



Propuesta de diseño del Layout para una fábrica metalúrgica

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial

Coronel, Mauro Andres

Martinez Jerez, Agustin

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata – 5 de octubre de 2025

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción de la empresa.....	1
1.3 Objetivos del proyecto.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Alcance y limitaciones.....	3
1.4.1 Alcance.....	3
1.4.2 Limitaciones.....	3
1.5 Metodología de trabajo.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Naves industriales de alma llena.....	5
2.2 Componentes estructurales.....	5
2.3 Material utilizado en estructuras metálicas.....	5
2.4 Procesos de fabricación.....	6
2.4.1 Corte de chapas.....	6
2.4.2 Plegado y punzonado.....	6
2.4.3 Soldadura.....	7
2.4.4 Tratamientos superficiales.....	7
2.4.5 Equipos de movimiento de materiales.....	8
2.5 Distribución en planta y tipos de layout.....	8
2.6 Herramientas de Análisis y Mejora de Procesos.....	8
2.6.1 Diagrama de Flujo.....	8
2.6.2 Cursograma Analítico.....	9
2.6.3 Diagrama de Recorrido.....	9
2.6.4 Diagrama de Relaciones y de Bloques.....	9
2.6.5 Manejo de Materiales.....	9
2.6.6 Estudio de Tiempos.....	9
2.7 Normativa aplicable en el diseño de plantas industriales.....	10
2.8 Análisis Estratégico de la Empresa.....	10
2.8.1 Análisis FODA.....	10
2.8.2 Prioridades competitivas.....	10
2.8.3 Misión y visión.....	11
2.9. Análisis y descriptivos de puesto.....	11
3. DIAGNÓSTICO Y RELEVAMIENTO.....	13
3.1 Requerimientos del plan de expansión.....	13
3.2 Comparación del layout actual con el proyectado.....	13
3.3 Análisis del layout actual.....	14
3.4 Análisis Estratégico de la Empresa.....	15
3.4.1 Revisión de la visión y misión.....	15
3.4.2 Análisis FODA y prioridades competitivas.....	16
3.5 Relevamiento del proceso productivo actual.....	17
3.5.1. Descripción general del proceso de fabricación de estructuras pesadas.....	17
3.5.2 Movimiento interno de materiales y flujo de trabajo.....	23

3.5.3. Almacenamiento de materiales.....	25
3.6 Análisis y mejora de procesos.....	27
3.6.1 Diagrama de recorrido.....	27
3.6.2 Cursograma analítico.....	29
3.6.3 Estudio de tiempos.....	32
3.6.5 Identificación del cuello de botella del proceso.....	34
3.7 Oportunidades de mejora.....	35
4. PROPUESTA DE DISEÑO DEL NUEVO LAYOUT.....	36
4.1 Mejoras implementadas.....	36
4.1.1 Sector de corte.....	36
4.1.2 Movimiento de materiales.....	36
4.1.3 Almacenamiento de chapones y piezas cortadas.....	36
4.1.4 Integración de procesos con nueva soldadora.....	37
4.1.5 Nueva cabina de pintura.....	38
4.1.6 Distribución general y zonas de espera.....	38
4.1.7 Ampliación de estaciones de replanteo, resoldado y pulido.....	38
4.2 Análisis de la nueva capacidad productiva.....	39
4.3. Dimensionamiento preliminar de superficies.....	39
4.4 Diagrama de relación de actividades.....	40
4.5 Hoja de trabajo de relación de actividades.....	41
4.6 Diagrama adimensional de bloques.....	42
4.7 Diseño del nuevo layout propuesto.....	43
4.8 Diagrama de recorrido del nuevo Layout.....	43
4.9 Comparación de recorrido entre layout actual y propuesto.....	44
5. DESCRIPCIÓN DE PUESTOS.....	46
5.1. Análisis funcional de las nuevas máquinas.....	46
5.1.1 Análisis funcional de la soldadora de arco sumergido (SAW).....	46
5.1.2 Análisis funcional de la cabina nueva cabina de pintura.....	46
5.2. Requerimientos técnicos y habilidades.....	47
5.2.1 Requerimientos técnicos y habilidades para la operación de la soldadora de arco sumergido (SAW).....	47
5.2.2 Requerimientos técnicos y habilidades – Cabina de pintura.....	48
5.3. Redacción de descriptivos de puesto.....	49
6. CONCLUSIÓN.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53

Índice de figuras

Figura N° 1: Organigrama de la empresa.....	2
Figura N°2 : Comparación entre el layout actual y el proyectado.....	13
Figura N° 3 : Distribución en planta actual.....	14
Figura N° 4. Pantógrafo CNC.....	18
Figura N° 5: Proceso de alma llena.....	19
Figura N° 6: Colocación de piezas en el proceso de replanteo.....	20
Figura N° 7: Viga en la cabina de granallado.....	22
Figura N° 8: Piezas en la cabina de pintura.....	23
Figura N° 9: Puente grúa y chapón de 12 metros.....	25
Figura N° 10: Almacenamiento de producto terminado.....	27
Figura N° 11: Diagrama de recorrido del layout actual.....	28
Figura N° 12: Plano de una de las vigas analizadas en el estudio de tiempos.....	32
Figura N° 13: Diagrama de relación de actividades.....	42
Figura N° 14: Diagrama adimensional de bloques.....	43
Figura N° 15: Distribución de planta propuesta.....	43
Figura N° 16: Diagrama de recorrido del layout propuesto.....	44

Índice de tablas

Tabla N° 1 : Análisis dimensiones de los sectores.....	15
Tabla N° 2 : Análisis FODA.....	16
Tabla N° 3: Cursograma analítico hoja N° 1.....	30
Tabla N° 4: Cursograma analítico hoja N° 2.....	31
Tabla N° 5: Estudio de tiempos.....	32
Tabla N° 6: Determinación del cuello de botella.....	34
Tabla N° 7: Oportunidades de mejora.....	35
Tabla N° 8: Análisis capacidad propuesta.....	39
Tabla N° 9: Dimensionamiento de superficies en la planta.....	40
Tabla N° 10: Tabla relación de actividades.....	42

Resumen

El presente trabajo desarrolla una propuesta de rediseño del layout de una planta metalúrgica dedicada a la fabricación de estructuras metálicas pesadas. La iniciativa surge en el marco de un plan de expansión que contempla tanto la ampliación de la superficie productiva como la incorporación de equipos de mayor tecnología, con el objetivo de duplicar la capacidad instalada y mejorar los tiempos de fabricación. Para alcanzar este propósito se realizó un diagnóstico integral del proceso productivo actual del producto principal, mediante el uso de herramientas de análisis de métodos y tiempos, diagramas de procesos y estudio de recorridos. Este relevamiento permitió identificar limitaciones operativas, cuellos de botella y oportunidades de mejora en la disposición física y en el flujo de materiales. Con base en estos resultados se elaboró un nuevo diseño de layout que incorpora la maquinaria recientemente adquirida por la empresa, reorganiza los sectores de trabajo, optimiza la circulación interna y dimensiona el espacio requerido para la nueva cantidad de equipos necesarios a fin de cumplir con los objetivos productivos proyectados. Finalmente, se desarrollaron análisis y descriptivos de puestos orientados a definir las competencias y habilidades requeridas para operar las nuevas máquinas, garantizando así una adecuada adaptación de los recursos humanos al nuevo sistema productivo propuesto.

Palabras clave

Layout ; Planta metalúrgica ; Optimización de procesos ; Expansión productiva

Abstract

The present work develops a proposal for the redesign of the layout of a metalworking plant dedicated to the manufacture of heavy steel structures. The initiative arises within the framework of an expansion plan that includes both the increase of the productive area and the incorporation of higher-technology equipment, with the objective of doubling the installed capacity and improving manufacturing times.

To achieve this goal, a comprehensive diagnosis of the current production process of the main product was carried out, using methods and time analysis tools, process diagrams, and flow path studies. This assessment made it possible to identify operational limitations, bottlenecks, and opportunities for improvement in both the physical arrangement and the material flow.

Based on these results, a new layout design was developed, which integrates the newly acquired machinery, reorganizes work areas, optimizes internal circulation, and determines the space required for the new set of equipment needed to meet the projected production objectives.

Finally, job analyses and position descriptions were developed to define the competencies and skills required to operate the new machines, thereby ensuring an adequate adaptation of human resources to the proposed new production system.

Keywords

Layout; Metalworking Plant ; Process Optimization ; Production Expansion

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la empresa

La empresa objeto de estudio es una organización con más de 30 años de trayectoria en la ciudad de Mar del Plata, dedicada al sector de la construcción y la metalurgia. Se especializa en la ejecución de obras industriales bajo la modalidad “llave en mano”, ofreciendo soluciones integrales que abarcan desde el diseño técnico hasta la instalación final en obra. Su cartera de clientes incluye empresas industriales de diversos sectores, lo que implica una alta variabilidad en cada proyecto, adaptándose a distintas dimensiones, tipos de estructura, diseños y acabados.

El principal producto de la empresa son las naves industriales de alma llena, para cuya fabricación cuenta con una planta metalúrgica propia, ubicada en el Parque Industrial General Savio de la ciudad de Mar del Plata. Esta unidad productiva desempeña un rol clave dentro de la estructura operativa de la organización, al encargarse de la fabricación de vigas, columnas y otros componentes metálicos que conforman las obras industriales.

La planta está equipada con maquinaria específica para cada etapa del proceso de manufactura: pantógrafo CNC y guillotina para el corte de chapas, soldadoras manuales y una soldadora semiautomática continua para el armado, además de amoladoras, granalladora, cabina de pintura, plegadoras, roscadora, punzonadora y otras herramientas necesarias para la conformación de estructuras metálicas. Para el manejo de materiales de gran porte, dispone de dos puentes grúa y dos autoelevadores. Asimismo, la organización cuenta con equipos técnicos, operativos y administrativos con funciones claramente definidas, trabajando bajo una lógica orientada a la eficiencia, la seguridad y la calidad.

Actualmente, la empresa atraviesa un proceso de expansión que contempla la ampliación de la superficie cubierta de la planta, la incorporación de nuevas tecnologías de producción y la contratación de más operarios. En este contexto, surge la necesidad de rediseñar la distribución física del área productiva con el objetivo de mejorar el flujo de materiales, optimizar los procesos y garantizar una operación más eficiente y segura, alineada con las proyecciones de crecimiento de la empresa.

A modo de aclaración, se señala que, desde el inicio del desarrollo de este trabajo, se tuvo conocimiento de la existencia de un Trabajo Final de Ingeniería Industrial, previamente realizado por los alumnos Daniels y Velasco, que también abordaba la temática del layout de la misma empresa. No obstante, se decidió expresamente no tomar dicho trabajo como referencia directa, desarrollando en su lugar una propuesta distinta y original.

Si bien pueden encontrarse algunas similitudes en la temática y en las herramientas utilizadas (propias del análisis de layout en una misma organización), el contenido de este trabajo fue elaborado íntegramente a partir del diagnóstico actual de la planta, con una metodología independiente y un enfoque propio.

1.2 Organigrama de la empresa

Actualmente, el área de producción cuenta con la siguiente dotación de operarios:

- Sector de estructuras livianas: ubicado fuera del edificio principal, cuenta con 2 operarios y 1 supervisor, que realizan trabajos de armado y resoldado de herrerías.
- Dentro de la planta, bajo la coordinación del encargado de producción, se encuentran dos supervisores, cada uno con áreas específicas:
- Supervisor del área de corte y conformado: a cargo de un operador de pantógrafo CNC, un operador de guillotina y un operador en roscado y punzonado
- Supervisor del área de tratamiento superficial: a cargo de cuatro operarios en pulido, uno en granallado y dos en pintura.

Además bajo supervisión de este encargado de producción se encuentran dos operarios en armado, un operario en alma llena, dos en replanteo, cuatro en resoldado y dos en herrería.

Cabe destacar que este último grupo de operarios son considerados “variables”, cuya disposición dentro del proceso puede modificarse en función de las necesidades operativas. Esta flexibilidad permite reubicar recursos humanos y técnicos según la carga de trabajo de cada sector, ayudando a descongestionar posibles cuellos de botella, o bien acelerar procesos que requieran mayor desarrollo o velocidad de ejecución en función de los tiempos de entrega.

En la figura N° 1 se muestra como es el organigrama de la empresa. Esta estructura será tomada como base para la propuesta de distribución de personal, evaluando cómo podría reorganizarse la dotación existente en función de la nueva disposición física para la planta ampliada y la nueva maquinaria, buscando una mayor eficiencia y adaptabilidad en la gestión del recurso humano.

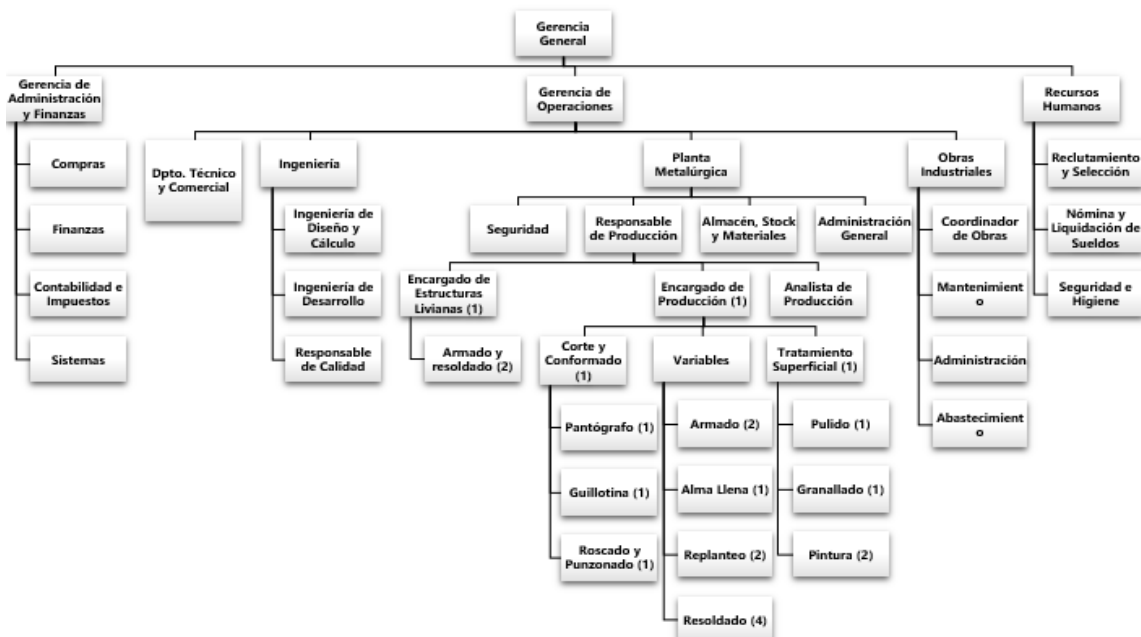


Figura N° 1 : Organigrama de la empresa.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de distribución de planta orientada a incrementar la capacidad productiva y optimizar los tiempos de fabricación.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos del plan de expansión de la empresa.
- Releva y describir los principales procesos involucrados en la fabricación dentro de la planta, incluyendo el movimiento interno y el almacenamiento de los materiales utilizados en la producción, identificando limitaciones y oportunidades de mejora.
- Determinar la cantidad y tipo de equipos necesarios y estimar la dotación de personal requerida para cumplir con las metas de calidad y producción proyectadas para la producción. Diagramar la nueva distribución de planta.
- Realizar descriptivos de puestos de trabajo para la utilización de la nueva maquinaria.

1.4 Alcance y limitaciones

1.4.1 Alcance

El presente trabajo aborda el análisis y rediseño de la distribución física del área productiva de la planta metalúrgica, en el marco del plan de expansión impulsado por la empresa. El enfoque se centrará en los sectores vinculados a la fabricación de estructuras metálicas pesadas (principalmente vigas y columnas de alma llena), contemplando tanto la incorporación de nueva maquinaria como la reorganización del espacio disponible tras la ampliación de la superficie cubierta.

El análisis incluirá los procesos de corte, soldadura y tratamiento superficial, así como la evaluación del movimiento interno de materiales y la interacción entre las distintas etapas del proceso productivo. Asimismo, se considerará la incorporación al nuevo layout de un sector destinado a la fabricación de estructuras livianas y piezas de herrería (tubos, portones, escaleras), actualmente localizado fuera de planta y cuya integración se prevé dentro del espacio productivo.

Para el análisis y rediseño se utilizarán herramientas propias de la ingeniería industrial, tales como cursogramas analíticos, estudios de tiempos, diagramas de recorrido y planos de distribución, con el fin de identificar oportunidades de mejora, minimizar recorridos innecesarios y optimizar el uso del espacio físico.

