar, centros de trabajo implicados, duración del proyecto, fecha de entrega y cliente. En las figuras 38 y 39 se presentan las dos herramientas que se utilizan, las tarjetas Kanban y el tablero Kanban respectivamente. Cabe aclarar que ambas propuestas cuentan con la posibilidad de introducir cambios en caso que se presenten disconformidades a la hora de implementar el sistema.

Estas dos herramientas funcionan en simultáneo, una vez que la oficina comercial o la oficina de ingeniería generan las órdenes de trabajo, las tarjetas Kanban inician su recorrido por el tablero de izquierda a derecha. Las órdenes de trabajo se separan, en un inicio, según su nivel de urgencia. Si el trabajo debe ser terminado en un lapso corto de tiempo durante el jornal, se coloca en la fila de prioridad, en caso contrario, se coloca en la fila de pedidos en cola y su orden depende de cuan alto se encuentre en el tablero. Además, la columna de desarrollo está dividida por los centros de trabajo. En la tabla 24 se detalla la numeración para cada centro de trabajo con su correspondiente actividad. Por último, cuando el trabajo se termina de procesar, la tarjeta del tablero se dirige junto con el producto al almacén de productos terminados. Una vez que el producto es despachado o trasladado a su destino final, la tarjeta se archiva con el fin de tener un registro de que el producto se concretó.

Con respecto a las estrategias de control para la implementación del tablero, se plantea establecer reuniones y revisiones periódicas para evaluar el estado del tablero Kanban y discutir posibles mejoras o ajustes. Estas reuniones permitirán a los miembros del equipo compartir información, identificar problemas y tomar decisiones para optimizar el flujo

de trabajo. Se recomienda que formen parte de los encuentros todas las personas implicadas en el uso de la metodología y algún miembro de la dirección de la empresa con el fin de obtener una mirada global del proceso.

Es necesario, en base a las reuniones, mejorar continuamente la metodología utilizando la retroalimentación y los datos recopilados del tablero. Además de aplicar cambios y ajustes en función de los patrones y las tendencias observadas.

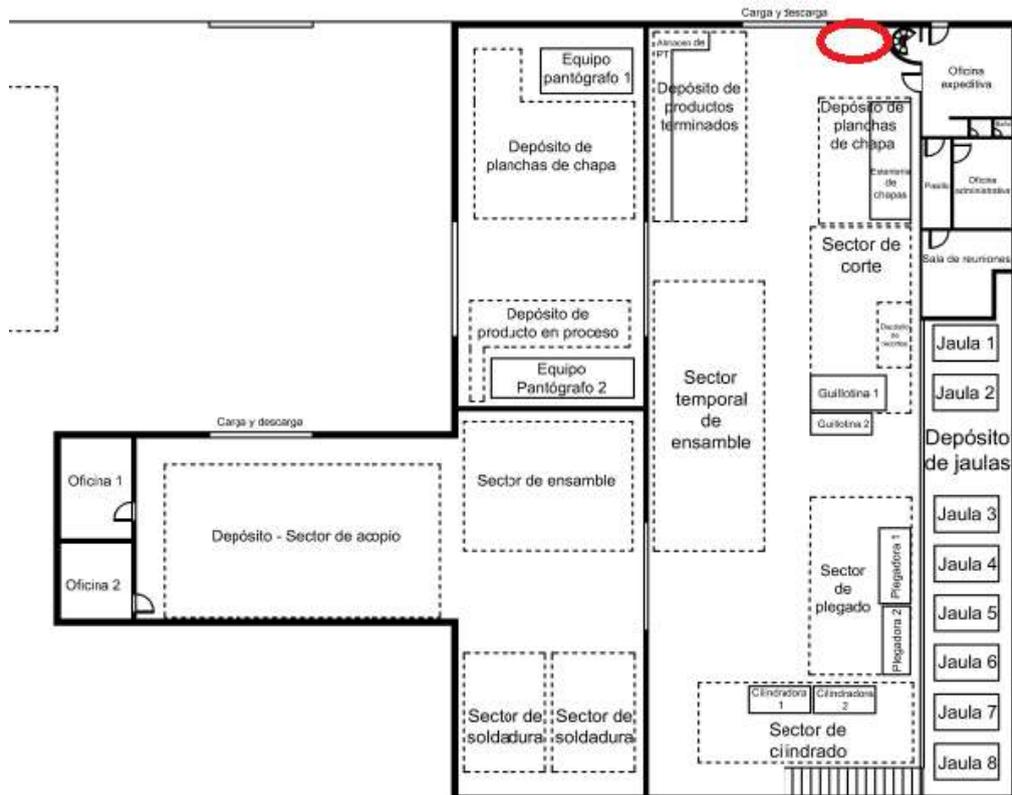


Figura 37: Ubicación del tablero Kanban.  
Fuente: Elaboración propia.

