

Propuesta de diseño del layout para una fábrica metalúrgica

Proposed Layout Design for a Metalworking Plant

Coronel, Mauro Andres

maurocoronel95@gmail.com

Martinez Jerez, Agustin

aqmajerez@gmail.com

Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata

Laville, Daniel (Director)

dlaville1@yahoo.com.ar

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina).

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 Claves: 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

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 ofreciendo soluciones integrales que abarcan desde el diseño técnico hasta la instalación final en obra. Su cartera de clientes incluye empresas pertenecientes a distintos rubros, 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. 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 desarrolladas. Posteriormente la empresa se encarga del montaje de la nave en el predio del cliente.

Las naves de alma llena son estructuras de gran escala diseñadas para soportar elevadas cargas y cubrir amplias luces sin apoyos intermedios, lo que las hace especialmente adecuadas para usos industriales y logísticos. Están compuestas por vigas y columnas conformadas a partir de chapas de acero soldadas, generalmente en perfiles tipo "I" o "H", que transmiten los esfuerzos por flexión y corte, garantizando rigidez y estabilidad estructural. (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 2019). En la planta se utiliza principalmente acero F-24 como materia prima, en distintos espesores, el cual es un acero al carbono de calidad estructural con adecuada resistencia mecánica, ductilidad y soldabilidad (IRAM-IAS U 500-42, 2017). Para su aplicación en estructuras expuestas a la intemperie, resulta indispensable la aplicación de tratamientos protectores como granallado y pintura, a fin de aumentar la resistencia a la corrosión.

Actualmente, la empresa atraviesa un proceso de expansión que contempla la ampliación de la superficie cubierta de la planta, la incorporación de nuevas tecnologías y la contratación de más operarios. En este contexto, surge la necesidad de rediseñar la distribución de planta 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.

El propósito general de este trabajo consiste en diseñar una nueva propuesta de distribución de planta orientada a incrementar la capacidad productiva y reducir los tiempos de fabricación. Para ello, se plantearon como metas específicas: en primer lugar, identificar los requerimientos del plan de expansión de la empresa, relevar los procesos actuales y su flujo interno de materiales, determinar los equipos y recursos humanos necesarios para la nueva planta, y por último, elaborar descriptivos de puesto para la operación de la nueva maquinaria incorporada por 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, sumado a que se trata de una ampliación de la planta y no de un rediseño manteniendo las capacidades.

2. DESARROLLO

Análisis 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 compañías de mayor escala. Esta iniciativa busca consolidar la capacidad de la organización para ejecutar obras de gran envergadura, cumplir con los plazos acordados y garantizar elevados niveles de calidad.

El plan de expansión tiene como meta principal incrementar la producción de estructuras metálicas pesadas a un promedio de 100 toneladas mensuales, reduciendo los tiempos de fabricación por obra y optimizando el aprovechamiento de los recursos disponibles. Durante el último año, la planta registró una producción media de 55 toneladas mensuales, lo que evidencia una brecha significativa entre la capacidad actual y el objetivo proyectado.

La ampliación de la superficie cubierta constituye el eje principal del proyecto, pasando de 2.430 m² a 4.220 m², lo que representa un incremento del 73 % respecto del área actual.

Como parte del relevamiento inicial, se midieron los espacios de trabajo de cada sector operativo y las principales áreas funcionales de la planta, incluyendo los sectores logísticos y de almacenamiento, las zonas de proceso, las oficinas y las áreas técnicas necesarias para la producción. Esta información se utilizará como base para determinar los espacios requeridos en el desarrollo de la propuesta de layout final, de modo que la redistribución responda a las necesidades reales del sistema productivo.

Con el propósito de alinear el proceso de expansión con la estrategia institucional, se consideró necesario realizar un análisis estratégico de la empresa, orientado a comprender su posicionamiento actual, sus capacidades internas y los factores externos que influyen en su desempeño. Para ello, se llevaron a cabo entrevistas con los responsables de la organización y se revisó documentación interna, lo que permitió relevar los aspectos más relevantes de su gestión.