Además, el trabajo contempla el dimensionamiento preliminar de los recursos humanos y técnicos necesarios para operar la planta de acuerdo con los niveles de producción proyectados. En este marco, se elaborarán descripciones de puestos asociadas al uso de nueva maquinaria y a los cambios propuestos en la distribución.

1.4.2 Limitaciones

Este estudio no abordará la redistribución de áreas que no se vean directamente impactadas por la expansión, tales como oficinas administrativas, sectores técnicos o espacios de uso general. Tampoco se contempla un rediseño integral del sistema de almacenamiento externo, ya que se encuentra localizado en otro sector fuera de la planta. Sin embargo, se propondrán mejoras específicas para el área de acopio de chapas, dado su rol clave en el flujo de materiales dentro del espacio productivo.

Quedan excluidos del análisis:

- El estudio detallado de procesos complementarios asociados a máquinas como la plegadora, la guillotina y la roscadora, las cuales producen elementos no estructurales como zinguerías, platinas y tensores. Debido al bajo nivel de estandarización y a la alta variabilidad en los trabajos realizados por estas máquinas. Si bien su ubicación será tomada en cuenta en el diseño general, no se aplicarán herramientas específicas como cursogramas o estudios de tiempos.
- Las problemáticas relacionadas con la seguridad industrial, relaciones laborales y aspectos legales.
- El análisis de tiempos improductivos vinculados a tareas de mantenimiento, limpieza o reprocesos por no conformidades, ya que no se dispone de datos suficientes y presentan una alta variabilidad.

1.5 Metodología de trabajo

Para identificar los requerimientos del plan de expansión se realizarán entrevistas a los responsables de la organización y se revisará la documentación interna. Se aplicarán herramientas de análisis estratégico como el FODA, el estudio de las prioridades competitivas, y la revisión de la visión y misión de la empresa.

Luego se relevarán los procesos de fabricación actuales, el movimiento interno de materiales y la disposición de espacio destinado a las principales actividades productivas. La recolección de datos se llevará a cabo mediante la observación directa, entrevistas a operarios y supervisores, y la revisión de informes de productividad provistos por la empresa. Para el análisis de la información obtenida, se utilizarán herramientas como diagramas de flujo, cursogramas analíticos y estudios de tiempos, con el objetivo de identificar cuellos de botella, capacidades instaladas y oportunidades de mejora en el sistema productivo.

A partir de los resultados obtenidos, se estimarán los recursos técnicos y humanos necesarios para alcanzar una mayor capacidad productiva, considerando los volúmenes proyectados y los estándares de operación actuales. Con esta información, se desarrollará una propuesta de layout utilizando herramientas como diagramas de recorrido, diagrama de relaciones y diagrama de bloques. Finalmente, se elaborarán descriptivos de puestos para la utilización de las nuevas máquinas. Para ello, se realizará un análisis funcional de los nuevos equipos y se mantendrán entrevistas con el objetivo de identificar las tareas específicas del puesto y determinar las competencias técnicas y habilidades requeridas para su correcto desempeño.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Naves industriales de alma llena

Las naves industriales son edificaciones de gran escala diseñadas para albergar actividades productivas, de almacenamiento o logística. Se caracterizan por su amplitud, ausencia de columnas intermedias, y alturas considerables que permiten la instalación de maquinaria pesada y sistemas de transporte interno. Estas estructuras son ampliamente utilizadas en sectores como la industria manufacturera, la construcción, el agro y la logística, destacándose por su rapidez de montaje, flexibilidad funcional y eficiencia estructural (Argüelles Álvarez, Argüelles Bustillo & Arriaga Martitegui, 2018).

Dentro de las alternativas estructurales posibles, las estructuras metálicas de alma llena se utilizan por su capacidad para soportar cargas elevadas y cubrir grandes luces sin apoyos intermedios. Estos sistemas se componen de elementos portantes —vigas y columnas— cuyas secciones transversales están formadas por chapas de acero soldadas, generalmente en forma de perfil "I" o "H". Esta configuración permite adaptar la geometría del perfil a las exigencias particulares de carga, luz o altura libre, optimizando el uso de material. A diferencia de las estructuras reticuladas, los perfiles de alma llena transmiten los esfuerzos principalmente por flexión y corte, favoreciendo una mayor rigidez estructural (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 2019).

2.2 Componentes estructurales

El sistema estructural de una nave industrial se compone de los siguientes elementos principales:

Vigas: Son los elementos horizontales encargados de recibir las cargas de la cubierta y transmitirlas a las columnas. En estructuras de grandes dimensiones, se utilizan vigas armadas o soldadas, fabricadas a partir de chapas que conforman secciones optimizadas (Argüelles Álvarez et al., 2018).

Columnas: Elementos verticales que reciben las cargas de las vigas y las transfieren a la fundación. Al igual que las vigas, pueden estar formadas por perfiles laminados o chapas soldadas (Fernández Diezma, 2017).

Arriostramientos: Refuerzos dispuestos en planos verticales y horizontales que garantizan la rigidez global de la estructura frente a acciones horizontales, como viento o sismos. Estos elementos contribuyen a evitar desplazamientos excesivos y posibles colapsos (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 2019).

2.3 Material utilizado en estructuras metálicas

En la industria metalúrgica argentina dedicada a la construcción de estructuras pesadas, uno de los aceros más comúnmente utilizados es el acero F-24, correspondiente a la norma IRAM-IAS U 500-502. Se trata de un acero al carbono de calidad estructural que combina buena resistencia mecánica con excelente ductilidad y

soldabilidad, lo que lo convierte en una opción adecuada para procesos de conformado, corte y soldadura.

Entre sus propiedades mecánicas más relevantes se destacan:

- Límite elástico: 235 MPa.
- Resistencia a la tracción : entre 360 y 510 MPa.
- Alargamiento mínimo a la rotura: 22% en probeta longitudinal, lo que refleja buena tenacidad.

Gracias a su composición química controlada y su bajo contenido de carbono, el acero F-24 ofrece muy buena soldabilidad sin necesidad de precalentamiento en espesores moderados. Sin embargo, presenta baja resistencia a la corrosión atmosférica, por lo que es indispensable aplicar tratamientos protectores como granallado y pintura en estructuras expuestas a la intemperie. (IRAM-IAS U 500-502, 2017).

2.4 Procesos de fabricación

El proceso de fabricación de estructuras metálicas de alma llena comprende una serie de operaciones mecánicas que permiten transformar la materia prima —chapas y perfiles— en elementos estructurales terminados. A continuación, se detallan los principales procesos involucrados:

2.4.1 Corte de chapas

El corte de chapas constituye una operación inicial fundamental en la fabricación de estructuras metálicas, ya que define las dimensiones y geometrías básicas de los componentes.

Se distinguen principalmente dos métodos:

Guillotina (cizallado): consiste en cortar la chapa mediante dos cuchillas que actúan como una tijera. Es apropiado para cortes rectos en chapas de espesores bajos a intermedios (usualmente hasta 30 mm) y se caracteriza por su rapidez, bajo costo y por no generar afectación térmica del material base.

Pantógrafo CNC: es un sistema automatizado controlado por computadora que permite cortes de geometría compleja con alta precisión. Se utiliza principalmente en dos variantes:

- Corte por plasma: emplea un chorro de gas ionizado a alta temperatura.
- Oxicorte: utiliza una llama combinada con oxígeno para oxidar y remover el metal fundido.

El primero es ideal para espesores medios; el segundo, para chapas gruesas. (Kalpakjian & Schmid, 2014)

2.4.2 Plegado y punzonado

Plegado: se realiza con prensas plegadoras, que aplican fuerza a través de un punzón y una matriz para conformar la chapa según el ángulo o sección deseada.

Punzonado: consiste en perforar chapas con punzones de forma específica, permitiendo la ejecución de agujeros para uniones atornilladas o remachadas (Groover, 2015).

2.4.3 Soldadura

La soldadura es un proceso fundamental en la fabricación de elementos estructurales metálicos, que permite la unión permanente de piezas mediante la coalescencia de materiales, generalmente por fusión. Se emplean diversos métodos en función de la posición, el tipo de unión y los espesores involucrados. El SMAW (Shielded Metal Arc Welding) o electrodo revestido es un método manual, versátil y de bajo costo, adecuado para montaje en campo. El GMAW (Gas Metal Arc Welding – MIG/MAG) es un sistema semiautomático que usa un alambre continuo y gas protector, ampliamente utilizado en plantas metalúrgicas por su alta productividad y buena calidad de soldadura. Finalmente, el SAW (Submerged Arc Welding) es una soldadura automática con arco sumergido bajo un flujo granular, especialmente empleada para unir largas secciones de vigas o columnas en posición plana, ofreciendo alta disposición y calidad. (Jeffus, 2012)

2.4.4 Tratamientos superficiales

Rectificado

El rectificado con amoladora es una operación de acabado que elimina rebabas, salpicaduras de soldadura y óxido superficial, siendo crucial para preparar la superficie metálica. Su propósito es asegurar una rugosidad controlada y limpieza para una correcta adherencia de recubrimientos protectores y mejorar las propiedades estéticas y funcionales de la pieza. (Groover, 2015)

Granallado

El granallado es un tratamiento mecánico que limpia y activa la superficie metálica mediante la proyección de partículas abrasivas a alta velocidad. Además de eliminar impurezas como óxido y escamas de laminación, genera una rugosidad controlada (perfil de anclaje) necesaria para una óptima adherencia de pinturas industriales. (ISO 8501-1, 2007)

Pintura

La pintura industrial cumple una doble función esencial: proteger el acero contra la corrosión y aportar un acabado estético duradero. La aplicación de estos recubrimientos requiere una preparación de superficie meticulosa (como el granallado), ya que la adherencia y la vida útil del sistema dependen críticamente de esta etapa. Los métodos de aplicación varían según el tipo de pintura (epoxi, poliuretano, etc.) y las características de la superficie, siendo los equipos airless

ideales para grandes superficies por su eficiencia y velocidad de transferencia, mientras que los equipos convencionales (con aire) permiten mayor control para detalles y retoques. La selección del sistema y el tipo de pintura está determinada por el entorno de exposición y el espesor requerido para la protección. (Roobol, 2003)

2.4.5 Equipos de movimiento de materiales

Para optimizar el flujo de materiales y mejorar la eficiencia en la planta metalúrgica, se utilizan diversos equipos de transporte interno. El puente grúa es un sistema de elevación suspendido que permite desplazar cargas pesadas a lo largo de toda la nave, aprovechando el espacio aéreo. El autoelevador (montacargas) es un vehículo versátil para mover materiales paletizados en zonas de menor cobertura. Los carros de transferencia sobre rieles son plataformas móviles para el traslado lineal de piezas voluminosas entre estaciones de trabajo. Estos equipos son esenciales para una manipulación segura y eficiente de los pesados elementos metálicos. (Tompkins et al., 2010)

2.5 Distribución en planta y tipos de layout

La distribución en planta (layout) se refiere a la disposición física de las áreas de trabajo, maquinaria, equipos, estaciones y almacenes dentro de una instalación productiva. Un diseño adecuado permite minimizar el manejo de materiales, reducir tiempos de transporte, mejorar el flujo de trabajo y aumentar la eficiencia global del sistema (Meyers & Stephens, 2006).

Existen distintos tipos de layout que se seleccionan en función de las características del producto, el proceso y el volumen de producción:

- **Distribución por producto (en línea):** Las operaciones están organizadas según la secuencia del producto. Adecuada para procesos repetitivos y de alto volumen.
- **Distribución por proceso (funcional):** Los recursos se agrupan según el tipo de operación que realizan. Es más flexible ante variedad de productos, aunque puede generar mayores desplazamientos.
- **Distribución por posición fija:** El producto permanece estático y los recursos se trasladan hacia él, como ocurre en estructuras grandes o ensamblajes complejos.
- **Distribución celular:** organiza recursos en grupos dedicados a familias de productos con rutas similares, mejorando eficiencia y reduciendo tiempos de preparación. (Meyers & Stephens, 2006; Domínguez Machuca, 1995).

2.6 Herramientas de Análisis y Mejora de Procesos

Son el conjunto de metodologías y técnicas sistemáticas utilizadas para examinar y optimizar las actividades dentro de una organización. Su objetivo es identificar ineficiencias, cuellos de botella y oportunidades de optimización para lograr una mayor eficiencia, calidad, reducción de costos y satisfacción del cliente, mediante una comprensión profunda de los flujos de trabajo y el rendimiento operativo. (Domínguez Machuca, 1995).

2.6.1 Diagrama de Flujo

Es una representación gráfica que utiliza símbolos estandarizados para describir la secuencia lógica de pasos, decisiones y flujo de información o material en un proceso o algoritmo. Facilita la comprensión visual del proceso, la identificación de redundancias y la comunicación clara entre los involucrados. (Kanawaty, 1996).

2.6.2 Cursograma Analítico

También conocido como diagrama de análisis de procesos, es una herramienta gráfica para registrar sistemáticamente todas las actividades (operaciones, transportes, esperas, inspecciones, almacenamientos) de un proceso productivo o administrativo. Su propósito es analizar detalladamente el proceso para eliminar pasos innecesarios, combinar o simplificar actividades, y optimizar la secuencia, buscando la eficiencia. (Kanawaty, 1996).

2.6.3 Diagrama de Recorrido

Es una representación gráfica de la distribución en planta o área de trabajo, sobre la cual se traza la ruta que sigue un operario, un material o un equipo. Se utiliza para analizar los movimientos y distancias recorridas, identificar cruces innecesarios o retrocesos, y optimizar el diseño de la planta para reducir tiempos de transporte y manejo. (Meyers & Stephens, 2006).

2.6.4 Diagrama de Relaciones y de Bloques

El Diagrama de Relaciones muestra la cercanía deseada o necesaria entre diferentes departamentos o áreas dentro de una instalación, basándose en una matriz de importancia de proximidad. Se utiliza para generar el Diagrama de Bloques, que es una representación esquemática a escala del área de trabajo, mostrando la ubicación y el tamaño relativo de las secciones principales, como un paso intermedio en el diseño de la distribución de plantas. (Muther, 1961).

2.6.5 Manejo de Materiales

Se refiere a la disciplina que estudia las técnicas, sistemas y equipos para mover, almacenar, proteger, controlar y transportar materiales (desde materias primas hasta productos terminados) dentro y entre instalaciones. Su meta es minimizar costos, reducir daños, optimizar el flujo, mejorar el uso del espacio y garantizar la seguridad. (Meyers & Stephens, 2006).

2.6.6 Estudio de Tiempos

Es una técnica de medición del trabajo para determinar el tiempo requerido por una persona calificada para realizar una tarea específica, a un ritmo normal y con un método definido, incluyendo los suplementos necesarios (por fatiga, etc.). Su objetivo es establecer estándares de tiempo para la planificación de la producción, la programación y la mejora de la eficiencia. (Niebel & Freivalds, 2009).

2.7 Normativa aplicable en el diseño de plantas industriales

El diseño de distribución en planta debe contemplar no sólo criterios técnicos de eficiencia operativa, sino también el cumplimiento de las normativas vigentes que regulan el uso racional del espacio, la seguridad y la organización de los entornos productivos. En el ámbito nacional, la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Ley N.º 19.587) y su decreto reglamentario (Decreto N.º 351/79) establecen condiciones mínimas que deben reunir los espacios industriales, tales como dimensiones adecuadas de pasillos, separación entre máquinas, y criterios para el almacenamiento seguro de materiales. Estas disposiciones buscan prevenir accidentes, facilitar la circulación y asegurar condiciones apropiadas para el desempeño de las tareas. A nivel internacional, la norma ISO 9001:2015, si bien no establece medidas físicas específicas, exige que las organizaciones gestionen sus procesos bajo condiciones controladas y con infraestructura adecuada (cláusula 7.1.3 y 8.5.1), lo que implica disponer de layouts que garanticen un flujo lógico y eficiente de materiales. Además, promueve la identificación de riesgos asociados al diseño físico (cláusula 6.1), de modo que se minimicen interferencias, tiempos improductivos y posibles desvíos en la calidad. Por lo tanto, tanto la legislación nacional como las normas de gestión de calidad constituyen un marco esencial que orienta el diseño y rediseño de plantas industriales en proyectos de mejora continua.

2.8 Análisis Estratégico de la Empresa

2.8.1 Análisis FODA

El análisis FODA (también conocido como SWOT en inglés) es una herramienta fundamental para el diagnóstico estratégico de una organización. Consiste en identificar y clasificar Fortalezas y Debilidades (factores internos), así como Oportunidades y Amenazas (factores externos). Su objetivo es ofrecer una visión integrada de la situación actual de la empresa y orientar la toma de decisiones estratégicas (Robbins & Coulter, 2010; Domínguez Machuca, 1995).

Las fortalezas pueden incluir ventajas competitivas, experiencia técnica, maquinaria moderna o certificaciones de calidad. Las debilidades, por su parte, pueden ser cuellos de botella productivos, desorganización en el layout o falta de personal calificado. Las oportunidades suelen estar asociadas a cambios en el mercado, nuevas tecnologías o políticas de incentivo industrial, mientras que las amenazas incluyen la competencia, aumentos de costos o cambios regulatorios.