Tarjeta Kanban							
Descripción del producto				Número de orden			
Mesada para cocina industrial				OT1234			
Cantidad	2	Fecha de entrega	1/1/2023	C.T. presentes	1	2	6
Cliente	Empresa XYZ	Tiempo de fabricación	3 semanas	Finalizado			
				Fecha y hora			

Figura 38: Modelo de tarjeta Kanban.  
Fuente: Elaboración propia.

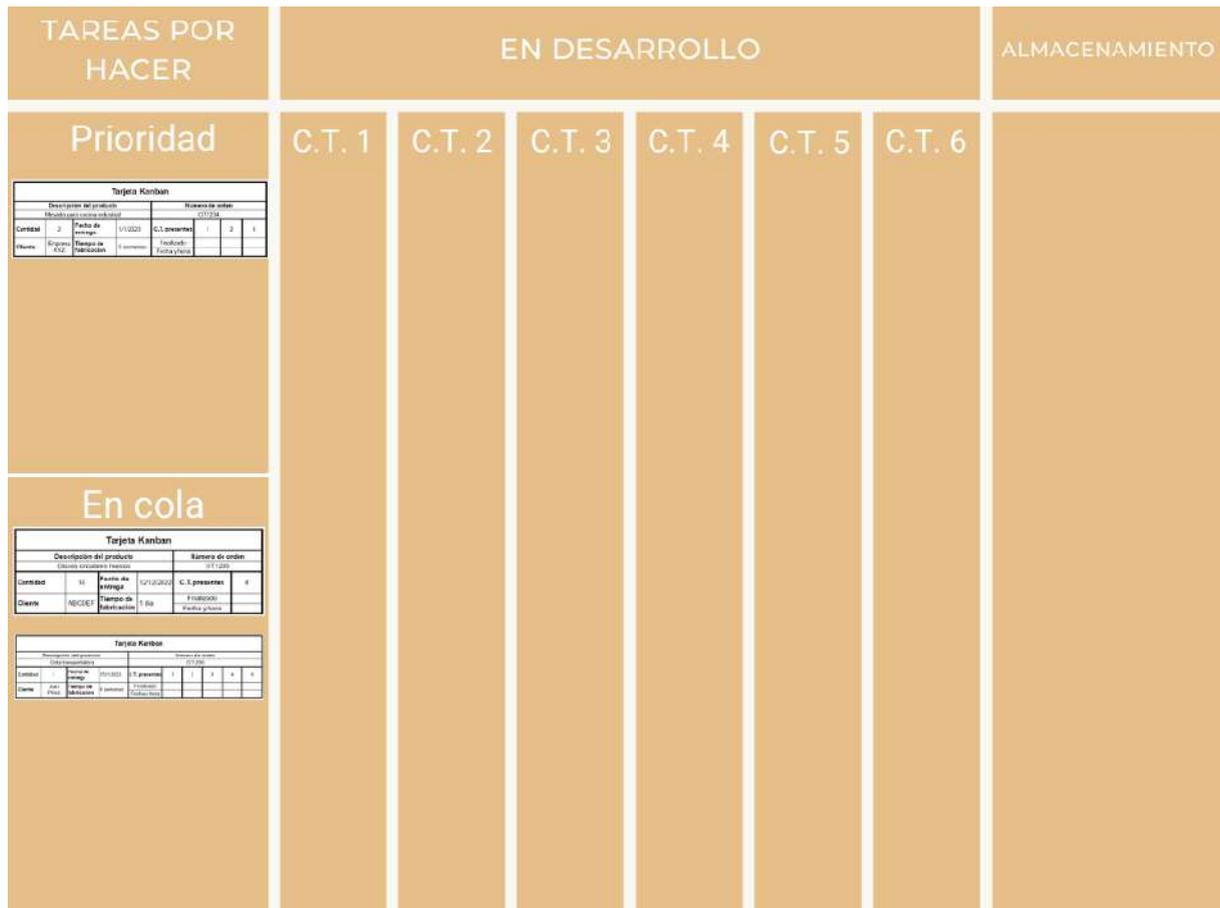


Figura 39: Tablero Kanban.  
Fuente: Elaboración propia.