Dentro de este marco, la misión y la visión constituyen elementos centrales de la planificación estratégica, ya que definen la razón de ser de la organización y su proyección futura. La misión describe qué hace la empresa, a quién sirve y con qué propósito, integrando el mercado objetivo, la propuesta de valor y los principios rectores que guían la toma de decisiones (Robbins & Coulter, 2010), mientras que la visión expresa la aspiración estratégica de largo plazo y el posicionamiento que la organización busca alcanzar (Domínguez Machuca, 1995).

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 áreas de la construcción y la metalurgia, 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.

A partir de la información relevada se elaboró un análisis FODA que sintetiza la situación actual de la empresa. En la tabla Nº 1 se puede ver el análisis FODA elaborado. 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).

Tabla Nº 1 : 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 de estructuras.	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, montaje	Predisposición interna para rediseñar el layout para 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.

En cuanto a las prioridades competitivas, entendidas como las dimensiones estratégicas sobre las cuales una empresa decide enfocar su desempeño para competir en el mercado (Domínguez Machuca, 1995), se identificaron como fundamentales para la organización la flexibilidad operativa, la calidad del producto final y el cumplimiento de los plazos de entrega. Estas dimensiones resultan claves para sostener la competitividad de la empresa frente a un contexto de crecientes exigencias del mercado y mayores niveles de competencia.

Descripción general del proceso productivo

Se realizó un relevamiento del proceso productivo actual, del sistema de almacenamiento y movimiento de materiales. El proceso de fabricación está compuesto por ocho etapas principales, que se describen a continuación:

Corte: En esta etapa se procesan chapas de acero mediante un pantógrafo CNC de plasma, obteniéndose las piezas principales que conformarán la estructura, como alas, almas, cabezales y soportes. El proceso comienza con la selección del chapón correspondiente, su posicionamiento en la mesa de corte y la ejecución del programa CNC que traza y corta según los planos predefinidos. El equipo permite trabajar con chapones de distintos espesores y dimensiones de hasta 12 metros de largo y 1,5 metros de ancho.

Armado: Consiste en el ensamble de las almas y alas previamente cortadas para conformar los cuerpos estructurales básicos. Esta tarea se realiza con soldadoras manuales MIG. Los componentes se montan sobre mesas niveladas y se fijan mediante soldadura por punteo. Requiere coordinación entre operarios y precisión en la lectura de planos para asegurar el alineamiento y la escuadra de las piezas.

Alma llena: En esta etapa se ejecuta la soldadura continua de las alas con el alma, obteniendo una unión uniforme a lo largo de las uniones. Se utiliza una soldadora semiautomática MIG de doble cabezal, montada sobre un carro motorizado que recorre toda la pieza manteniendo una velocidad constante.

Replanteo: Se colocan y fijan los elementos complementarios de la estructura, como cartelas, cabezales, placas y refuerzos, siguiendo las especificaciones de los planos de fabricación. La tarea implica marcaciones, mediciones y soldaduras de punteo, utilizando herramientas manuales de precisión (niveles, escuadras, plantillas). La exactitud en esta etapa es esencial para garantizar el correcto montaje en obra.

Resoldado: Se realiza la soldadura definitiva de todos los elementos posicionados en el replanteo, y se completan los cordones de unión entre alma y alas, y las zonas de difícil acceso. También se emplean soldadoras MIG, asegurando la integridad estructural del conjunto y cerrando el ciclo de fabricación del cuerpo principal.

Pulido: Su objetivo es eliminar imperfecciones superficiales generadas durante las etapas previas, como rebabas o proyecciones de material. Se ejecuta manualmente mediante amoladoras con discos abrasivos y piquetas, garantizando una superficie uniforme para el tratamiento superficial posterior.

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, 2017)

Pintura: Corresponde al tratamiento superficial final, cuyo objetivo es proteger las estructuras frente a la corrosión y otorgarles un acabado estético. Se aplica en cabinas de pintura, mediante equipos airless de alta presión, utilizando un sistema de dos capas: fondo epoxi anticorrosivo y terminación poliuretánica.