2.8.2 Prioridades competitivas

Las prioridades competitivas son los atributos estratégicos que una empresa debe fortalecer para destacarse frente a sus competidores. De acuerdo con Domínguez Machuca (1995), estas prioridades pueden agruparse en cinco dimensiones clave:

- Costo: capacidad de producir al menor costo posible.
- Calidad: nivel de conformidad con los requerimientos del cliente.

- Flexibilidad: rapidez para adaptarse a cambios en la demanda o en el diseño del producto.
- Entrega: cumplimiento en plazos de entrega y confiabilidad del suministro.
- Innovación: capacidad para desarrollar nuevos productos, procesos o mejoras.

Una empresa puede enfocarse en una o más de estas dimensiones, según su estrategia general, su tipo de producto y el mercado en el que compite (Meyers & Stephens, 2006).

2.8.3 Misión y visión

La misión define la razón de ser de la organización. Describe qué hace la empresa, a quién sirve y con qué propósito, integrando elementos como el mercado objetivo, la propuesta de valor y los principios rectores. Debe ser clara, concreta y útil como guía para la toma de decisiones en todos los niveles (Robbins & Coulter, 2010).

Por otro lado, la visión representa una declaración aspiracional de lo que la empresa desea llegar a ser en el futuro. Sirve como norte estratégico, inspirando a los colaboradores y orientando los esfuerzos de crecimiento, innovación y mejora continua (Domínguez Machuca, 1995).

La coherencia entre misión, visión, análisis FODA y prioridades competitivas es esencial para establecer una estrategia sólida y operativamente viable.

2.9. Análisis y descriptivos de puesto

En la gestión de Recursos Humanos resulta esencial contar con un análisis y descripción de puestos que permita definir con claridad las tareas, responsabilidades y requisitos de cada función dentro de la organización. Este proceso comprende reunir y analizar información sobre los contenidos del puesto, las tareas a realizar, los requerimientos específicos y el contexto en que se desarrollan, evitando duplicaciones u omisiones en la asignación de responsabilidades. La información obtenida a través de este análisis constituye una base para múltiples actividades vinculadas a la administración de personal, como el reclutamiento y selección, la formación, la determinación de remuneraciones, la evaluación del desempeño y la planificación de carreras. Asimismo, permite responder preguntas fundamentales sobre qué se hace, por qué se hace, dónde y cómo se hace, de qué forma cada puesto se relaciona con los objetivos de la organización y cuál es el grado de adecuación entre la persona y el puesto que ocupa. Para ello se consideran tanto las responsabilidades y estándares de rendimiento como los recursos y equipos necesarios, generando insumos que luego se sintetizan en la descripción formal del puesto, la cual aporta consistencia, uniformidad y claridad a la gestión de recursos humanos (Alles, 2006, cap. 3).

La descripción de puestos puede estructurarse en apartados que organizan la información de forma clara y sistemática:

Resumen del puesto: propósito y actividades principales, en forma breve.

Relaciones: a quién reporta, a quién supervisa y con quién interactúa (dentro y fuera de la organización).

Responsabilidades y deberes: lista detallada de tareas, evitando ambigüedades.

Autoridad: alcances para tomar decisiones, supervisar personas y administrar recursos.

Criterios de desempeño: estándares para evaluar cumplimiento (producción, calidad, tiempos, eficiencia).

Condiciones de trabajo y ambiente: factores del entorno (riesgos, ruidos, manipulación de cargas, horarios especiales u otros requerimientos).

Este esquema permite que la descripción de puestos sea útil para organizar funciones y también como base para selección, capacitación y evaluación del personal. (Alles, 2006, cap. 3).

3. DIAGNÓSTICO Y RELEVAMIENTO

3.1 Requerimientos del plan de expansión

La empresa ha definido como objetivo estratégico la expansión de su planta metalúrgica con el propósito de ampliar su presencia en el mercado nacional, captar nuevos clientes que demanden altos estándares de calidad y fortalecer su competitividad frente a grandes compañías del sector. Esta iniciativa busca consolidar la capacidad de la organización para ejecutar obras de gran envergadura, cumpliendo con los plazos acordados y garantizando elevados niveles de calidad.

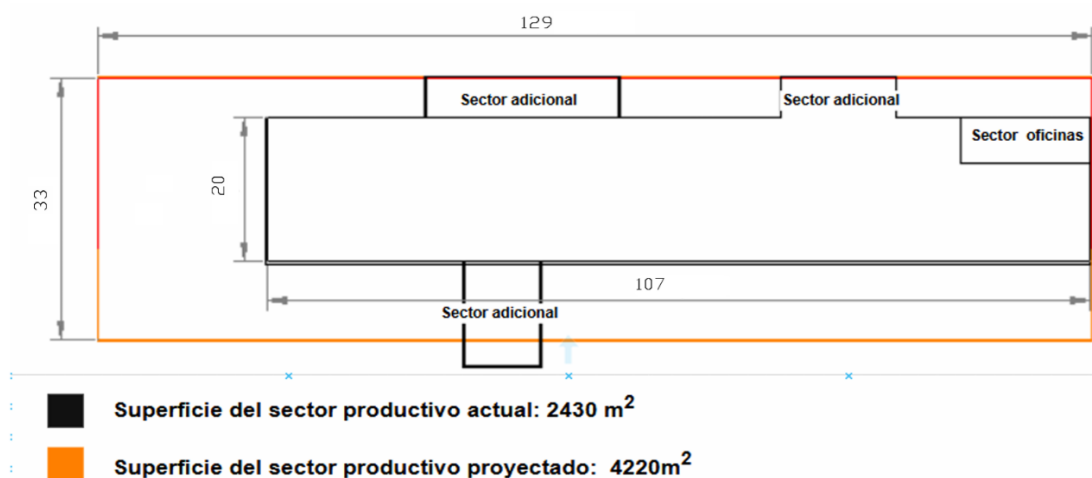
El plan de expansión tiene como meta principal aumentar la producción de estructuras metálicas pesadas a 100 toneladas mensuales, reduciendo los tiempos de fabricación por obra. En el último año se registró un promedio de 55 toneladas mensuales, lo cual refleja brecha significativa entre la capacidad actual y el objetivo proyectado.

Para lograr dicho objetivo, se ha proyectado una ampliación de la superficie cubierta de la planta, junto con la incorporación de maquinaria de mayor tecnología y la incorporación progresiva de personal operativo.

Estas acciones implican necesariamente una reorganización de la distribución física de la planta, a fin de optimizar el uso del espacio, mejorar el flujo de materiales y adecuar la infraestructura a las nuevas exigencias productivas. Todo ello deberá realizarse sin comprometer el alto grado de personalización que caracteriza a los productos de la empresa, ya que cada estructura se diseña y fabrica a medida, según los requerimientos específicos del cliente.

3.2 Comparación del layout actual con el proyectado

En la Figura N° 2 se presenta una comparación entre el perímetro actual del sector operativo de la planta y la superficie proyectada en el marco del plan de expansión. El contorno negro delimita el área actualmente en uso, mientras que el trazado en color naranja indica el nuevo sector que se incorporará como resultado de la ampliación.



*Figura N°2 : Comparación entre el layout actual y el proyectado.
Fuente: Elaboración propia con datos aportados por la empresa.*

La nave actual incluye tres sectores adicionales que forman parte del área cubierta destinada a actividades productivas. Estos sectores se encuentran contemplados en el cálculo de la superficie operativa, ya que son utilizados para tareas de fabricación y manipulación de estructuras.

En la esquina superior derecha de la nave se encuentran las oficinas de producción y mantenimiento. Aunque integrado físicamente al edificio, este espacio no se considera parte del área operativa, dado que su función es puramente administrativa. El mismo criterio se aplica a la ampliación proyectada, que prevé un nuevo sector de oficinas de aproximadamente 150 m² en la misma zona.

Asimismo, se contempla la incorporación de un área de 200 m² destinada a la fabricación de herrerías y estructuras livianas complementarias. Actualmente, estas tareas se desarrollan en un espacio externo a la planta, por lo que su integración al nuevo layout permitirá centralizar las operaciones.

Cabe destacar que, para el cálculo de la superficie operativa total proyectada, se descontaron tanto el sector de oficinas como el área destinada a herrería. De este modo, la planta pasará de contar con una superficie operativa de 2.430 m², dedicada a la fabricación, manipulación y almacenamiento de estructuras metálicas, a 4.220 m², lo que representa un incremento del 73 % respecto del área actual.

3.3 Análisis del layout actual

En la Figura N° 3 se presenta la distribución actual de la planta industrial. Las áreas operativas se encuentran representadas en color rojo, mientras que las zonas destinadas al almacenamiento y materiales en espera se indican en azul.

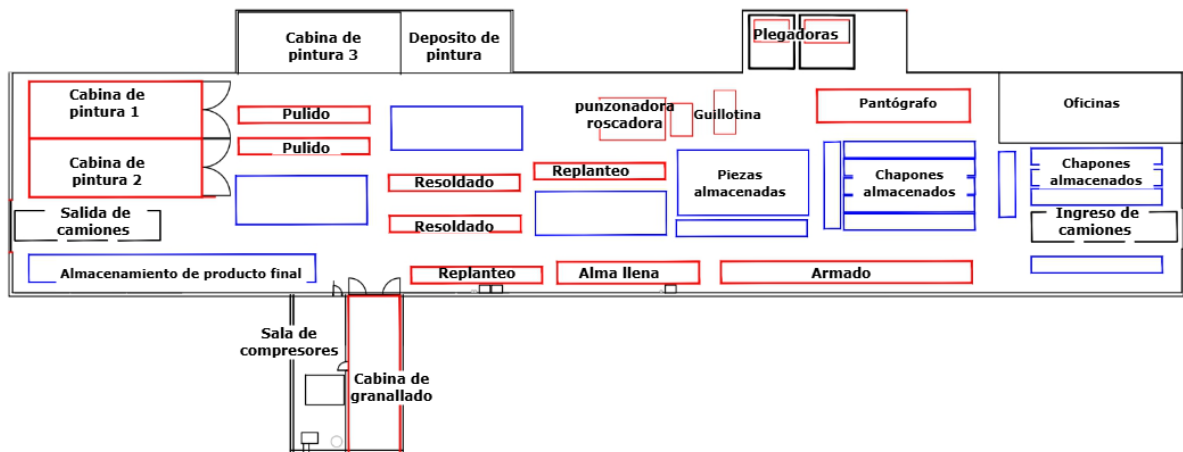


Figura N° 3 : Distribución en planta actual.

Fuente: Elaboración propia.

La disposición general de la planta responde a una configuración por producto, en la cual los distintos procesos se organizan secuencialmente según el avance de la fabricación de estructuras metálicas pesadas, tal como se expone en el marco teórico. Sin embargo, debido a las restricciones espaciales para la ubicación de ciertos

equipos, el recorrido del producto a lo largo de la planta no es lineal, sino que adopta un patrón con cierto grado de dirección, lo que incrementa los tiempos de traslado y la complejidad operativa.

En la tabla N° 1 se presenta un resumen de los principales espacios:

*Tabla N° 1 : Análisis dimensiones de los sectores.
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa.*

Sector	Superficie
Sectores logísticos y de almacenamiento	476 m ² (38%)
Ingreso y salida de camiones	64 m ²
Almacenamiento de chapones	192 m ²
Almacenamiento de piezas cortadas	70 m ²
Almacenamiento de producto en espera	150 m ²
Áreas operativas	342 m ² (27%)
Pantógrafo CNC	42 m ²
Corte y conformado	100 m ²
Área de armado	50 m ²
Sector de alma llena	30 m ²
Estaciones de trabajo (replanteo, resoldado y pulido)	120 m ²
Sector de pintura	290 m ² (23%)
Cabinas 1 y 2 (estructuras pesadas)	150 m ²
Cabina 3 (estructuras livianas)	90 m ²
Depósito de pintura	50 m ²
Otras áreas técnicas	150 m ² (12%)
Cabina de granallado	75 m ²
Sala de compresores	75 m ²

La suma total de las superficies productivas y logísticas relevadas asciende a 1.258 m², sobre una superficie operativa total estimada de 2.430 m². La diferencia se corresponde con áreas destinadas a circulación interna, márgenes operativos entre estaciones de trabajo, zonas de carga y descarga no delimitadas, espacios técnicos, y otras áreas no productivas.

3.4 Análisis Estratégico de la Empresa

3.4.1 Revisión de la visión y misión

A continuación se presenta la declaración de misión y visión de la empresa, las cuales reflejan sus principios, su propósito organizacional y sus aspiraciones estratégicas a largo plazo.

Misión: producir bienes y productos innovadores de alta calidad, acompañados de un servicio diferencial que genere riqueza y valor en la comunidad donde actuamos.

Visión: seremos un proveedor de servicios líder en las Área de la Construcción y de la Metalúrgica, aspirando a convertirnos en la empresa más admirada de nuestra industria, reconocidos por la calidad de nuestros productos, por la responsabilidad social y por los valores éticos y morales que nos guían.

3.4.2 Análisis FODA y prioridades competitivas

Analisis FODA:

A partir de la información obtenida a través de entrevistas con responsables de la empresa se elaboró un análisis FODA que sintetiza la situación actual. En la tabla N° 2 se puede ver el análisis FODA elaborado.

*Tabla N° 2 : Análisis FODA.
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa.*

Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
Trayectoria en la fabricación de estructuras metálicas pesadas.	Incremento de la demanda en sectores como construcción, logística e infraestructura industrial.
Capacidad técnica instalada para la fabricación personalizada.	Posibilidad de incorporar nuevas tecnologías para mejorar productividad y calidad.
Certificación ISO 9001 como respaldo de gestión de calidad.	Potencial de ampliación física de la planta para aumentar la capacidad de producción.
Personal técnico con experiencia en soldadura, corte y montaje.	Predisposición interna para realizar el rediseño del layout para mejorar la eficiencia operativa y adaptarse al crecimiento proyectado.
Debilidades (D)	Amenazas (A)
Limitaciones de espacio operativo actual frente al objetivo de expansión.	Variabilidad en la demanda de proyectos a lo largo del año.
Procesos parcialmente manuales que pueden limitar la velocidad de producción.	Competencia con empresas de mayor escala y mayor nivel de automatización.
Necesidad de inversión en infraestructura y maquinaria para alcanzar nuevos niveles productivos.	Aumento en los costos de los insumos industriales.
Estructura organizativa que deberá adaptarse al crecimiento (más personal, más coordinación).	Riesgo de desaceleración económica que afecte la ejecución de obras y nuevas licitaciones.

Prioridades competitivas:

En cuanto a las prioridades competitivas, se identificaron como fundamentales la

flexibilidad operativa, la calidad del producto final y el cumplimiento de los plazos de entrega. Estas dimensiones son claves para sostener la competitividad de la empresa en un contexto de crecientes exigencias del mercado y alta personalización de productos.

En este sentido, el rediseño del layout debe contribuir directamente a reforzar estos factores críticos, mediante la eliminación de ineficiencias, la reducción de tiempos improductivos y la optimización en la asignación y utilización de los recursos disponibles.

3.5 Relevamiento del proceso productivo actual

3.5.1. Descripción general del proceso de fabricación de estructuras pesadas

El proceso productivo principal de la planta está orientado a la fabricación de estructuras metálicas pesadas, fundamentalmente vigas y columnas de alma llena que son la base de las estructuras que lleva adelante la empresa. A continuación, se describen las etapas principales que componen este proceso de forma secuencial:

Corte

En esta etapa se procesan chapones de acero mediante un pantógrafo CNC de plasma, obteniéndose las piezas principales que conformarán la estructura, como alas y almas para el armado, así como componentes adicionales como cabezales, cartelas, soportes y placas utilizadas en el replanteo. El equipo permite automatizar el trazado y corte de chapas a partir de planos previamente programados, con capacidad para trabajar con chapones de hasta 12 metros de largo, 1,5 metros de ancho y espesores de hasta 1 pulgada.

El proceso comienza con la selección del chapón correspondiente, que es trasladado mediante puente grúa hasta la mesa del pantógrafo. Una vez allí, el operario procede a alinear la chapa cuidadosamente, midiendo sus bordes y referencias para asegurarse de que el origen y las coordenadas coincidan con las del programa de corte. Luego, se ejecuta el programa CNC previamente cargado, que indica el recorrido de corte exacto según el plano. Finalizado el proceso automático, se procede a la verificación de las piezas cortadas, que pueden ser ajustadas manualmente mediante herramientas auxiliares como el oxicorte, utilizado para realizar correcciones menores o cortes que no pueden automatizarse por su complejidad o tamaño. En la Figura N° 4 puede observarse el pantógrafo de la fábrica.