Centro de trabajo	Actividad
Centro de trabajo 1	Corte
Centro de trabajo 2	Plegado
Centro de trabajo 3	Curvado
Centro de trabajo 4	Corte pantográfico (láser)
Centro de trabajo 5	Corte pantográfico (plasma)
Centro de trabajo 6	Soldadura-Ensamble

Tabla 24: Estaciones de trabajo y actividad.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 Análisis de resultados

Para evaluar la distribución en planta propuesta se han seleccionado cuatro indicadores:

- Distancias recorridas
- Flujos cruzados

- c) Utilización del espacio de máquinas
- d) Porcentaje de espacio de pasillos

Con el objetivo de evaluar la propuesta, se presentan los nuevos cursogramas analíticos con sus correspondientes diagramas de recorrido (figuras 40 a 54). En cada cursograma se observa una comparación entre la situación actual y la propuesta.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo			
Diagrama núm: 9 Hoja núm 1 de 1		Resumen			
Objeto: 10 discos circulares huecos (espesor: 4,75 mm; diámetro 1: 100 mm; diámetro 2: 200 mm)		Actividad	Actual	Propuesta	Economía
Actividad: Corte pantográfico		Operación ○	2	2	0
Método: Actual/Propuesto		Inspección □	0	0	0
Lugar: Taller		Espera ▤	2	2	0
Operario (s): Operario 9 y Operario 10	Ficha núm:	Transporte ⇨	2	2	0
Compuesto por:	Fecha:	Almacenamiento ▽	2	2	0
Aprobado por:	Fecha:	Distancia (m)	22	15,9	6,1
		Tiempo (min)	37,86	37,76	0,1
		Costo			
		- Mano de obra			
		- Material			
		Total			
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo	Observaciones
Almacenado en depósito de materiales en proceso del sector pantográfico				○ □ ▤ ⇨ ▽	
Transportado a pantógrafo		0,062	3,8		Operario
Espera de carga de coordenadas de corte al software		5			
Cortado pantográfico	10	7,5			
Transportado a depósito de productos terminados		0,198	12,1		Operario
Almacenado en depósito de productos terminados					
Espera a despacho		25			
Despachado					
<b>Total</b>		<b>37,76</b>	<b>15,9</b>		

Figura 40: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CP).  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 41: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CP).  
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora al sistema productivo de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo									
Diagrama núm: 10 Hoja núm 1 de 1		Resumen									
Objeto: Chapa de 4,75 mm de espesor (1.500 mm x 6.000 mm)		Actividad	Actual	Propuesta	Economía						
Actividad: 5 Cortes con 3 plegados c/u		Operación	6	6	0	○					
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0	0	0	□					
Lugar: Taller		Espera	2	2	0	◇					
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 3 y Operario 4		Transporte	6	5	1	⇒					
Fecha: Aprobado por: Fecha:		Almacenamiento	2	2	0	▽					
		Distancia (m)	63,75	46,54	17,21						
		Tiempo (min)	239,95	236,01	3,94						
		Costo									
		- Mano de obra									
		- Material									
		Total									
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo			Observaciones				
Almacenado en depósito de planchas de chapa				○	□	◇	⇒	▽			
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95							Puente de grúa	
Colocado de coordenadas para el corte		5,15									
Deslizado hasta guillotina											
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte											
Cortado con guillotina	5										Dimensiones (1500 mm x 500 mm)
Transportado a estación de plegado		0,12	7,27								Operario
Espera de operario de plegado		180									
Colocado en mesa de trabajo		21,9									
Trazado de doblez											
Plegado	15										
Transportado a depósito de productos terminados	5	0,52	31,32								Operario
Almacenado en depósito de productos terminados											
Espera a despacho		25									
Despachado											
Total			236,01	46,54							

Figura 42: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CG-P).  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 43: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P).  
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm: 11 Hoja núm 1 de 1		Resumen							
Objeto: Chapa de 4,75 mm de espesor (1.500 mm x 6.000 mm)		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Actividad: 1 Corte y 1 cilindrado		Operación	4	4	0				
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0	0	0				
Lugar: Taller		Espera	2	2	0				
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 5 y Operario 6	Ficha núm:	Transporte	6	5	1				
Compuesto por:	Fecha:	Almacenamiento	2	2	0				
Aprobado por:	Fecha:	Distancia (m)	70,56	66,87	3,69				
		Tiempo (min)	1451,33	1451,22	0,11				
		Costo							
		- Mano de obra							
		- Material							
		Total							
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo			Observaciones		
				○	□	D	⇨	▽	
Almacenado en depósito de planchas de chapa									
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95						Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte				●					
Deslizado hasta guillotina									
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte		1,5							
Cortado con guillotina	1			●					Dimensiones (1500 mm x 1500 mm)
Transportado a estación de cilindrado		6,6	18,6						Puente de grúa
Espera de operario de cilindrado		960							
Cilindrado de chapa según el diametro requerido		450		●					Diametro de 1500 mm
Transportado a depósito de productos terminados		4,8	40,32						Puente de grúa
Almacenado en depósito de productos terminados									
Espera a despacho									
Despachado		25		●					
<b>Total</b>		<b>1451,2</b>	<b>66,87</b>						