Movimiento interno de materiales y almacenamiento

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)

En la empresa bajo análisis la mayoría de los movimientos internos de materiales se realizan mediante dos puentes grúa, que constituyen el recurso central para el traslado de piezas entre las distintas etapas del proceso. Estos equipos son operados por el propio personal de producción y cada maniobra requiere la participación de al menos dos operarios. Esta condición genera interferencias operativas y tiempos improductivos, especialmente en momentos de alta carga de trabajo o cuando varios sectores requieren su uso simultáneamente. El puente grúa no puede acceder al interior de la cabina de granallado, por lo que en este sector las piezas se introducen mediante un carro sobre rieles. El movimiento en planta de las estructuras de menor tamaño se manipulan con autoelevadores, lo que otorga mayor flexibilidad y reduce la ocupación del puente grúa.

El flujo general de trabajo tiende a desarrollarse de manera secuencial: inicia en la zona de corte, ubicada cerca del ingreso, continúa por los sectores de armado y soldadura en la parte central, y finaliza en las áreas de tratamiento superficial y despacho situadas en el fondo de la nave. Sin embargo, la falta de espacio y la acumulación de material en proceso provocan desvíos, detenciones y reorganizaciones constantes, dificultando la continuidad del flujo productivo.

En la mayoría de las etapas, las estructuras terminadas deben esperar la disponibilidad del siguiente puesto, generando almacenamientos intermedios. Si bien esta práctica permite mantener la continuidad del trabajo, un exceso de acumulación reduce la fluidez de movimientos y puede obstaculizar el acceso a las estaciones de trabajo.

El almacenamiento de materias primas se realiza en el sector de ingreso, donde se disponen los chapones de acero en hileras sin una organización estandarizada. Los formatos más frecuentes son de 6 y 12 metros de largo por 1,5 metros de ancho, en espesores de 3/16" a 1". La falta de un criterio sistemático de clasificación obliga a realizar maniobras adicionales con el puente grúa para acceder a chapones ubicados en niveles inferiores, demorando la selección.

Las piezas cortadas (alas, almas y componentes menores) se almacenan temporalmente en zonas intermedias entre corte y armado, lo que obliga al personal de replanteo a desplazarse hacia el inicio de la planta para buscarlas, generando recorridos adicionales y demoras operativas.

El diagrama de recorrido presentado en la Figura N° 1 ilustra la secuencia de movimientos requeridos para la fabricación de una pieza de alma llena, así como las operaciones, esperas y almacenamientos.

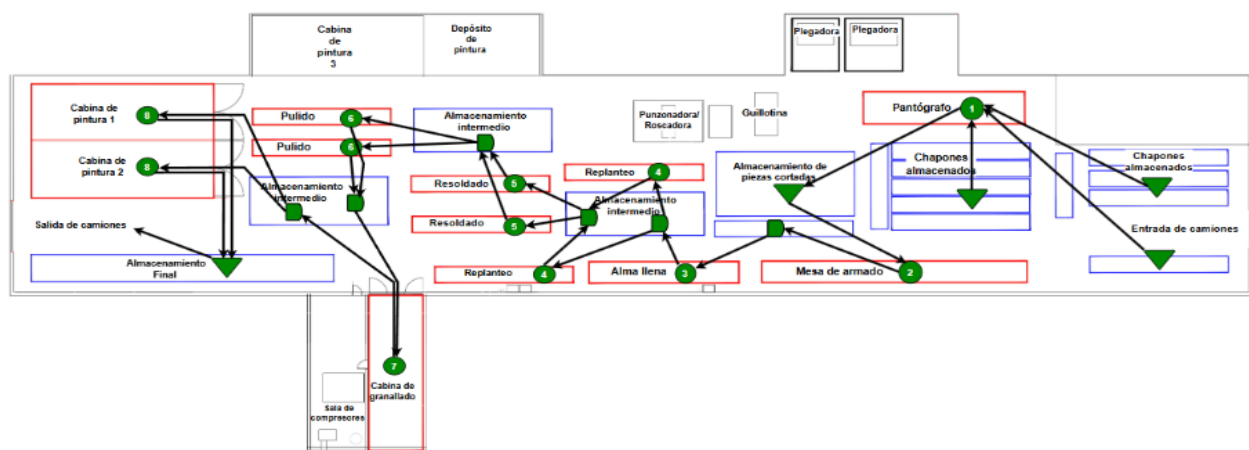


Figura N° 1: Diagrama de recorrido de la planta actual.