Posteriormente, las piezas obtenidas son medidas e identificadas para su trazabilidad, y luego trasladadas al área de almacenamiento de cortes, donde quedarán en espera hasta su utilización en etapas posteriores como el armado o replanteo.



Figura N° 4. Pantógrafo CNC.

Fuente: Imagen tomada en las visitas a la empresa.

Armado

En esta etapa se ensamblan las almas y alas previamente cortadas para formar los cuerpos estructurales básicos, de acuerdo con la disposición indicada en los planos de fabricación. Los operarios deben identificar y trasladar las piezas correspondientes hasta la mesa de trabajo, donde se procede a su montaje. Para garantizar una correcta alineación y escuadra de los componentes, se requiere la participación de al menos dos operarios, ya que las dimensiones y peso de los elementos demandan una manipulación precisa y coordinada.

La operación se realiza sobre superficies planas y niveladas, que permiten mantener la geometría de la estructura durante el ensamblaje. La unión inicial de las piezas se efectúa mediante soldadura de punteo, una técnica que consiste en aplicar pequeños puntos de soldadura en zonas estratégicas para mantener la posición de las piezas sin deformarlas. Además, se suelen realizar soldaduras temporales de otros elementos auxiliares —como soportes o fijaciones adicionales— con el fin de preservar la rigidez estructural del conjunto durante su manipulación y transporte hacia las etapas siguientes.

Alma llena

El proceso de alma llena consiste en la ejecución de la soldadura continua de ambas alas con el alma de la estructura previamente armada, con el objetivo de lograr una unión resistente, uniforme y permanente. Esta etapa es clave para asegurar la integridad estructural de los perfiles que conformarán las vigas y columnas de la obra.

La operación se realiza utilizando una soldadora semiautomática MIG con doble cabezal, lo que permite ejecutar de forma simultánea las soldaduras en ambos lados del alma. El equipo cuenta con un carro de avance motorizado que se desplaza a lo largo de la pieza, manteniendo una velocidad constante y una trayectoria controlada.

Gracias a la automatización y al doble cabezal, se logra una alta productividad y una calidad uniforme del cordón, especialmente importante en estructuras de gran longitud y espesor.

La correcta regulación de los parámetros de soldadura y la preparación previa de las superficies son fundamentales para obtener cordones de calidad, sin defectos ni interrupciones. Esta etapa representa un punto crítico del proceso, ya que define en gran medida la resistencia mecánica final de la estructura. En la figura N° 5 puede observarse la máquina soldadora utilizada para este proceso.



Figura N° 5: Proceso de alma llena.

Fuente: Imagen tomada en las visitas a la empresa.

Replanteo

En esta etapa se colocan y fijan los elementos adicionales que completan la estructura principal, tales como cabezales, cartelas, soportes, refuerzos, placas base y otros componentes definidos en los planos de fabricación. El objetivo del replanteo es ubicar con precisión estos elementos sobre el cuerpo estructural ya soldado, asegurando su correcta posición para cumplir con las exigencias técnicas del proyecto. Para ello, es fundamental que el operario esté altamente calificado, con sólidos conocimientos en lectura de planos y capacidad para realizar una inspección visual precisa que garantice la correcta ubicación de cada componente.

El proceso comienza con la identificación de las piezas previamente cortadas y almacenadas, las cuales se seleccionan según el modelo estructural correspondiente. Luego, los operarios realizan marcaciones y mediciones sobre la superficie de la viga, utilizando cintas métricas, escuadras, niveles, trazadores y plantillas, siguiendo las cotas y referencias especificadas en los planos técnicos.

Una vez determinados los puntos de colocación, los elementos se ubican mediante sujeciones temporales o mediante soldaduras de punteo, lo que permite mantenerlos firmemente en su lugar hasta su fijación definitiva. La precisión en esta etapa es crítica, ya que cualquier desviación puede comprometer el ensamblaje, la estabilidad estructural o dificultar el montaje en obra. En la figura N° 6 puede observarse una pieza en una de las estaciones del proceso de replanteo con sus soportes colocados.



*Figura N° 6: Colocación de piezas en el proceso de replanteo.
Fuente: Imagen tomada en las visitas a la empresa.*

Resoldado

En esta etapa se realiza la soldadura definitiva de todos los elementos previamente

posicionados durante el replanteo, además de completar los extremos de los cordones entre alma y alas que no fueron alcanzados durante el proceso de alma llena, así como otras zonas de acceso limitado debido a la geometría de la pieza. El objetivo del resoldado es consolidar todas las uniones de manera permanente, asegurando la resistencia estructural y la integridad del conjunto.

Al igual que en otras etapas del proceso, para la ejecución de estas uniones se utiliza el método de soldadura MIG (Metal Inert Gas). Esta etapa cierra el ciclo de fabricación del cuerpo estructural, dejándolo listo para las operaciones de acabado superficial.

Pulido

El proceso de pulido tiene como objetivo eliminar imperfecciones superficiales generadas durante las etapas de soldadura y corte, tales como proyecciones de material, rebabas, escoria o irregularidades en los cordones. Esta tarea es fundamental para asegurar un buen acabado superficial y facilitar la adherencia de los recubrimientos aplicados en etapas posteriores.

El trabajo se realiza de forma manual utilizando herramientas abrasivas como amoladoras, equipadas con discos de desbaste o lijado. Los operarios recorren toda la estructura verificando visualmente las zonas críticas, haciendo énfasis en las uniones soldadas, bordes expuestos y superficies que presenten asperezas o defectos visibles.

El tiempo requerido para esta operación puede variar en función de la calidad previa de las soldaduras, la cantidad de elementos incorporados en el replanteo y el tamaño general de la pieza..

Granallado

El proceso de granallado tiene como finalidad limpiar la superficie metálica de las estructuras, eliminando impurezas como óxido, restos de soldadura, cascarilla de laminación y suciedad, al mismo tiempo que se genera una textura rugosa que mejora la adherencia del recubrimiento de pintura aplicado en la etapa siguiente.

En la planta, esta operación se realiza de forma manual, dentro de una cabina de granallado, utilizando una granalladora portátil compuesta por una tolva presurizada, una manguera de proyección y una pistola de granallado. El sistema funciona mediante aire comprimido, que impulsa partículas abrasivas a alta velocidad contra la superficie de la estructura. La pieza se introduce en la cabina colocada sobre un carro de transporte que se desplaza sobre rieles, lo que facilita su ingreso y salida del recinto.

Inicialmente, se granallan tres caras visibles de la estructura. Luego, la pieza se retira de la cabina, se rota mediante el puente grúa, y se vuelve a introducir para completar el tratamiento de la cara restante. El operario dirige manualmente la pistola durante todo el proceso, asegurando una limpieza uniforme en cada superficie.

El rendimiento del proceso depende de la habilidad del operario y de las condiciones

ambientales, ya que una humedad elevada puede provocar obstrucciones en el sistema o afectar la calidad del acabado, lo que en ciertos días obliga a suspender la actividad.

Una vez completado el granallado, la superficie queda libre de contaminantes y con una rugosidad controlada, lista para recibir el recubrimiento protector en la etapa de pintura. Este tratamiento es fundamental para garantizar la durabilidad y protección anticorrosiva de las estructuras metálicas expuestas a la intemperie o a ambientes industriales exigentes. En la figura N° 7 se presenta una imagen de una viga saliendo de la cabina de granallado después de ser granallada.



*Figura N° 7: Viga en la cabina de granallado.
Fuente: Imagen tomada en las visitas a la empresa.*

Pintura

El proceso de pintura tiene como finalidad proteger las estructuras metálicas contra la corrosión y otros agentes externos, además de cumplir una función estética. Este tratamiento se realiza luego del granallado, sobre superficies limpias y rugosas que permiten una correcta adherencia del recubrimiento.

La aplicación se lleva a cabo en cabinas de pintura, utilizando equipos tipo airless, que proyectan la pintura a alta presión sin necesidad de aire comprimido, lo que permite una mayor cobertura y eficiencia en piezas de gran tamaño. El proceso consta de dos capas: una primera mano de fondo epoxi, que actúa como barrera anticorrosiva, y una

segunda capa de terminación, generalmente poliuretánica, que brinda resistencia mecánica, brillo y durabilidad frente a la intemperie.

Antes de aplicar, las pinturas deben ser preparadas y diluidas de acuerdo con las recomendaciones del proveedor y las condiciones ambientales del día. Para garantizar una correcta aplicación, se mide la temperatura y la humedad relativa, evitando pintar si esta última supera el 80%, ya que podría comprometer el secado y la calidad del acabado.

Una vez aplicada cada capa, se debe esperar el tiempo de secado correspondiente antes de manipular o aplicar la siguiente. La capacidad de las cabinas es limitada, permitiendo procesar un máximo aproximado de tres vigas o columnas convencionales por cabina, lo cual representa una restricción operativa a considerar en la planificación diaria.

Este tratamiento superficial es fundamental para garantizar la durabilidad, resistencia y presentación final de la estructura metálica, cumpliendo con los requerimientos técnicos y visuales establecidos en cada proyecto. En la Figura N° 8 se presentan una imagen de 3 piezas en la etapa de secado dentro de la cabina de pintura.



*Figura N° 8: Piezas en la cabina de pintura.
Fuente: Imagen tomada en las visitas a la empresa.*

3.5.2 Movimiento interno de materiales y flujo de trabajo

El movimiento interno de materiales en la planta se realiza principalmente a través de dos puentes grúa, que constituyen el recurso central para el traslado de piezas entre las distintas etapas del proceso. Estos equipos son operados por los propios trabajadores de producción, lo que implica que, cada vez que se necesita mover una estructura, al menos dos operarios deben interrumpir sus tareas para realizar la maniobra de forma segura. Esta situación genera interferencias operativas y tiempos improductivos, especialmente durante momentos de alta carga de trabajo. En la figura N° 9 se presenta una imagen de uno de los puentes grúa trasladando un chapón de doce metros.

En la mayoría de las etapas es necesario rotar la estructura sobre su eje para poder completar las operaciones en ambas caras. Estas rotaciones también se realizan con el puente grúa, lo cual incrementa la cantidad de movimientos internos y genera tiempos inoperativos cuando otros sectores también lo requieren.

En el caso del granallado, como el puente grúa no tiene acceso al interior de la cabina, se utiliza un carro montado sobre rieles para introducir las piezas. Para las estructuras más livianas o de menores dimensiones, se emplean autoelevadores, que brindan mayor flexibilidad y reducen la dependencia de los puentes grúa.

El flujo general de las piezas dentro de la planta tiende a desarrollarse de forma lineal, comenzando en la zona de corte ubicada cerca del ingreso, continuando por los sectores de soldadura situados en la parte central, y finalizando en las áreas de tratamiento superficial y despacho localizadas en el fondo de la nave. Sin embargo, este recorrido no siempre se mantiene de manera continua ni ordenada. Las limitaciones físicas del espacio, junto con la acumulación de material en proceso, generan desvíos, interrupciones y una necesidad constante de reorganización operativa. Además, factores como la ausencia de personal, la ejecución de piezas complejas o la necesidad de realizar reprocesos afectan directamente los tiempos de procesamiento y contribuyen a la acumulación de estructuras en zonas no previstas, dificultando aún más el flujo productivo.

En la mayoría de los sectores, las estructuras terminadas de cada etapa deben esperar a que se libere el siguiente puesto de trabajo. Esto genera un almacenamiento intermedio en zonas laterales que, si bien resulta útil para mantener la continuidad del trabajo (ya que los operarios pueden avanzar con una nueva pieza mientras otra está siendo procesada), no debe excederse, ya que puede saturar el espacio disponible y dificultar los movimientos posteriores.

En ciertos procesos, donde pueden trabajar dos o más equipos de operarios en paralelo, es necesario contar con varias estructuras en espera para asegurar continuidad y evitar tiempos muertos. No obstante, cuando esta acumulación se vuelve excesiva o desordenada, afecta negativamente el flujo general.



*Figura N° 9: Puente grúa y chapón de 12 metros.
Fuente: Imagen tomada en las visitas a la empresa.*

3.5.3. Almacenamiento de materiales

A continuación, se describen las principales áreas de almacenamiento y de espera de material dentro de la planta:

Almacenamiento de chapones:

Los chapones de acero, materia prima principal del proceso productivo, ingresan a la planta mediante camiones que acceden parcialmente al interior de la nave. La descarga se realiza con el uso del puente grúa, y el material se deposita en el sector de almacenamiento ubicado en el ingreso de la planta, donde actualmente se disponen nueve hileras. Sin embargo, no existe una organización estandarizada, y únicamente los chapones de 6 metros de largo se agrupan entre sí.

Los formatos más frecuentes de chapones utilizados en producción presentan dimensiones estándar de 6 o 12 metros de largo por 1,5 metros de ancho de acero F24. En cuanto a espesores, existe una amplia variedad, siendo los más comunes:

- 1/4" (6,35 mm): el espesor más utilizado.
- 3/16" (4,76 mm) y 1/2" (12,7 mm): también de uso habitual.
- 5/16" (7,93 mm), 3/8" (9,53 mm), 5/8" (15,88 mm) y 1" (25,4 mm): utilizados con menor frecuencia en obras específicas o piezas pequeñas.

En algunos casos, se adquieren chapones con medidas especiales fuera de estándar, con el objetivo de optimizar el aprovechamiento de material y reducir el tiempo de corte.

No obstante, la diversidad de dimensiones y la falta de un criterio de organización sistemático dificultan el acceso eficiente al material. Cuando se requiere un chapón

ubicado en el fondo de una pila, es necesario mover varias unidades superiores, lo cual demanda tiempo, interfiere con la disponibilidad del puente grúa y requiere la intervención de uno o dos operarios, afectando el ritmo normal de las operaciones.

Almacenamiento de piezas cortadas:

Las piezas resultantes del corte, como alas, almas y otros componentes estructurales, se almacenan temporalmente hasta que son requeridas para el armado o el replanteo. Las alas y almas se depositan en una zona intermedia entre el pantógrafo y la mesa de armado, mientras que las piezas menores (como soportes o cabezales) se colocan en estanterías o zonas cercanas al área de corte.

Esto obliga a los operarios del sector de replanteo a desplazarse hacia el inicio de la planta para buscar estos componentes, lo que incrementa los recorridos y genera pequeñas demoras operativas.

Almacenamiento intermedio de estructuras en proceso

Entre una etapa y la siguiente, las estructuras deben esperar a que se libere el puesto de trabajo siguiente. Esto genera una acumulación intermedia de piezas ya procesadas que se ubican a un costado de la zona de trabajo. Esta práctica resulta útil y necesaria en ciertos sectores, ya que permite que los operarios mantengan su ritmo de trabajo sin depender del avance inmediato de otras áreas. En sectores con más de un equipo operativo, disponer de piezas listas para trabajar es clave para asegurar continuidad.

No obstante, cuando el volumen de piezas acumuladas es excesivo o desordenado, se reduce la fluidez del movimiento, se incrementan los riesgos y se entorpece el acceso al resto de las estaciones.

Almacenamiento final y despacho

Las estructuras terminadas, ya pintadas y secas, se almacenan en el extremo posterior de la planta. Los camiones que retiran las piezas ingresan parcialmente al interior de la nave y, mediante el puente grúa, se realiza la carga directa. Esta operación debe ser cuidadosamente coordinada, ya que requiere el uso exclusivo del puente grúa durante varios minutos y la participación de al menos tres operarios. En la figura N° 10 se presenta una imagen de algunas piezas en el sector de almacenamiento de producto terminado.



*Figura N° 10: Almacenamiento de producto terminado.
Fuente: Imagen tomada en las visitas a la empresa.*

3.6 Análisis y mejora de procesos

3.6.1 Diagrama de recorrido

En la figura 11 se observa el diagrama de recorrido de la planta actual con todas las operaciones, almacenamientos, demoras y transportes, indicados con su simbología.