Figura 44: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CG-Ci).  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 45: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-Ci).  
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora al sistema productivo de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo				
Diagrama núm: 12 Hoja núm 1 de 1		Resumen				
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía	
Actividad: Corte, plegado, soldado y ensamble sencillo para mesada		Operación	8	8	0	
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0	0	0	
Lugar: Taller		Espera	3	3	0	
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 3, Operario 4, Operario 7		Transporte	8	6	2	
Fecha:		Almacenamiento	2	2	0	
Fecha:		Distancia (m)	89,19	61,74	27,45	
Compuesto por:		Tiempo (min)	440,58	434,76	5,82	
Aprobado por:		Costo				
		- Mano de obra				
		- Material				
		Total				
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo		Observaciones
Almacenado en depósito de planchas de chapa				○		
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95		□	Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte		3			□	
Deslizado hasta guillotina					□	
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte					□	
Cortado con guillotina	2				□	Dimensiones (4000 mm x 1000 mm)
Transportado a estación de plegado		2,89	7,27		□	Puente de grúa
Espera de operario de plegado		180			□	
Colocado en mesa de trabajo		11			□	
Trazado de dobléz					□	
Plegado	5				□	
Transportado a estación de soldado		5,93	15,2		□	Puente de grúa
Espera de operario de soldado		150			□	
Soldado		50			□	
Ensamblado					□	
Transportado a depósito de productos terminados		3,62	31,32		□	Puente de grúa
Almacenado en depósito de productos terminados					□	
Espera a despacho		25			□	
Despachado					□	
Total		434,76	61,74			

Figura 46: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CG-P-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

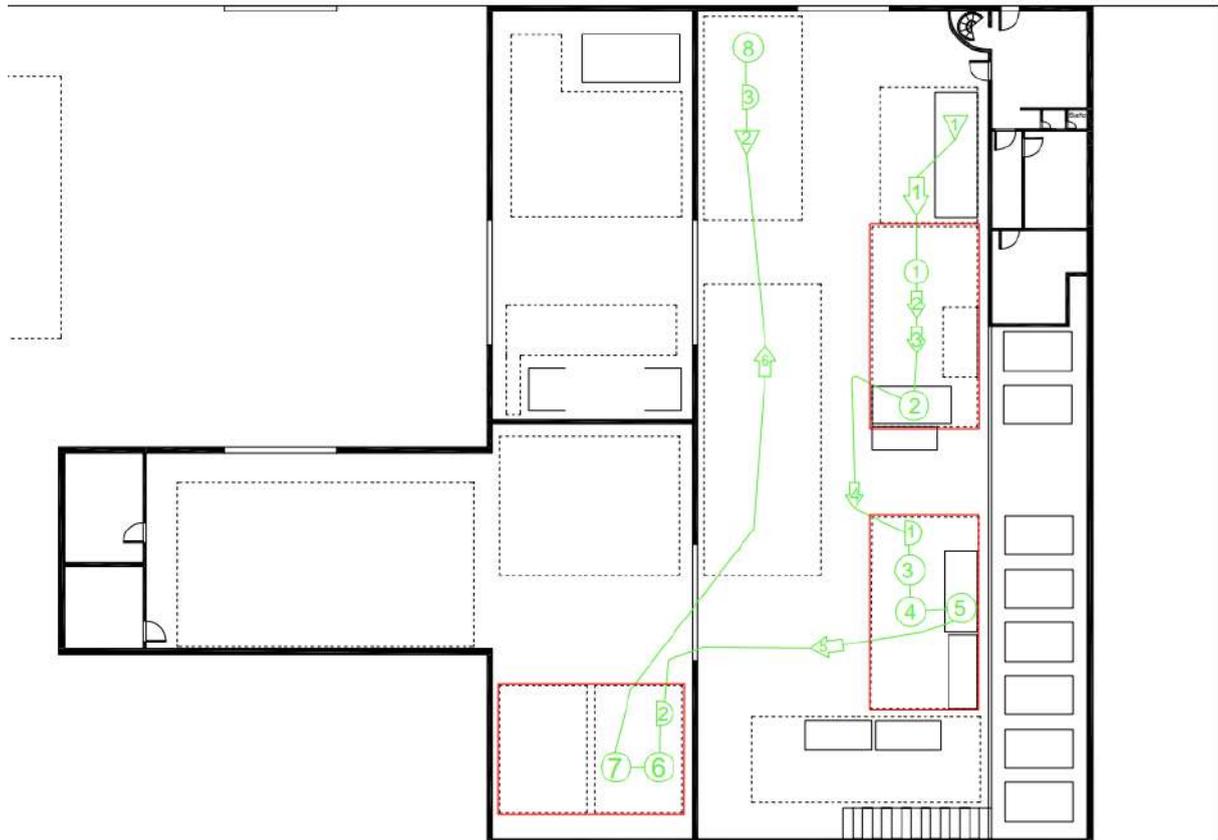


Figura 47: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P-SE).

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora al sistema productivo de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo								
Diagrama núm: 13 Hoja núm 1 de 1		Resumen								
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía					
Actividad: Corte, cilindrado, soldado y ensamble medio para tolva		Operación	6	6	0					
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0	0	0					
Lugar: Taller		Espera	3	3	0					
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 5, Operario 6 y Operario 7		Transporte	8	6	2					
Fecha:		Almacenamiento	2	2	0					
Fecha:		Distancia (m)	90,79	71,7	19,09					
Compuesto por:		Tiempo (min)	2219,14	2217,7	1,44					
Aprobado por:		Costo								
		- Mano de obra								
		- Material								
		Total								
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
				○	□	D	⇄	▽		
Almacenado en depósito de planchas de chapa										
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95							Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte		7,5								
Deslizado hasta guillotina										
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte										
Cortado con guillotina	5									
Transportado a estación de cilindrado		6,6	18,6							Puente de grúa
Espera de operario de cilindrado		960								
Cilindrado de chapa según el diametro requerido	2	700								
Transportado a estación de soldado		7,4	20,2							Puente de grúa
Espera de operario de soldado		150								
Soldado		355								
Ensamblado										
Transportado a depósito de productos terminados		2,88	24,95							Puente de grúa
Almacenado en depósito de productos terminados										
Espera a despacho		25								
Despacho										
Total		2217,7	71,7							

Figura 48: Propuesta para el cursograma analítico subgrupo P(CG-Ci-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