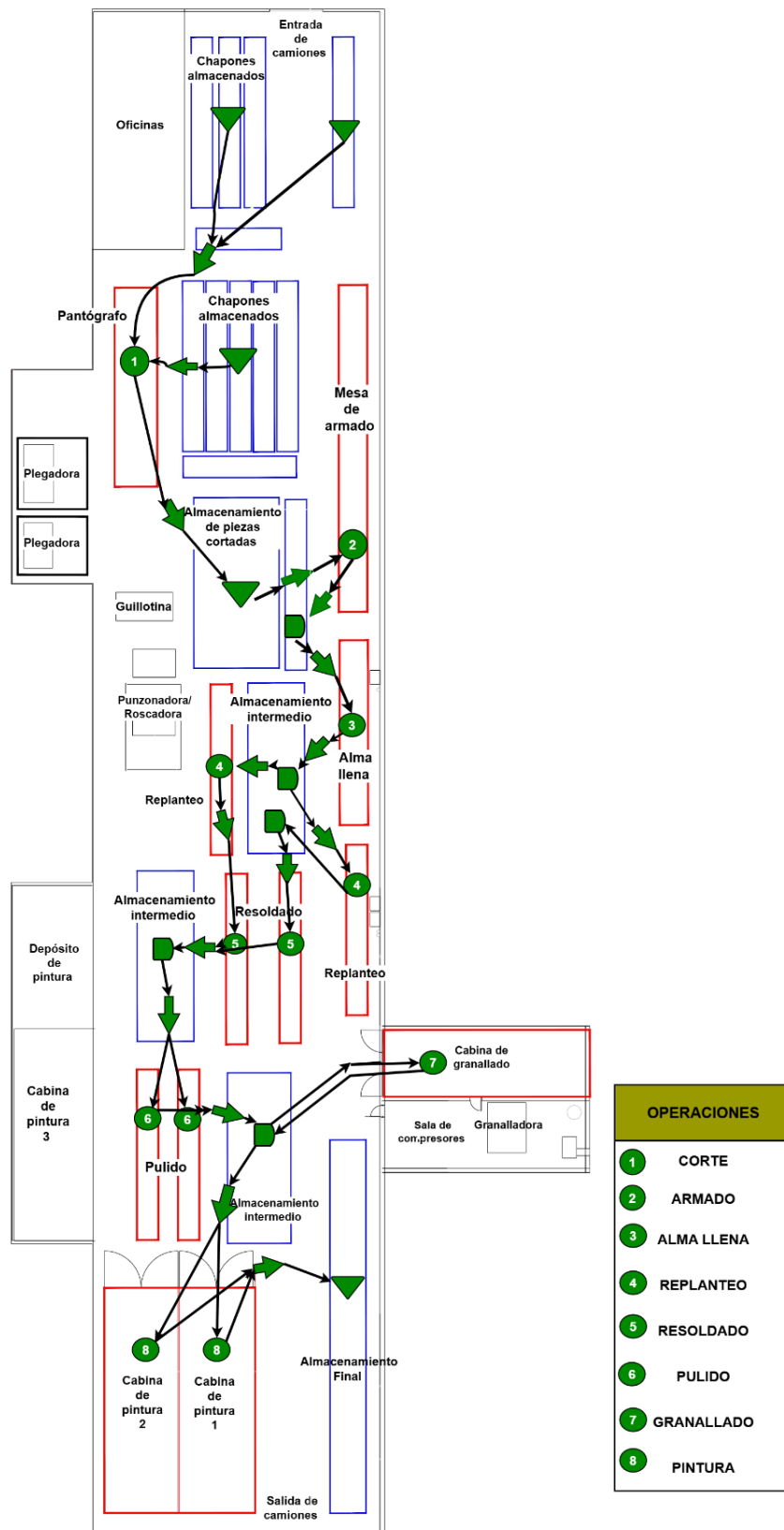


Figura N° 11: Diagrama de recorrido del layout actual.
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa.

El diagrama de recorrido permite visualizar la secuencia espacial que sigue una pieza durante su procesamiento dentro de la planta actual. Si bien no se registran numerosos retrocesos, el flujo no resulta completamente lineal, debido principalmente

a las dimensiones reducidas del espacio disponible, lo que limita la organización óptima de los sectores y genera algunos flujos cruzados entre etapas.

Además, se identifican zonas donde se produce acumulación de piezas en espera, fenómeno que se repite en distintos momentos del proceso y que será tenido en cuenta en el rediseño de la planta proyectada, con el fin de mejorar la continuidad operativa y reducir interferencias en el flujo de materiales.

3.6.2 Cursograma analítico

El siguiente cursograma analítico muestra todas las actividades necesarias para la fabricación de un elemento estructural de alma llena, desde la recepción de materias primas hasta la carga del producto terminado. Con el objetivo de mejorar la legibilidad y facilitar un análisis detallado, el cursograma fue dividido en dos tablas diferenciadas según el tipo de proceso involucrado.

En la Tabla 2 se presentan todas las actividades correspondientes a la recepción de materiales, corte, armado y soldadura de estructuras metálicas pesadas, incluyendo las operaciones realizadas hasta la finalización del proceso de soldadura. Por su parte, la Tabla 3 abarca las actividades relacionadas con el tratamiento superficial, que comprende las etapas de pulido, granallado, pintura, control final y carga.

Adicionalmente, en la Tabla 3 se incluye un resumen total de actividades, en el que se contabilizan las operaciones, inspecciones, transportes, demoras y almacenamientos registrados a lo largo de todo el proceso, así como la distancia total recorrida por una pieza dentro de la planta.

Tabla N° 3: Cursograma analítico hoja N° 1.
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico							Operario	Material	Equipo		
N° Diagrama		1		Hoja		1		Resumen			
Producto			Proceso				Actividad		Actual		
Elemento estructural de alma llena			Corte y soldadura				Operación		○		
Actividades							Inspección		□		
Máquina							Espera		D		
Manual							Transporte		→		
Método			Actual		(X)		Propuesto		()		
Lugar							Almacenamiento		▽		
Elaborado por					Fecha		N° ficha		Total		
Aprobado por					Fecha				Distancia (m)		
									Tiempo (hrs)		
N°	Componente		Descripción / Observación				Cantidad (1 pieza)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo	
1	Recepción de chapones		Recepción del material que llega en camión				-	-		○	□
2	Descarga de chapones		Descarga con puente grúa en el área de almacenamiento inicial				-	-	12,5	○	□
3	Almacenamiento de chapones		En la zona de almacenamiento inicial hasta su uso				-	-		○	□
4	Revisión de orden de producción y selección de chapón		Determinación de qué chapón cortar según orden de producción				-	-		○	□
5	Transporte al pantógrafo		Con puente grúa desde almacenamiento				-	-	16,5	○	□
6	Corte		Corte en pantógrafo de todas las piezas necesarias				-	-		○	□
7	Medición e identificación		Verificación del corte y marcaje identificador de piezas				-	-		○	□
8	Movimiento de piezas cortadas		Al área de almacenamiento de piezas cortadas con puente grúa				-	-	16	○	□
9	Almacenamiento de chapones		En la zona de almacenamiento inicial hasta su uso				-	-		○	□
10	Transporte de almas y alas		A la mesa de armado con puente grúa				-	-	9,5	○	□
11	Armado		Ensamble y soldado de almas y alas				-	-		○	□
12	Inspección del armado		Verificación de posiciones con los planos				-	-		○	□
13	Movimiento de estructura armada		A zona de espera con puente grúa				-	-	7	○	□
14	Espera por alma llena		Hasta que termine de procesarse la pieza anterior				-	-		○	□
15	Transporte de estructura armada		A soldadora de alma llena con puente grúa				-	-	12	○	□
16	Alma llena		Soldadura continua con máquina semiautomática				-	-		○	□
17	Inspección de Alma llena		Verificación de continuidad y deformaciones en la soldadura				-	-		○	□
18	Movimiento de estructura soldada		A zona de espera con puente grúa				-	-	5	○	□
19	Espera por replanteo		Hasta que termine de procesarse la pieza anterior				-	-		○	□
20	Movimiento a replanteo		Con puente grúa				-	-	8,5	○	□
21	Replanteo		Colocación de soportes, cabezales y otras piezas				-	-		○	□
22	Inspección de planos		Verificación de posicionamiento correcto				-	-		○	□
23	Movimiento de estructura replanteada		A zona de espera con puente grúa				-	-	8,5	○	□
24	Espera por Resoldado		Hasta que termine de procesarse la pieza anterior				-	-		○	□
25	Movimiento a resoldado		Con puente grúa				-	-	11	○	□
26	Resoldado		Soldadura manual de uniones faltantes				-	-		○	□
27	Control de calidad de soldaduras		Verificación final de todas las soldaduras				-	-		○	□
28	Movimiento de estructura		A zona de espera con puente grúa				-	-	7	○	□
29	Espera por pulido		Hasta que termine de procesarse la pieza anterior				-	-		○	□

Tabla N° 4: Cursograma analítico hoja N° 2.
Fuente: Elaboración propia.

Cursograma analítico										Operario	Material	Equipo	
N° Diagrama		1	Hoja		2	Resumen							
Producto			Proceso			Actividad				Actual			
Elemento estructural de alma llena			Tratamiento superficial			Operación		○	10				
Actividades						Inspección		□	8				
Máquina						Espera		⏸	8				
Manual						Transporte		➡	20				
Método		Actual	(X)	Propuesto	()	Almacenamiento		▽	3				
Lugar						Total		49					
Elaborado por					Fecha	N° ficha	Distancia (m)			219			
Aprobado por					Fecha	Tiempo (hrs)							
							-						
N°	Componente		Descripción / Observación			Cantidad (1 pieza)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolo				
									○	□	⏸	➡	▽
30	Movimiento a zona de pulido		Con puente grúa			-	-	14,5	○	□	⏸	➡	▽
31	Pulido		Eliminación de rebabas y defectos con amoladora			-	-		○	□	⏸	➡	▽
32	Inspección visual		Del acabado superficial			-	-		○	□	⏸	➡	▽
33	Movimiento de estructura pulida		A zona de espera con puente grúa			-	-	6	○	□	⏸	➡	▽
34	Espera por granallado		Hasta que termine de procesarse la pieza anterior			-	-		○	□	⏸	➡	▽
35	Movimiento de estructura hacia el carro de granallado		Con puente grúa			-	-	9	○	□	⏸	➡	▽
36	Movimiento hacia cabina de granallado		Ingreso con el carro hacia la cabina			-	-	11	○	□	⏸	➡	▽
37	Granallado		Aplicación de granalla a la pieza			-	-		○	□	⏸	➡	▽
38	Movimiento de salida de la cabina		Salida con el carro hacia fuera de la cabina			-	-	11	○	□	⏸	➡	▽
39	Movimiento de estructura granallada		A zona de espera con puente grúa			-	-	9	○	□	⏸	➡	▽
40	Espera por Pintura		Hasta que termine de procesarse la pieza anterior			-	-		○	□	⏸	➡	▽
41	Movimiento hacia la cabina de pintura		Con puente grúa			-	-	19	○	□	⏸	➡	▽
42	Pintura		Aplicación de fondo epoxi			-	-		○	□	⏸	➡	▽
43	Secado inicial		Espera por secado de la pieza en la cabina			-	-		○	□	⏸	➡	▽
44	Pintura		Aplicación de terminación de poliuretano			-	-		○	□	⏸	➡	▽
45	Secado final		Espera por secado de la pieza en la cabina			-	-		○	□	⏸	➡	▽
46	Control de calidad final		Medición del espesor e inspección del acabado final de la pintura			-	-		○	□	⏸	➡	▽
47	Movimiento de estructura pintada		A zona de despacho con puente grúa			-	-	16	○	□	⏸	➡	▽
48	Almacenamiento de producto terminado		Hasta que se realice una carga			-	-		○	□	⏸	➡	▽
49	Carga en camión		Con puente grúa			-	-	10	○	□	⏸	➡	▽
Total						-	-	219	10	8	8	20	

El análisis realizado incluye un total de 49 actividades vinculadas a la fabricación de un elemento estructural de alma llena. En esta etapa no se incorporaron los tiempos de operación, ya que estos serán abordados posteriormente mediante un estudio de tiempos específicos. El cursograma permitió identificar una alta frecuencia de actividades de transporte, mayormente asociadas al uso del puente grúa, así como una cantidad considerable de etapas de espera por secuencia de procesamiento, donde una pieza debe esperar a que finalice la anterior para continuar su recorrido.

Por su parte, el diagrama de recorrido complementa este análisis al representar de forma gráfica los desplazamientos realizados dentro de la planta. La distancia total recorrida por una pieza fue estimada en 219 metros. Se destacan ciertos recorridos cruzados y zonas donde se acumulan piezas en espera, aspectos que aportan información relevante para la evaluación del layout existente y su potencial reorganización en la nueva planta proyectada.

3.6.3 Estudio de tiempos

En la Tabla 4 se presenta el estudio de tiempos realizado en planta para las principales actividades involucradas en la fabricación de una viga de alma llena pesada, uno de los productos más representativos del flujo productivo actual.

Tabla N° 5: Estudio de tiempos.

Fuente: Elaboración propia.

Operación	Ciclo 1 (min)	Ciclo 2 (min)	Ciclo 3 (min)	Ciclo 4 (min)	Ciclo 5 (min)	Promedio Observado (TO)	Factor de Valoración (FV)	Tiempo Normal (TN)	Suplemento (%)	Tiempo Estándar (TE)
Corte	131	123	118	113	134	123,8	1	123,8	0,15	145,65
Armado	85	84	81	86	76	82,4	1,05	86,52	0,15	101,79
Alma llena	55	51	62	57	55	56	1,05	58,8	0,15	69,18
Replanteo	140	135	148	138	126	137,4	0,95	130,53	0,15	153,56
Resoldado	144	136	140	131	148	139,8	1,05	146,79	0,15	172,69
Pulido	150	162	145	156	183	159,2	0,95	151,24	0,15	177,93
Granallado	51	49	54	48	50	50,4	1,05	52,92	0,15	62,26
Pintura	80	82	85	88	83	83,6	1	83,6	0,15	98,35

Las vigas seleccionadas como referencia pertenecen a un lote de piezas similares, con un peso aproximado de 660 kg, una superficie total de 24 m², 9,7 metros de largo y 80 cm de ancho. Estas dimensiones reflejan una configuración típica y recurrente en la fabricación de estructuras metálicas para naves industriales en esta fábrica. Si bien cada obra puede requerir elementos con geometría, medidas particulares y pesos distintos, esta viga fue tomada como modelo base debido a su nivel de complejidad estándar. La Figura 12 muestra el plano correspondiente a una de estas vigas.

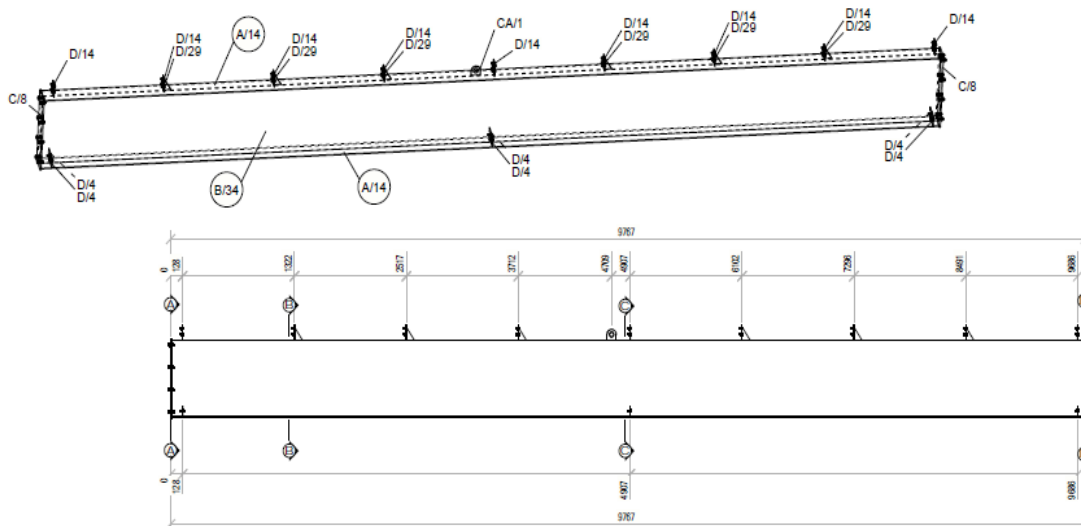


Figura N° 12: Plano de una de las vigas analizadas en el estudio de tiempos.

Fuente: Aportada por la empresa.

Para la realización del estudio, se llevaron a cabo cinco mediciones reales mediante observación directa con cronómetro, registrando la duración de cada actividad correspondiente al procesamiento de una única viga. Las mediciones se realizaron

bajo condiciones operativas normales, sin interferencias externas, con el fin de obtener valores representativos. Se utilizó la dotación real asignada en planta: un operario para el pantógrafo, dos para el armado, uno para alma llena, uno para replanteo, dos en resoldado, uno en granallado y dos en pintura. Estas cantidades reflejan el número de personas que intervienen directamente sobre una única pieza. Sin embargo, en algunos procesos se dispone de más de un equipo de trabajo operando en paralelo, lo que permite avanzar simultáneamente sobre múltiples vigas. Esta condición será considerada posteriormente en el análisis de cuellos de botella y en la evaluación de la tasa efectiva de producción de la planta, cruzando los tiempos estándar por unidad con la capacidad operativa real, según la distribución del personal establecida en el organigrama funcional.