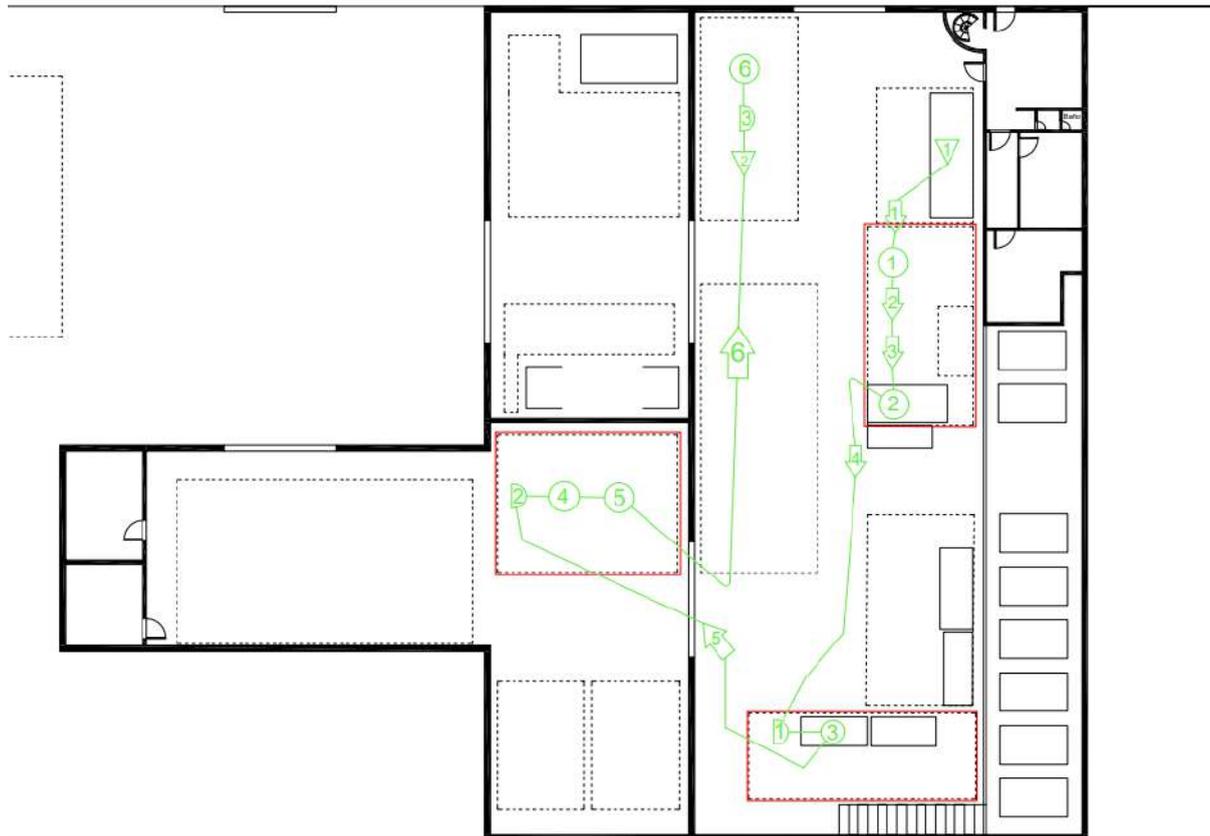


Figura 49: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-Ci-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo			
Diagrama núm: 15 Hoja núm 1 de 4		Resumen			
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía
Actividad: Corte pantográfico		Operación	1	1	0
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0	0	0
Lugar: Taller		Espera	1	1	0
Operario (s): Operario 9 y Operario 10		Transporte	2	2	0
Fecha: Ficha núm:		Almacenamiento	2	2	0
Aprobado por: Fecha:		Distancia (m)	40,72	25,7	15,02
		Tiempo (min)	13,166	12,921	0,245
		Costo			
		- Mano de obra			
		- Material			
		Total			
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo	Observaciones
Almacenado en depósito de materiales en proceso del sector pantográfico				○ □ ▢ ▹ ▽	
Transportado a pantógrafo		0,062	3,8		Operario
Espera de carga de coordenadas de corte al software		5			
Cortado pantográfico	10	7,5			
Transportado a estación de ensamble		0,359	21,9		Operario
Almacenado en estación de ensamble					
<b>Total</b>		<b>12,921</b>	<b>25,7</b>		

Figura 50: Propuesta para el cursograma analítico 1 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo								
Diagrama núm: 16 Hoja núm 2 de 4		Resumen								
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía					
Actividad: Corte y plegado		Operación	5	5	0					
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0	0	0					
Lugar: Taller		Espera	1	1	0					
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 3 y Operario 4		Transporte	6	5	1					
Ficha núm:		Almacenamiento	2	2	0					
Compuesto por:		Distancia (m)	40,95	27,16	13,79					
Aprobado por:		Fecha:								
Fecha:		Tiempo (min)	207,65	203,71	3,94					
Costo		- Mano de obra								
- Material										
Total										
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
				○	□	◇	⇨	▽		
Almacenado en depósito de planchas de chapa										
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95							Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte		3								
Deslizado hasta guillotina										
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte										
Cortado con guillotina	2									
Transportado a estación de plegado		1,64	7,27							Puente de grúa
Espera de operario de plegado		180								
Colocado en mesa de trabajo		11								
Trazado de dobléz										
Plegado	5									
Transportado a estación de ensamble		4,75	11,94							Puente de grúa
Almacenado en estación de ensamble										
Total			203,71	27,16						

Figura 51: Propuesta para el cursograma analítico 2 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo								
Diagrama núm: 17 Hoja núm 3 de 4		Resumen								
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía					
Actividad: Corte y cilindrado		Operación ○	3	3	0					
Método: Actual/Propuesto		Inspección □	0	0	0					
Lugar: Taller		Espera D	1	1	0					
Operario (s): Operario 1, Operario 2, Operario 5 y Operario 6		Transporte ⇨	6	5	1					
Fecha:		Almacenamiento ▼	2	2	0					
Fecha:		Distancia (m)	42,55	39,08	3,47					
Compuesto por:		Tiempo (min)	1681,21	1682,02	-0,81					
Aprobado por:		Costo								
Fecha:		- Mano de obra								
Fecha:		- Material								
		Total								
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
				○	□	D	⇨	▼		
Almacenado en depósito de planchas de chapa										
Transportado a mesa de estación de corte por guillotina		3,32	7,95							Puente de grúa
Colocado de coordenadas para el corte										
Deslizado hasta guillotina										
Posicionamiento en zona de corte según coordenadas de corte		7,5								
Cortado con guillotina	5									
Transportado a estación de cilindrado		6,6	18,6							Puente de grúa
Espera de operario de cilindrado		960								
Cilindrado de chapa según el diametro requerido	2	700								
Transportado a estación de ensamble		4,6	12,53							Puente de grúa
Almacenado en estación de ensamble										
Total		1682	39,08							