En el caso del proceso de pintura, se contabiliza el tiempo total correspondiente a la aplicación de la capa de fondo epoxi, el secado intermedio y la aplicación de la capa de terminación de poliuretano. Se excluye el tiempo de secado final, ya que este ocurre fuera del horario laboral. No obstante, se considera como tiempo de espera sin operación, dado que durante ese período no es posible procesar otras piezas dentro de la misma cabina. El valor definitivo fue determinado a partir de mediciones realizadas durante cinco días distintos, considerando lotes completos, y ajustado según la cantidad de piezas que pudieron ser procesadas simultáneamente, lo cual habitualmente corresponde a seis unidades por jornada.

Cabe señalar que los tiempos reales pueden variar según las características específicas de cada pieza, como la cantidad de soportes, la necesidad de retrabajo o las condiciones de acceso. No obstante, los valores obtenidos constituyen una base válida y representativa para analizar la situación actual del proceso y fundamentar propuestas de mejora en la disposición física y en la organización de los recursos productivos.

El factor de valoración (FV) se determinó en base al ritmo observado de los operarios, que se mantuvo dentro de parámetros esperables. Se aplicó un suplemento del 15 % siguiendo las recomendaciones de Niebel y Freivalds (2009), quienes sugieren ajustar entre un 10 % y 20 % el tiempo normal para actividades con esfuerzo físico elevado o condiciones desfavorables, como la soldadura, el pulido o la manipulación de piezas pesadas.

Los tiempos estándar presentados fueron calculados bajo condiciones normales de operación, considerando únicamente las tareas ejecutadas directamente por los operarios, sin interferencias externas ni interrupciones ajenas al flujo productivo. No se incluyen posibles variaciones derivadas de factores como:

- Uso compartido del puente grúa entre múltiples sectores de la planta, que puede generar tiempos de espera en operaciones, en caso de ocurrencia de este caso, se detuvo el cronómetro.
- Condiciones climáticas adversas que afectan la disponibilidad del proceso de pintura, particularmente en jornadas con humedad elevada, que impiden aplicar o secar correctamente las capas de recubrimiento.

– Ocupación de los recursos del tratamiento superficial como las cabinas de granallado y pintura, por piezas complementarias (escaleras, tensores u otros elementos menores) que no forman parte del flujo principal analizado.

Estas situaciones, identificadas durante el relevamiento, representan restricciones reales que impactan la capacidad operativa y serán analizadas por separado en el diagnóstico general, con el fin de proponer mejoras en la eficiencia global del proceso.

3.6.5 Identificación del cuello de botella del proceso

Con el objetivo de evaluar la capacidad teórica del sistema productivo y detectar los posibles cuellos de botella, se realizó un análisis de carga por operación considerando los tiempos estándar previamente obtenidos y la dotación actual del personal según el organigrama funcional. Para ello, se estimó la cantidad de equipos efectivos por proceso, en función de la cantidad de personas necesarias para trabajar una única pieza y la dotación disponible en planta.

Posteriormente, se calcularon los minutos disponibles por día y la capacidad máxima de producción diaria y mensual de cada estación, bajo el supuesto de funcionamiento ideal: sin interrupciones externas, con recursos plenamente disponibles, y sin interferencias por el uso compartido del puente grúa, cabinas ocupadas o condiciones ambientales adversas.

El análisis considera jornadas de trabajo de 9 horas diarias, de lunes a sábado, lo que equivale a 540 minutos diarios por equipo. Se estimaron 25 días laborales al mes, contemplando una media entre semanas completas, feriados y carga efectiva registrada. La Tabla 5 resume los resultados obtenidos, incluyendo el tiempo estándar por operación, los equipos efectivos, la capacidad diaria y mensual por estación, y la conversión a kilogramos, tomando como referencia una pieza tipo de 660 kg.

*Tabla N° 6: Determinación del cuello de botella.
Fuente: Elaboración propia.*

Operación	Personas necesarias por pieza	Dotación total (organigrama)	Equipos efectivos	Tiempo Estándar (min/pieza)	Minutos disponibles por día	Capacidad diaria (piezas/día)	Capacidad mensual (piezas/mes)	Capacidad mensual (Kilos/mes)
Corte	1	1	1	145,65	540	3,708	93	61.175
Armado	2	2	1	101,79	540	5,305	133	87.535
Alma llena	1	2	1	69,18	540	7,806	195	128.801
Replanteo	1	2	2	153,56	1080	7,033	176	116.042
Resoldado	2	4	2	172,69	1080	6,254	156	103.188
Pulido	2	4	2	177,93	1080	6,070	152	100.152
Granallado	1	1	1	62,26	540	8,673	217	143.112
Pintura	2	2	1	98,35	540	5,490	137	90.592

Bajo las condiciones ideales consideradas en este análisis, el proceso de corte se identifica como el principal cuello de botella del sistema, ya que presenta la menor capacidad mensual. Además es un proceso altamente automatizado por lo que refleja correctamente la capacidad máxima del sistema actual y es una clara oportunidad de

mejora.

3.7 Oportunidades de mejora

A partir del relevamiento realizado y el análisis de los procesos productivos, se identificaron diversas oportunidades de mejora vinculadas a la disposición física, el flujo de trabajo y el uso de los recursos en planta. Estas observaciones fueron contrastadas con entrevistas a operarios y supervisores de la empresa, lo que permitió validar las problemáticas detectadas y confirmar su impacto en la eficiencia del sistema. El cuadro de la tabla N° 7 resume los principales aspectos identificados, que serán considerados en la formulación de propuestas específicas en la etapa posterior del proyecto.

Tabla N° 7: Oportunidades de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

Área / Aspecto	Descripción de la oportunidad de mejora
Área de corte	La capacidad del pantógrafo resulta insuficiente frente al volumen de producción, generando demoras y convirtiéndose en un cuello de botella operativo.
Movimiento de materiales	El uso compartido del puente grúa entre sectores provoca interrupciones y tiempos ociosos que afectan la continuidad del proceso.
Almacenamiento de chapones	La disposición actual carece de un orden sistemático, lo que dificulta el acceso y genera maniobras innecesarias al momento de la carga.
Piezas cortadas	Las piezas menores no se almacenan cerca del punto de uso, lo que obliga a recorridos adicionales por parte del personal de replanteo.
Flujo de producción	El flujo no es completamente lineal y se ve afectado por recorridos cruzados y acumulaciones intermedias que dificultan la organización.
Área de pintura	La capacidad limitada de las cabinas y su dependencia de las condiciones climáticas restringen el ritmo de producción en esta etapa final.
Distribución general del layout	La ubicación de equipos y zonas de trabajo genera cruces y superposiciones que reducen la eficiencia del espacio disponible.
Zonas de espera	La acumulación desordenada de piezas entre procesos interrumpe el flujo y limita la disponibilidad de espacio útil en planta.

4. PROPUESTA DE DISEÑO DEL NUEVO LAYOUT

A partir del diagnóstico realizado en la planta metalúrgica, se identificaron limitaciones vinculadas a la capacidad instalada, la disposición de los equipos, el movimiento interno de materiales y la organización de los espacios de almacenamiento. Estas condiciones, sumadas a la meta de alcanzar una producción mensual de 100 toneladas de estructuras pesadas, hacen necesario plantear una reconfiguración integral de la distribución en planta, acompañada de la incorporación de nuevos recursos técnicos y de una mejor organización operativa.

El diseño propuesto se sustenta en tres lineamientos centrales:

- Eliminar cuellos de botella y restricciones críticas que afectan la capacidad productiva.
- Optimizar el flujo de materiales y la disposición de áreas operativas para lograr mayor continuidad y reducir recorridos innecesarios.
- Integrar nuevas tecnologías y equipamientos, coherentes con las decisiones adoptadas por la empresa y con los objetivos de expansión proyectados.

4.1 Mejoras implementadas

4.1.1 Sector de corte

El análisis evidenció que el sector de corte actual constituye el principal cuello de botella dentro del proceso productivo, ya que su capacidad resulta insuficiente frente al volumen objetivo. Para resolver esta restricción se plantea la incorporación de un segundo pantógrafo CNC, lo que permitirá duplicar la capacidad instalada, reducir las esperas acumuladas en esta etapa y asegurar la continuidad de la producción aun en caso de paradas por fallas o mantenimiento. Con esta medida la capacidad de corte se incrementa de manera suficiente para garantizar el cumplimiento de la meta mensual.

4.1.2 Movimiento de materiales

El uso intensivo de los dos puentes grúa actuales provoca interrupciones en múltiples etapas, dado que cada traslado requiere la detención de tareas y la participación de operarios. Para mejorar la fluidez en el movimiento de estructuras pesadas y reducir tiempos improductivos, se propone la incorporación de dos puentes grúa adicionales. Con ello será posible atender en simultáneo diferentes operaciones y disminuir la dependencia entre sectores.

Además, se asignará nuevo personal específico dedicado al manejo de materiales, tanto en puentes grúa como en autoelevadores, evitando que estas tareas recaigan sobre operarios de los procesos principales y liberando capacidad efectiva en las estaciones de trabajo.

4.1.3 Almacenamiento de chapones y piezas cortadas

El sector de almacenamiento de chapones presentaba un ordenamiento poco sistemático, lo que dificultaba la selección y manipulación de las materias primas. Para

resolver esta situación se plantea un esquema de disposición ordenado por medidas y espesores, utilizando únicamente chapones de longitudes estándar de 12 m y 6 m.

Los espesores de mayor consumo ($1/2"$, $1/4"$ y $3/16"$) se ubicarán próximos a los pantógrafos, mientras que los de uso menos frecuente ($5/16"$, $3/8"$, $5/8"$ y $1"$) se destinarán a posiciones periféricas. El almacenamiento se organizará en siete filas de 12 m y siete filas de 6 m, lo que simplifica la disposición y asegura uniformidad. Además, se prevé un sector adicional para recortes reutilizables, debidamente señalizado y con control de medidas disponibles.

Respecto a las piezas cortadas, se mantendrán dos zonas diferenciadas:

Piezas grandes (almas y alas): se ubicarán en un área próxima al pantógrafo y al sector de armado, reduciendo recorridos y tiempos de traslado.

Piezas cortas (soportes, cabezales y partes pequeñas): se almacenarán cerca del pantógrafo y del área de replanteo, lo que facilita su manipulación y agiliza el proceso.

Esta organización permitirá un acceso más rápido y seguro, mejor aprovechamiento del espacio y menor uso improductivo de los equipos de izaje. En términos metodológicos, responde a varios de los principios de manejo de materiales planteados por Meyers y Stephens (2006): el principio de estandarización, aplicado al uso de longitudes fijas de chapones; el principio de flujo y de utilización del espacio, reflejados en la ubicación de los espesores de mayor consumo próximos al punto de uso; el principio de simplificación, visible en la separación entre zonas de piezas grandes y pequeñas; y el principio de control, presente en la gestión de los recortes reutilizables mediante señalización y registro de medidas. En conjunto, estas decisiones permiten un almacenamiento más eficiente y alineado con las necesidades de continuidad productiva de la planta.

4.1.4 Integración de procesos con nueva soldadora

Las etapas actuales de armado y alma llena serán reemplazadas por una única operación mediante la incorporación de una soldadora de arco sumergido integral (SAW). Este equipo combina en línea el centrado de almas y alas, la soldadura automática de cordones y el enderezado de la viga, reduciendo maniobras intermedias, tiempos de manipulación y espacio requerido.

El proceso consiste en introducir la viga en la línea, donde se posicionan las alas y el alma, se deposita un polvo granulado que recubre el cordón y protege la soldadura del aire (fundente), y se ejecutan de manera automática las uniones longitudinales. Finalmente, el equipo endereza el perfil y entrega la pieza terminada en una sola pasada. Este proceso, a su vez, cumple también la función de transporte longitudinal, ya que la cinta de 30 metros desplaza la viga desde el punto de carga inicial hasta un área de descarga más próxima a la siguiente estación de trabajo, reduciendo tiempos de manipulación y esfuerzo en el movimiento interno.

La estación requiere la participación de tres operarios para garantizar supervisión, alimentación de insumos y manejo de piezas. Las dimensiones de la celda son de

aproximadamente 30 m de largo $\times$ 4 m de ancho (120 m²), superficie que debe contemplarse en el layout.

4.1.5 Nueva cabina de pintura

El diagnóstico evidenció que la capacidad limitada de las cabinas de pintura, junto con la dependencia de factores climáticos en el tratamiento, restringe el ritmo de producción y afecta los plazos de entrega. En este sentido, la empresa ha decidido incorporar una nueva cabina de pintura con horno de secado.

El sistema opera mediante un riel transportador con perchas, donde las piezas son colgadas y trasladadas a las áreas de aplicación y posterior curado. La cabina cuenta con dos estaciones de trabajo en serie (aplicación y horno), lo que permite realizar de manera secuencial las tareas de pintado y secado. Cada pieza debe recibir dos manos de pintura: una capa de fondo epoxi y, tras su secado, una capa de terminación. De acuerdo con la documentación técnica del fabricante, el tiempo de ciclo para cada pasada (una mano completa) es de aproximadamente 120 minutos.

No obstante, en condiciones de operación real, las piezas se manipulan en lotes sobre perchas que se desplazan en flujo continuo a través de la línea. De este modo, mientras una percha se encuentra en la etapa de aplicación, otra puede estar en el horno, lo que reduce significativamente los tiempos muertos. Bajo este esquema, la capacidad efectiva de la instalación se traduce en un promedio de 60 minutos por pieza terminada, lo que asegura que el proceso pueda acompañar el ritmo del resto de la planta sin transformarse en una restricción.

La operación será atendida por un equipo de tres operarios, encargados de la manipulación de piezas, la supervisión de la aplicación y el control de calidad del recubrimiento. Las dimensiones de la instalación son del orden de 15 $\times$ 15 m (225 m²), incluyendo la cabina, el horno y las áreas de servicio inmediatas.

4.1.6 Distribución general y zonas de espera

La disposición actual de los equipos genera recorridos cruzados y acumulaciones intermedias que afectan la fluidez del proceso. El nuevo layout buscará establecer un flujo más lineal, desde el ingreso de materias primas hasta el despacho final, minimizando transportes y evitando cruces innecesarios. Se mantendrán zonas de espera intermedias únicamente en aquellos sectores donde resulten necesarias para equilibrar operaciones paralelas, pero con un control estricto de su volumen y ubicación, de modo que no interfieran con la circulación general ni saturen el espacio operativo.

4.1.7 Ampliación de estaciones de replanteo, resoldado y pulido

El aumento de capacidad en corte y armado incrementará el caudal de piezas hacia las etapas posteriores. Dado que el estudio de tiempos mostró que en un escenario ideal los sectores de replanteo, resoldado y pulido alcanzaban justo la meta mensual, se prevé incorporar una estación adicional en cada uno de estos procesos.

Anteriormente se disponía de 6 estaciones en total (2 por cada proceso), con una

ocupación estimada de 20 m² por estación, equivalentes a 120 m². Con la ampliación, se contará con 9 estaciones (3 por proceso), lo que eleva la superficie conjunta a 180 m².

Además, se ha previsto un margen adicional de superficie en este sector, ya que se trata de operaciones variables y de carácter manual, que pueden requerir mayor espacio de maniobra, acumulación temporal de piezas o incluso la instalación de estaciones extra en caso de incrementos de la demanda. Este excedente, aunque no se destine de forma inmediata a un puesto fijo, se incorpora al área como una separación mayor a la estrictamente necesaria entre las estaciones de trabajo. Este espacio operativo y de circulación, a corto plazo refuerza la flexibilidad y la continuidad del flujo productivo.

4.2 Análisis de la nueva capacidad productiva

Con el nuevo esquema de procesos y equipos, se realizó un análisis de la capacidad instalada de cada etapa productiva. El cálculo considera jornadas de 9 horas diarias (540 minutos por estación), de lunes a sábado, y 25 días laborables al mes. Para la conversión de piezas a toneladas se utilizó una pieza tipo de 660 kg como referencia, tal como se había hecho en el análisis del relevamiento.

*Tabla N° 8: Análisis capacidad propuesta.
Fuente: Elaboración propia.*

Operación	Operarios necesarios por pieza	Estaciones de trabajo	Operarios totales por proceso	Tiempo estandar (min/ pieza)	Minutos disponibles por día	Capacidad diaria (piezas/ día)	Capacidad mensual (Piezas/mes)	Capacidad mensual (Kilos/ mes)
Corte	1	2	2	146	1080	7,4	185	122.055
Armado	3	1	3	65	540	8,3	208	137.077
Replanteo	1	3	3	154	1620	10,5	263	173.571
Resoldado	2	3	6	173	1620	9,4	234	154.509
Pulido	2	3	6	178	1620	9,1	228	150.169
Granallado	1	1	1	62	540	8,7	218	143.710
Pintura	3	1	3	60	540	9,0	225	148.500

El análisis confirma que todos los procesos superan la meta de 100 toneladas mensuales fijada como objetivo de producción. Si bien estos valores corresponden a condiciones ideales, debe considerarse que las mejoras introducidas en el movimiento de materiales y en la organización del almacenamiento permitirán reducir de manera significativa los tiempos improductivos, de modo que el desempeño real de la planta se aproxime a la capacidad aquí estimada.

4.3. Dimensionamiento preliminar de superficies

El dimensionamiento de las superficies de la nueva planta se definió en función de los requerimientos de cada proceso productivo y de las áreas de apoyo necesarias para sostener un flujo continuo. Para cada sector se consideraron las dimensiones de los equipos, el espacio operativo de los puestos de trabajo y las zonas inmediatas de servicio.

Asimismo, se incorporaron al cálculo otras áreas que no habían sido analizadas en las etapas de relevamiento inicial, pero que deberán contemplarse en el diseño porque utilizan superficie útil y se relacionarán con el funcionamiento integral de la planta. Entre ellas se incluyen el espacio interior destinado al ingreso y egreso de camiones, las oficinas administrativas, el sector de fabricación de herrerías y estructuras livianas, y el área de corte y plegados.

En la tabla N° 9 se presentan las superficies estimadas para cada sector de la planta:

Tabla N° 9: Dimensionamiento de superficies en la planta.

Fuente: Elaboración propia.

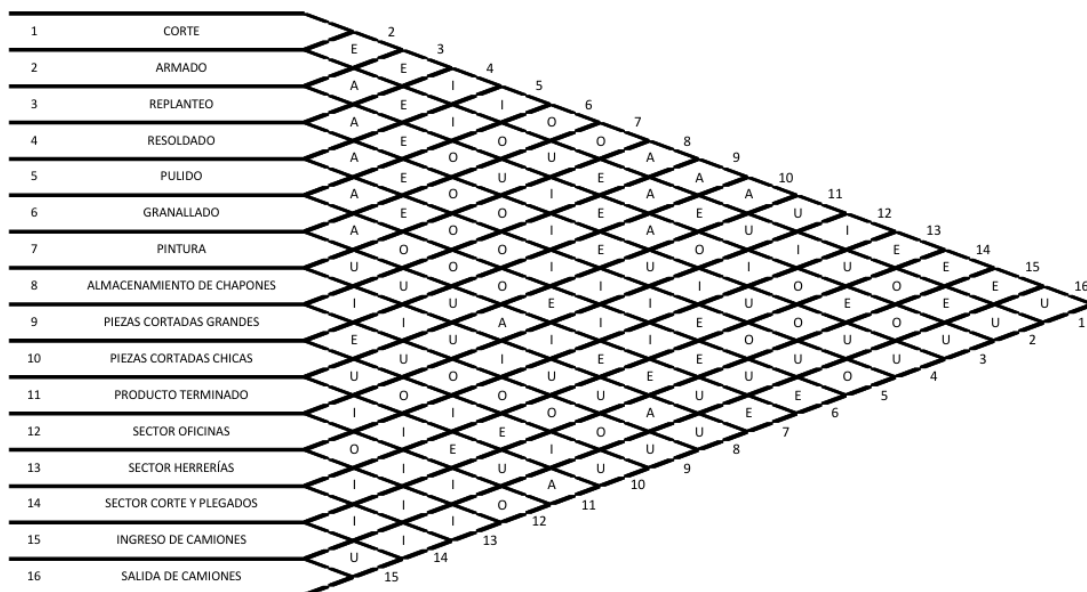
Sector	Superficie (m ²)	% de utilización
Procesos principales	734.0 m²	29.1 %
Corte (dos pantógrafos CNC)	84 m ²	3,3 %
Armado con soldadora SAW (celda)	120 m ²	4,8 %
Replanteo, resoldado y pulido	180 m ²	7,1 %
Granallado	75 m ²	3,0 %
Cabina de pintura + depósito de pintura	275 m ²	10,9 %
Almacenamientos	953.0 m²	37.9 %
Chapones de 12 metros	186 m ²	7,4 %
Chapones de 6 metros	93 m ²	3,7 %
Piezas cortadas grandes (almas y alas)	120 m ²	4,8 %
Piezas cortadas pequeñas (soportes, cabezales y partes menores)	24 m ²	1,0 %
Producto en espera	360 m ²	14,3 %
Producto terminado	170 m ²	6,7 %
Áreas complementarias	598.0 m²	23.6 %
Oficinas	150 m ²	5,9 %
Sector herrería y estructuras livianas	200 m ²	7,9 %
Sector de guillotina, punzonado y plegados	178 m ²	7,0 %
Sala de compresores	70 m ²	2,8 %
Logística interior	240.0 m²	9.5 %
Espacio para ingreso y salida de camiones (carga de materias primas y despacho de productos terminados)	240 m ²	9,5 %

Totales:

- La superficie interior destinada a procesos, almacenamientos, áreas complementarias y logística asciende a 2525 m².
- El espacio restante de la planta se destinará a pasillos de circulación, márgenes operativos entre estaciones, zonas de carga y descarga no delimitadas, espacios técnicos y otras áreas no productivas.

4.4 Diagrama de relación de actividades

Para avanzar en la definición del nuevo layout, se presenta en la Figura N° 13 el gráfico de relación de actividades, en el cual se representan las interacciones existentes entre los distintos sectores de la planta. En este diagrama se emplea la notación habitual de las letras A, E, I, O y U, que corresponden a distintos grados de necesidad de proximidad: A (absolutamente necesario), E (especialmente necesario), I (importante), O (ordinario) y U (sin importancia).



*Figura N° 13: Diagrama de relación de actividades.
Fuente: Elaboración propia.*

De esta manera, se establece una primera aproximación cualitativa a la disposición de los sectores, considerando el flujo de materiales, los requerimientos de supervisión, la seguridad y la conveniencia operativa.

4.5 Hoja de trabajo de relación de actividades

Con el fin de complementar el análisis gráfico, se confeccionó la hoja de trabajo de la relación de actividades, presentada en la figura N° 10. En ella se sistematizan los vínculos identificados en el gráfico, indicando para cada par de sectores el tipo de relación asignada y la justificación correspondiente. Esta herramienta sirve como base para la posterior elaboración del diagrama de bloques, ya que permite traducir de manera ordenada los criterios de proximidad y las restricciones operativas en una matriz de consulta directa.

Tabla N° 10: Tabla relación de actividades.

Fuente: Elaboración propia.

	A	E	I	O	U
1 CORTE	8,9,10	2,3,13,14,15	4,5,12	6,7	11,16
2 ARMADO	3,9	4,10,15	5,12	6,14	7,11,16
3 REPLANTEO	2,4,10	5,9,14	8,12	6,11	7,16
4 RESOLDADO	3,5	2, 10	1,9,12	7,8,14	11,15,16
5 PULIDO	4,6	3,7,13	1,2, 10,11,12	8,9,14,16	15
6 GRANALLADO	5,7	4, 11,14,16	12,13	1,2,3,8,9,10	15
7 PINTURA	6,11	7,13,16	12,14	1,4	2,3,7,8,9,15
8 ALMCENAMIENTO DE CHAPONES	1,15	2	3,9,10,12	4,5,6	7,11,13,14
9 PIEZAS CORTADAS GRANDES	1,2	3,1	4,8,15	5,6,12,13,14	16
10 PIEZAS CORTADAS CHICAS	1,3	2,4,9	5,8,13,15	6,12	7,11,16
11 PRODUCTO TERMINADO	7,16	6,14	5,12,13	3	1,2,4,8,9,15
12 SECTOR OFICINAS			1,2,3,4,5,6,7,8,14,15	9,10,13,16	
13 SECTOR HERRERIAS		1,5,7	6,10,11,14,15,16	3,9,12	2,4,8
14 SECTOR CORTE Y PLEGADO		1,3,10,11	6,7,12,13,14,15,16	2,4,5,9	8
15 INGRESO DE CAMIONES	8	1,2	9,10,12,13,14	3	4,5,6,7,11,15
16 SALIDA DE CAMIONES	11	6,7	13,14	5,12	1,2,3,4,8,9,15

4.6 Diagrama adimensional de bloques

A partir de la información consolidada en el gráfico y en la hoja de trabajo, se construyó el diagrama adimensional de bloques, presentado en la Figura N° 14. Este esquema representa de manera esquemática la distribución relativa de los sectores dentro de la planta, sin asignar medidas específicas, pero respetando las relaciones de proximidad establecidas. Las flechas indican el flujo principal del producto, que recorre el proceso desde la recepción de materias primas hasta el egreso de producto terminado, facilitando la visualización de la secuencia productiva y las conexiones críticas entre áreas.

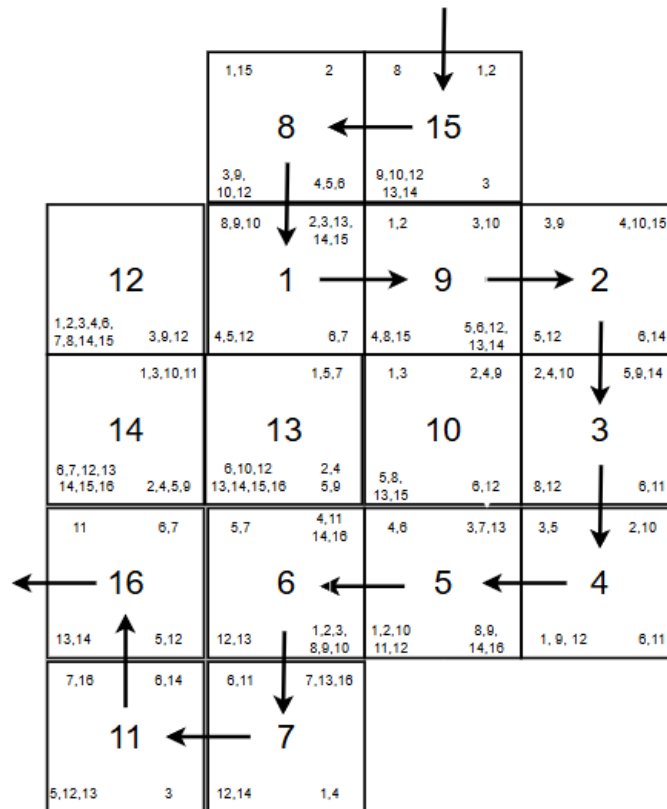


Figura N° 14: Diagrama adimensional de bloques
Fuente: Elaboración propia.

4.7 Diseño del nuevo layout propuesto

Como resultado del análisis realizado, se presenta, en la figura N° 15, el diseño del plano correspondiente a la nueva propuesta de layout. La distribución considera los aspectos desarrollados en los apartados anteriores y se organiza bajo un criterio de flujo lineal, con el objetivo de alcanzar de manera efectiva las metas de producción planteadas.

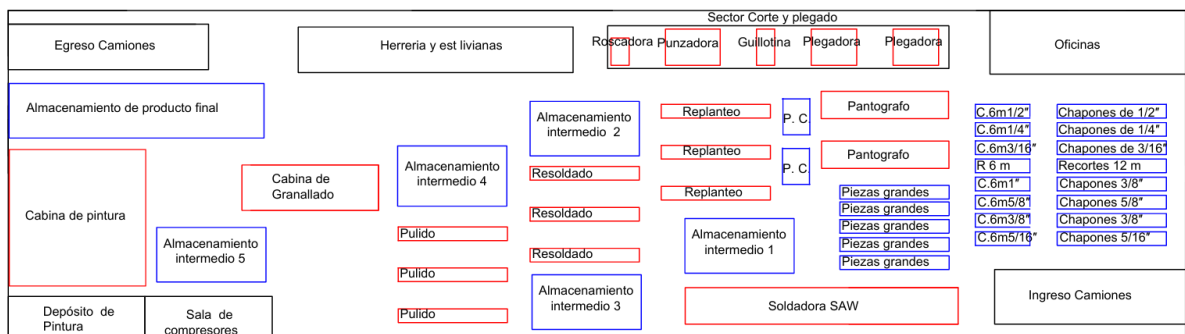


Figura N° 15: Distribución de planta propuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de garantizar el movimiento seguro y eficiente de materiales, los cuatro puentes grúa se colocarán en los sectores de mayor demanda operativa. A

continuación, se detallan las zonas donde se instalará cada uno:

1. La zona de descarga de camiones y pantógrafo.
2. El área de carga y descarga de la soldadora.
3. El sector destinado a replanteo, resoldado y pulido.
4. El área de granallado, cabina de pintura y carga final de camiones.

4.8 Diagrama de recorrido del nuevo Layout

El diagrama de recorrido, presentado en la Figura N° 16, complementa al layout propuesto al representar gráficamente el movimiento del producto principal (las vigas y columnas de alma llena) dentro de la planta. Su construcción permite visualizar de manera clara los trayectos recorridos a lo largo de las distintas etapas del proceso productivo, desde la recepción de materias primas hasta la expedición del producto terminado.

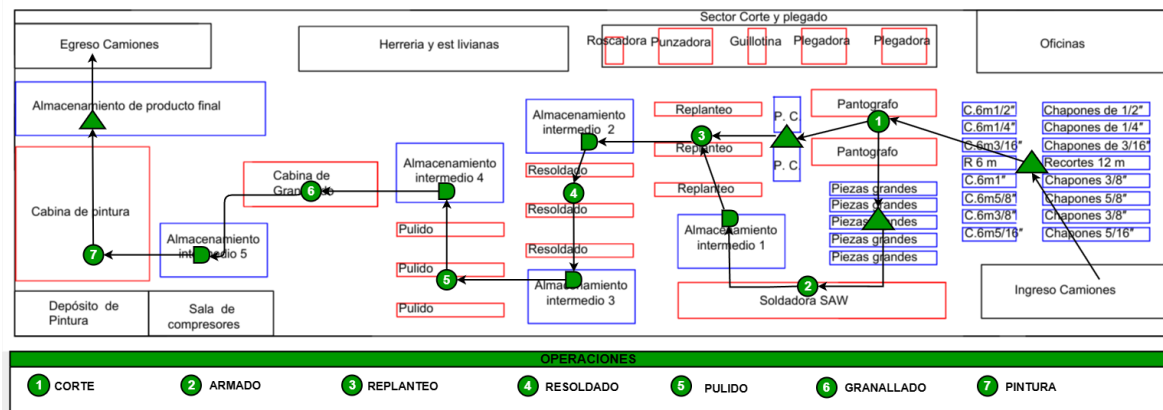


Figura N° 16: Diagrama de recorrido del layout propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

4.9 Comparación de recorrido entre layout actual y propuesto

Con el objeto de comparar de manera objetiva la eficiencia del nuevo layout respecto al actual, se analizó el recorrido de una pieza estándar a lo largo de las distintas estaciones de trabajo con el puente grúa. La distancia se redujo de 312 m a 218 m, un 30%. Sin embargo, debido a que la propuesta implica una ampliación de un 57% de la superficie cubierta, la distancia total recorrida no representa el aumento de eficiencia de transporte. Ya que la distancia entre los extremos de la planta aumentó de 107 m a 129 m, un 20%. La distancia mínima a recorrer entre la zona de carga y descarga de camiones pasó de 98 m a 113 m, un 15% más. Para incluir el aumento de área cubierta en el cálculo de la eficiencia del layout se usará el siguiente indicador:

$$\text{Ineficiencia de layout} = \frac{\text{recorrido}}{\text{distancia mínima}} \quad (1)$$

Para el layout actual obtenemos:

$$\text{Ineficiencia de layout} = \frac{\text{recorrido}}{\text{distancia mínima}} = \frac{312}{98} = 3,2 \quad (2)$$

Para el layout propuesto obtenemos:

$$\text{Ineficiencia de layout} = \frac{\text{recorrido}}{\text{distancia mínima}} = \frac{218}{113} = 1,9 \quad (3)$$

Lo que representa que inicialmente se recorre 3,2 veces la distancia mínima, y en el layout propuesto se recorre 1,9 veces.

Además de acortar el recorrido de las piezas, el nuevo layout permitió reducir el número de traslados con puente grúa de 18 a 16 movimientos. Esto se logró gracias a la incorporación de la soldadora automática, que integra en una sola estación las tareas que antes se realizaban en las áreas de armado y alma llena, evitando también el almacenamiento intermedio.

La reducción no solo impacta en la distancia recorrida, sino también en los tiempos de carga y descarga asociados al uso de la grúa. El tiempo promedio de izaje de una pieza, que incluye el amarre a la soga y el levantamiento, es de aproximadamente 5 minutos, mientras que la descarga demanda cerca de 2 minutos. Al eliminar dos ciclos completos de izaje y descarga, se ahorran 14 minutos por pieza. A esto se suma la reducción de 94 metros de recorrido, que a una velocidad promedio de 16 m/min representan 5,9 minutos adicionales.

En conjunto, la optimización implica un ahorro de alrededor de 19,9 minutos por pieza. Considerando un peso promedio de 677 kg por unidad, y un objetivo mensual de 100 toneladas (148 piezas), el impacto acumulado equivale a casi 49 horas menos de utilización de la grúa cada mes, lo que representa una mejora significativa en la eficiencia del transporte interno de materiales.