Figura 52: Propuesta para el cursograma analítico 3 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo				
Diagrama núm: 18 Hoja núm 4 de 4		Resumen				
Objeto: Chapa		Actividad	Actual	Propuesta	Economía	
Actividad: Soldado, ensamble, despacho final		Operación	3	3	0	
Método: Actual/Propuesto		Inspección	0	0	0	
Lugar: Taller		Espera	3	3	0	
Operario (s): Operario 7 y Operario 8		Transporte	2	1	1	
Compuesto por: Fecha:		Almacenamiento	1	1	0	
Aprobado por: Fecha:		Distancia (m)	48,24	15,5	32,74	
		Tiempo (min-hombre)	157,93	151,8	6,13	
		Costo				
		- Mano de obra				
		- Material				
		Total				
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo		Observaciones
Espera de operario de soldado		150		○	□	
Soldado				▷	▽	
Espera de piezas para ensamble						
Ensamblado						
Transportado a depósito de productos terminados		1,8	15,5			Por puente de grúa
Almacenado en depósito de productos terminados						
Espera a despacho						
Despacho						
Total		151,8	15,5			

Figura 53: Propuesta para el cursograma analítico 4 de 4 para subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

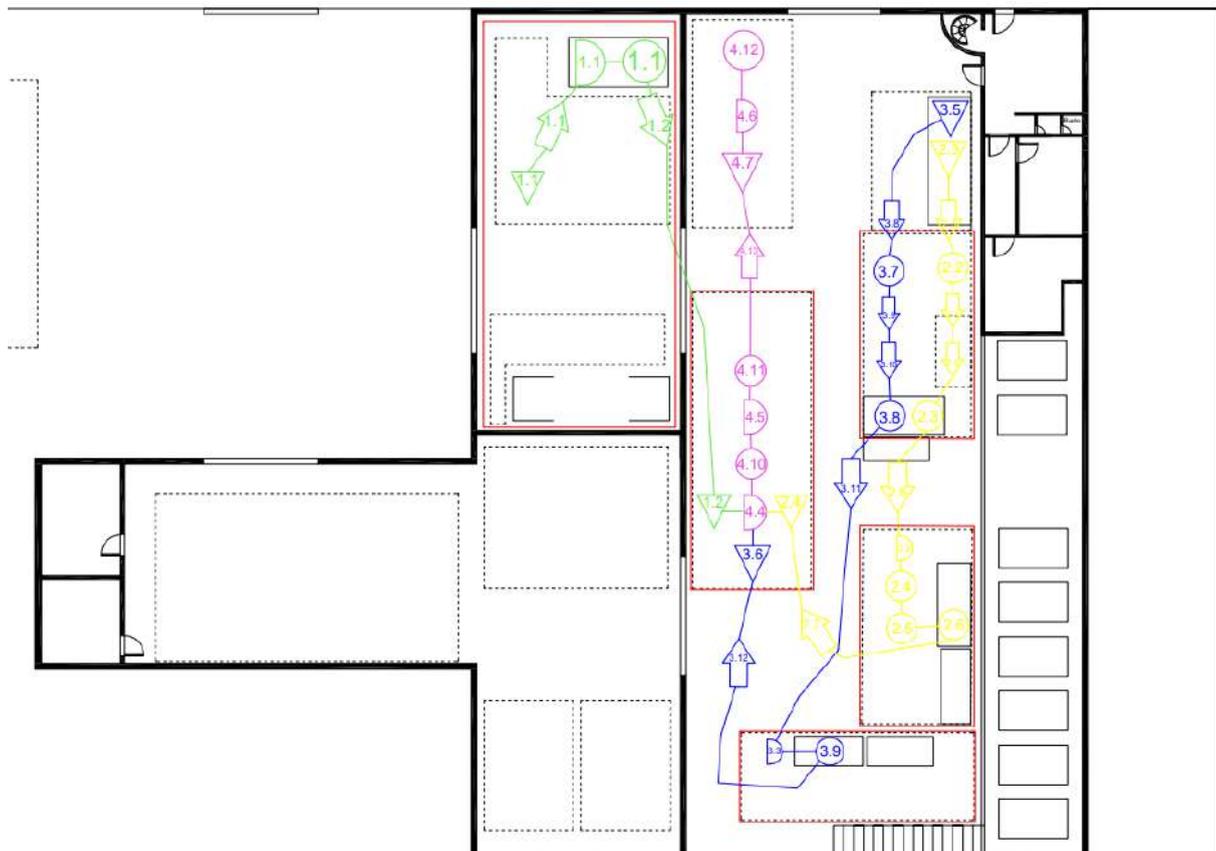


Figura 54: Propuesta para el diagrama de recorrido subgrupo P(CG-P-Ci-CP-SE).  
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los indicadores seleccionados para el análisis de las mejoras y luego de la realización de los nuevos diagramas se puede decir que, en primer lugar, las distancias recorridas se redujeron en cada subgrupo de trabajo. A continuación, en la tabla 25 se presenta un resumen de la variación de distancias en metros y los porcentajes de reducción de las distancias recorridas para cada subgrupo de productos:

Subgrupo	Distancia actual [m]	Distancia propuesta [m]	% de reducción de distancia recorrida
P(CP)	22	15.9	27.7%
P(CG-P)	63.75	46.54	27%
P(CG-Ci)	70.56	66.87	5,3%
P(CG-P-SE)	89.19	61.74	30,8%
P(CG-Ci-SE)	90.79	71.7	21%
P(CG-P-Ci-CP-SE)	172.46	107.44	37,7%

Tabla 25: Reducción de distancias recorridas.