5. DESCRIPCIÓN DE PUESTOS

Para la incorporación de las nuevas máquinas se elaborarán descriptivos de puesto específicos que permitan organizar de manera clara las funciones del personal asignado a su utilización. Para ello, en primer lugar se realizará un análisis funcional de los equipos a partir de la información disponible en los manuales de funcionamiento y de entrevistas realizadas en la empresa. Posteriormente se determinarán los requerimientos técnicos y las habilidades necesarias para una operación segura y eficiente, y finalmente se redactarán los descriptivos de puesto contemplando responsabilidades, requisitos y condiciones de trabajo. De esta manera, se busca que los perfiles definidos estén alineados con las necesidades del proceso productivo y que sirvan como base para la capacitación del personal, la adecuada asignación de recursos y el cumplimiento de las normas de seguridad.

5.1. Análisis funcional de las nuevas máquinas

5.1.1 Análisis funcional de la soldadora de arco sumergido (SAW)

La soldadora de arco sumergido incorporada en la planta está diseñada para integrar en una única línea las operaciones de armado, soldadura y enderezado de vigas tipo H. Su funcionamiento combina sistemas automáticos de alineación y soldadura con la intervención de operarios en tareas de supervisión, alimentación de materiales y control de insumos.

El proceso inicia colocando el alma y las alas previamente cortadas en la mesa de carga, posicionada en un extremo de la máquina. Un sistema de rodillos y guías ayuda a moverlas hacia la soldadora a la par que centra las piezas y asegura su posición relativa antes de la unión. Posteriormente, se aplica un polvo granulado denominado fundente, que recubre el arco eléctrico y protege la soldadura de la acción del oxígeno. La soldadura se realiza en forma automática, generalmente con doble alambre, garantizando continuidad, penetración y homogeneidad en los cordones. El equipo incorpora un sistema de recuperación del fundente sobrante y, finalmente, un módulo de enderezado corrige las deformaciones térmicas de una sola pasada, entregando la viga terminada en el extremo opuesto.

Si bien gran parte del proceso está automatizado, la máquina requiere la intervención de tres operarios. El primero se encarga del manejo auxiliar de los equipos de izaje y participa en las operaciones de carga y descarga. El segundo asiste en la alimentación de insumos, preparación de piezas y control del fundente. El tercero realiza la supervisión general y el control de parámetros de soldadura desde el panel de mando.

De este modo, la intervención humana se concentra en la preparación, supervisión y aseguramiento de la calidad, mientras que las tareas críticas de soldadura y enderezado son realizadas íntegramente por el sistema automático.

5.1.2 Análisis funcional de la cabina nueva cabina de pintura

La cabina de pintura con horno de secado incorporada en la planta integra en una misma línea las operaciones de aplicación y curado de recubrimientos, asegurando uniformidad y continuidad en el tratamiento superficial de vigas, columnas y otros

elementos metálicos. El sistema funciona a través de un riel transportador con perchas que trasladan las piezas a lo largo de las diferentes etapas, permitiendo un flujo ordenado y sin interrupciones.

El proceso se organiza en dos estaciones de trabajo consecutivas. En la primera, los operarios aplican manualmente las capas de pintura desde plataformas ubicadas a ambos lados de la pieza, garantizando cobertura uniforme en toda su superficie. La segunda estación corresponde al horno de secado, donde las piezas son sometidas a condiciones controladas de temperatura y ventilación que aseguran la correcta adherencia y durabilidad del recubrimiento.

El movimiento de las perchas y las variables de operación del horno se gestionan desde un tablero de mando externo, que centraliza el control de la instalación y coordina el avance de las piezas entre etapas. Esta configuración permite que las tareas de aplicación y secado se desarrollen en paralelo, reduciendo esperas y manteniendo la continuidad del proceso productivo.

5.2. Requerimientos técnicos y habilidades

5.2.1 Requerimientos técnicos y habilidades para la operación de la soldadora de arco sumergido (SAW)

El personal asignado a la operación de la soldadora de arco sumergido debe contar con una formación técnica adecuada y habilidades específicas que aseguren un uso seguro y eficiente del equipo.

Dado que algunas de estas competencias pueden adquirirse a través de una capacitación inicial en el puesto, a continuación se distinguen los **requisitos de ingreso** y las **competencias a desarrollar mediante entrenamiento**.

- **Conocimientos técnicos (requisitos de ingreso):** comprensión general de procesos de soldadura, capacidad para identificar la correcta ejecución de cordones, lectura básica de planos de estructuras metálicas y nociones sobre seguridad en el trabajo.
- **Competencias técnicas adquiribles mediante capacitación inicial:** operación del panel de mando de la soldadora de arco sumergido, ajuste de parámetros de corriente, tensión y velocidad de avance, interpretación detallada de manuales técnicos y lectura avanzada de planos de fabricación de alma llena.
- **Habilidades prácticas (requisitos de ingreso):** Capacidad de control visual de la calidad de los cordones y coordinación de las operaciones de carga y descarga mediante equipos de izaje. Conocimientos de soldadura manual como respaldo en tareas auxiliares, manejo de herramientas utilizadas en la mecanización y fabricación de estructuras metálicas, y experiencia en el uso de instrumentos de medición para control dimensional.
- **Habilidades prácticas a desarrollar mediante capacitación inicial:** Organización de piezas y alimentación de insumos (fundente y alambres de

soldadura), verificación de la alineación inicial.

- **Competencias en seguridad (requisito de ingreso):** uso correcto de los equipos de protección personal y conocimiento general de normas de seguridad en planta.
- **Competencias de seguridad reforzadas en capacitación inicial:** identificación de riesgos asociados al arco eléctrico, la radiación y las proyecciones de fundente, así como en la manipulación segura de piezas de gran porte y coordinación de maniobras con equipos de izaje.

5.2.2 Requerimientos técnicos y habilidades – Cabina de pintura

El personal destinado a la operación de la cabina de pintura debe contar con una formación técnica adecuada y con habilidades específicas que garanticen la correcta ejecución del proceso de recubrimiento superficial en estructuras metálicas.

Dado que algunas competencias pueden desarrollarse mediante capacitación inicial, se diferencian los requisitos de ingreso y las competencias a adquirir en el puesto.

- **Conocimientos técnicos (requisitos de ingreso):** Se requiere comprensión de los principios de aplicación de recubrimientos en estructuras metálicas, preparación adecuada de pinturas y mezclas. También es necesario tener la capacidad de interpretar planos de fabricación. El operario debe ser capaz de distinguir entre distintos tipos de pintura, seleccionando la adecuada según las especificaciones técnicas de cada lote.
- **Conocimientos técnicos a desarrollar mediante la capacitación inicial:** Lectura de órdenes de producción, de modo que cada pieza reciba el tratamiento correspondiente. Manejo de los tiempos de secado y del horno de curado. Operación del tablero de mando de la cabina y control de parámetros del horno.
- **Habilidades prácticas (requisitos de ingreso):** Se demanda dominio en el manejo de pistolas de aplicación manual sobre piezas de gran porte, coordinación en el uso de plataformas laterales para asegurar una cobertura uniforme, preparación y manipulación de insumos (pinturas, solventes, filtros) y colaboración en las operaciones de carga y descarga mediante equipos de izaje. Además, resulta fundamental la capacidad para realizar un control minucioso de la calidad del acabado final de la superficie, identificando defectos, irregularidades o faltas de cobertura y aplicando las correcciones necesarias.
- **Competencias en seguridad (requisitos de ingreso):** El puesto exige el uso correcto de equipos de protección personal (protección respiratoria, ocular, auditiva, guantes y ropa ignífuga)
- **Competencias en seguridad mediante la capacitación inicial:** Identificación de riesgos asociados a vapores y solventes, altas temperaturas en el horno y manipulación de piezas pesadas. Cumplimiento de los procedimientos de ventilación y la manipulación segura de materiales inflamables son requisitos indispensables para garantizar la integridad del personal y la seguridad del área de trabajo.

5.3. Redacción de descriptivos de puesto

5.3.1 Descriptivo de puesto: Operador de soldadora de arco sumergido (SAW)

Resumen del puesto:

Encargado de operar y supervisar la soldadora de arco sumergido, asegurando la correcta integración de las operaciones de armado, soldadura y enderezado de vigas de alma llena, con el fin de garantizar productividad, continuidad del flujo y calidad en los cordones.

Relaciones:

- Reporta al encargado de Producción y al responsable de la planta.
- Supervisa y asiste técnicamente al resto de los operarios de la máquina.
- Trabaja en conjunto con operarios del sector de corte, almacenamiento y control de calidad además de coordinar con personal de movimiento interno de materiales en planta.

Responsabilidades:

- Supervisar parámetros de soldadura desde el panel de mando: corriente, tensión y velocidad de avance.
- Preparar piezas: colocación de almas y alas, verificación de alineación inicial.
- Organizar y controlar la alimentación de insumos (fundente, alambres de soldadura).
- Realizar control visual de cordones y monitoreo de calidad de la soldadura.
- Coordinar la carga y descarga de piezas mediante equipos de izaje.
- Asegurar la limpieza y el mantenimiento básico de la máquina.
- Registrar incidencias y comunicar desvíos en la producción.

Autoridad:

- Intervenir en el ajuste de parámetros de operación de la máquina.
- Detener el proceso en caso de fallas críticas o condiciones inseguras.
- Proponer mejoras en los métodos de trabajo y en la utilización de insumos.

Criterios de desempeño:

- Cumplimiento de los objetivos de los planes de producción establecidos.
- Mantenimiento de estándares de calidad en cordones
- Correcto uso y conservación de insumos y del equipo de trabajo.
- Evitar accidentes o incidentes en su puesto de trabajo.
- Mantener un nivel de presentismo adecuado que garantice la continuidad de la producción.
- Demostrar trato respetuoso y colaboración con los compañeros de trabajo, favoreciendo un clima laboral positivo.

Condiciones de trabajo y ambiente:

El puesto se desarrolla en planta, en un entorno con exposición a ruidos, radiación lumínica, proyecciones de fundente y manipulación de piezas de gran porte. Se requiere uso permanente de equipos de protección personal (protección visual, auditiva, guantes, ropa ignífuga, calzado de seguridad) y coordinación con equipos de izaje para la manipulación segura de vigas.

5.3.2 Descriptivo de puesto: Operador de Cabina de pintura

Resumen del puesto:

El operador de cabina de pintura tiene a su cargo la aplicación de recubrimientos en estructuras metálicas y la conducción integral del proceso de pintado, incluyendo la supervisión y operación del horno de secado. Su responsabilidad principal es garantizar la uniformidad del acabado y el cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad y productividad establecidos.

Relaciones del puesto:

- Reporta al Encargado de Producción y al Responsable de Planta Metalúrgica.
- Supervisa a los demás operarios asignados a la cabina.
- Interactúa con operarios de otros procesos de tratamiento superficial, con el área de control de calidad y con el personal a cargo del movimiento de materiales.

Responsabilidades:

- Seleccionar la pintura adecuada para cada lote y preparar las mezclas de acuerdo con las especificaciones.
- Colocar y preparar las piezas en las perchas del sistema transportador.
- Ejecutar la aplicación manual de pintura (capa de fondo y de terminación) desde plataformas laterales, asegurando cobertura uniforme, completa y prolija.
- Supervisar el funcionamiento del horno y controlar los parámetros desde el tablero de mando.
- Manipular, reponer y registrar insumos (pinturas, solventes, filtros).
- Verificar la calidad del acabado final mediante controles visuales y táctiles.
- Mantener el orden, limpieza y condiciones de seguridad en la cabina.

Autoridad:

El operador tiene la capacidad de detener momentáneamente el proceso en caso de detectar defectos graves de aplicación o condiciones inseguras, informando de inmediato al Jefe de Producción. Asimismo, puede solicitar ajustes en la programación de cargas o en la provisión de insumos cuando se identifiquen desvíos que comprometan la calidad o la seguridad del proceso.

Criterios de desempeño:

- Cumplimiento de los objetivos del plan de producción diario.
- Asegurar uniformidad, prolijidad y calidad del acabado superficial en cada pieza.
- Cumplimiento de los tiempos de ciclo establecidos para la operación.
- Correcta manipulación, registro y control del consumo de insumos.

- Cumplimiento estricto de las normas de seguridad y uso de equipos de protección personal.
- Mantener un nivel de presentismo adecuado que garantice la continuidad de la producción
- Demostrar trato respetuoso y colaboración con los compañeros de trabajo, favoreciendo un clima laboral positivo.

Condiciones de trabajo y ambiente:

El puesto se desarrolla en un entorno cerrado, con exposición a vapores, solventes y altas temperaturas, bajo condiciones de ventilación controlada. Se requiere el uso permanente de equipos de protección personal (máscara con filtros, protección ocular y auditiva, guantes y ropa adecuada). El trabajo se organiza en turnos completos según la programación de la planta, en coordinación con las demás operaciones productivas.

6. CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se logró plantear un diseño de layout que aprovecha el aumento de la superficie cubierta de la planta para duplicar la producción, al mismo tiempo que reduce el tiempo de uso de los puentes grúa y permite alcanzar un mayor grado de orden. Esto se traduce en un flujo más armonioso, en la disminución de tiempos de búsqueda de piezas y en la reducción de reprocesos.

En la primera etapa se realizó un diagnóstico de la situación actual, donde se identificaron problemas tales como recorridos innecesarios, acumulaciones intermedias y una elevada dependencia de los equipos de movimiento, lo que generaba demoras y pérdidas de eficiencia.

Posteriormente, mediante el análisis de procesos y el estudio de tiempos, se dimensionó la capacidad instalada de la planta y se reconocieron los principales cuellos de botella que condicionaban el rendimiento del sistema. Esta información resultó fundamental para justificar la reorganización de los sectores y la incorporación de tecnología que sostuviera el plan de expansión definido por la empresa.

Con base en esos resultados, se avanzó en una propuesta de rediseño del layout. El nuevo diseño integra la maquinaria recientemente adquirida y reordena los espacios productivos para favorecer la continuidad de los procesos. La optimización del flujo interno de materiales, junto con la redefinición de áreas críticas, permitió proyectar una capacidad productiva superior a las 100 toneladas mensuales, reduciendo tiempos improductivos y mejorando las condiciones de seguridad operativa.

En cada sector se amplió la cantidad de equipos o se reemplazaron por otros de mayor capacidad. En cuanto a la redistribución, el recorrido estándar de una pieza se redujo en un 30 % y los traslados con puente grúa disminuyeron en un 10 %. Esto implicó un ahorro de 20 minutos por pieza, que, a capacidad de diseño, representa aproximadamente 49 horas mensuales de traslado.

Estos resultados demuestran la importancia de optimizar la distribución de planta para alcanzar flujos lineales y continuos, reduciendo la dependencia de equipos de transporte y elevando la seguridad operativa.

Finalmente, el estudio incluyó la descripción de puestos de trabajo asociados a las nuevas máquinas. Esto permitió definir de manera precisa las competencias y habilidades requeridas para su operación, asegurando la adecuada integración entre tecnología y recursos humanos, condición indispensable para la sostenibilidad del nuevo sistema productivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alles, M. (2006). *Dirección estratégica de recursos humanos: Gestión por competencias*. Buenos Aires: Granica.
- Argüelles Álvarez, A., Argüelles Bustillo, A., & Arriaga Martitegui, M. (2018). *Cálculo de estructuras metálicas* (4.ª ed.). Madrid: Ediciones Bellisco.
- Argentina. (1972). Ley N.º 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Boletín Oficial de la República Argentina.
- Argentina. (1979). Decreto N.º 351/79. Reglamento de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Boletín Oficial de la República Argentina.
- CIRSOC 301. (2005). Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) – Comisión Permanente del CIRSOC.
- Domínguez Machuca, J. A. (1995). *Dirección de operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill.
- Fernández Diezma, R. (2017). *Proyecto de estructuras metálicas*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Groover, M. P. (2015). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems* (6th ed.). Wiley.
- International Organization for Standardization. (2015). Norma ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. Ginebra: ISO.
- IRAM-IAS U 500-502. (2017). *Productos laminados de acero al carbono de calidad estructural para usos generales*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM).
- ISO 8501-1. (2017). *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings*. International Organization for Standardization.
- Jeffus, L. (2012). *Welding: Principles and Applications*. Delmar Cengage Learning.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Organización Internacional del Trabajo.
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Prentice Hall.
- Robbins, S., & Coulter, M. (2010). *Administración*. México: Pearson Educación.
- Rodríguez-Avial Azcúnaga, M. (2019). *Construcción de estructuras metálicas* (2.ª ed.). Madrid: Garceta Grupo Editorial.
- Roobol, N. R. (2003). *Industrial Painting and Powdercoating: Principles and Practices* (3rd ed.). Hanser Gardner Pubns.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning*. John Wiley & Sons.