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, y tal como se observa en los diagramas de recorrido se redujeron los flujos cruzados presentes en los procesos, en el periodo inicial se registraron 7 flujos cruzados donde 6 de los señalados son eliminados luego de aplicar la mejora.

Con respecto al espacio destinado a la maquinaria no se ve afectado con la nueva distribución. Este permanece constante en 64,8 m<sup>2</sup>, lo que representa un 4,3% del espacio total cubierto del establecimiento.

Finalmente, el espacio de pasillos se vio aumentado en 21,3 m<sup>2</sup> pasando de 381,2 m<sup>2</sup> a 402,5 m<sup>2</sup>, es decir, se amplió en un 6%. De esta manera, el porcentaje de espacio de pasillos pasó de significar un 25% de la superficie total del taller a 26,5%. Esta ampliación se puede ver reflejada en el sector de recortes que al ser trasladada al sector de corte por guillotina, libera y unifica el pasillo principal del taller. Además, se agrega un pasillo de acceso al depósito de jaulas dispuesto en la planta baja de la empresa.

## V. CONCLUSIÓN

A partir de las múltiples visitas realizadas en el año 2022 a una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata, se llevó a cabo un relevamiento del proceso productivo y el dimensionamiento de la distribución en planta para la detección de fallas y oportunidades de mejora en los distintos aspectos. Con los datos recolectados en las diferentes visitas y las entrevistas realizadas al personal, se realizó una descripción detallada de la situación actual y se estableció la capacidad productiva de la empresa. Entre las ineficiencias de mayor relevancia que se detectaron se puede mencionar la desorganización general del taller, los flujos cruzados, los grandes tiempos de espera de los materiales en proceso entre estaciones de trabajo y fallas generales en el sistema de planificación y control de la producción.

En lo que respecta a la desorganización general del taller y los flujos cruzados se utilizó la metodología *Systematic Layout Planning* expuesta por Muther (1981) para obtener una nueva distribución en planta. Con la distribución obtenida se midieron las mejoras a partir de los indicadores que mencionan Meyers y Stephens (2006) donde se logró eliminar 6 de los 7 flujos cruzados detectados en el proceso productivo actual y reducir las distancias recorridas en un 25% en promedio entre todos los productos.

Por otro lado, se desarrolló la metodología ágil del Kanban como implementación de un nuevo sistema de planificación y control de la producción con el fin de mejorar las restantes fallas detectadas previamente. En el manual de procedimiento para la incorporación del tablero Kanban en la organización se detallaron los objetivos, el alcance, las herramientas y ubicación del tablero, el método de ejecución, los responsables y la estrategia de control.

A modo de cierre, se considera que los objetivos planteados para el presente trabajo se lograron conseguir satisfactoriamente mediante las distintas herramientas que fueron adquiridas a lo largo de la carrera.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- ADIMRA (2016). Extraído el 10 de octubre de 2022, de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/final\\_guia-metalmecanica\\_2.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/final_guia-metalmecanica_2.pdf)
- Bermejo, M. (2011). El Kanban. Universidad Oberta de Catalunya.
- Chapman, S. (2006). Planificación y control de la producción. Ed. Pearson. 1° edición.
- Maida, E y Pacienza, J. (2015). Metodologías de desarrollo de software. Tesis de Licenciatura en Sistemas y Computación. Facultad de Química e Ingeniería "Fray Rogelio Bacon". Universidad Católica Argentina.
- Meyers, F. y Stephens, M. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. Ed. Pearson. 3° edición.
- Muther, R. (1981). Distribución de Planta. Ed. Hispano europea. 2° edición.
- OIT (1998). Introducción al estudio del trabajo. 4° edición.
- Salvay, J. (2017). Kanban y Scrumban orientados a Proyectos de Tecnología de la Información. Tesis. Instituto Universitario Aeronáutico.
- Serrano, Ana. Uso de la herramienta Kanban para agilizar el desarrollo de proyectos colaborativos. Revista del Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación (CIDUI), 2018, Núm. 4.
- 0223 (2022). Extraído el 10 de octubre de 2022, de <https://www.0223.com.ar/nota/2022-6-15-17-33-0-crece-la-produccion-y-el-empleo-en-la-industria-metalurgica-de-mar-del-plata>