Fuente: elaboración propia

Análisis de procesos y capacidad productiva

Con el fin de evaluar la eficiencia del sistema productivo actual y disponer de información cuantitativa para el rediseño de la planta, se elaboró un cursograma analítico que detalla todas las actividades involucradas en la fabricación de un elemento estructural de alma llena, desde la recepción de las materias primas hasta la carga del producto terminado. Este instrumento, desarrollado conforme a los lineamientos del estudio de métodos propuestos por Kanawaty (1996), permitió identificar y clasificar cada operación, transporte, inspección, demora y almacenamiento dentro del proceso. El cursograma se complementó con el diagrama de recorrido de la Figura N°1. A partir de este análisis se estimó la distancia total recorrida por una pieza y se detectaron recorridos cruzados y zonas con acumulación de material en espera, aspectos que afectan la fluidez del proceso y el aprovechamiento del espacio operativo.

Posteriormente, se realizó un estudio de tiempos sobre un lote de vigas de alma llena con medidas y peso representativos del flujo productivo, aplicando observación directa con cronómetro en condiciones normales de trabajo, siguiendo también las recomendaciones metodológicas de Kanawaty (1996). A partir de los registros obtenidos se determinaron los tiempos estándar por operación, incorporando factores de valoración y suplementos según criterios técnicos, lo que permitió establecer una base confiable para evaluar la capacidad de cada estación de trabajo.

Con estos datos se efectuó un análisis de capacidad teórica y carga por operación, considerando la dotación actual de personal, determinada a partir del organigrama funcional de la empresa y el número de equipos disponibles en planta. Este análisis, desarrollado bajo los criterios de balanceo de líneas y determinación de cuellos de botella planteados por Domínguez Machuca (1995), permitió estimar la capacidad diaria y mensual de cada proceso bajo condiciones ideales, identificándose que el proceso de corte constituye la principal restricción del sistema, al presentar la menor capacidad mensual relativa.

Oportunidades y propuestas de mejora

A partir del relevamiento realizado y del análisis de los procesos productivos, se identificaron diversas oportunidades de mejora relacionadas con la disposición física, el flujo de materiales y la utilización de los recursos en planta. Las observaciones fueron contrastadas con entrevistas a operarios y supervisores, lo que permitió validar las problemáticas detectadas y priorizar aquellas con mayor impacto en la eficiencia del sistema.

Entre los principales aspectos observados se destacan la capacidad insuficiente del sector de corte, la alta dependencia de los puentes grúa para el movimiento de materiales, la falta de orden sistemático en el almacenamiento de chapones y piezas cortadas, y la limitada capacidad de las cabinas de pintura, condicionada además por factores climáticos. A ello se suman un flujo de producción no completamente lineal, con recorridos cruzados y acumulaciones intermedias, y una distribución general del layout que genera interferencias y superposiciones operativas entre áreas.

Con base en este diagnóstico, se elaboró una propuesta de rediseño orientada a eliminar restricciones y optimizar la capacidad instalada. El diseño propuesto se sustenta en tres lineamientos centrales: eliminar cuellos de botella; optimizar el flujo de materiales para lograr mayor continuidad y reducir recorridos innecesarios; integrar nuevas tecnologías y equipamientos coherentes con los objetivos de expansión proyectados.

En este sentido, se propone la incorporación de un segundo pantógrafo CNC de corte por plasma, lo que permitirá duplicar la capacidad instalada del sector, reducir tiempos de espera y eliminar el principal cuello de botella identificado en el análisis previo.

Asimismo, se considera la integración de una soldadora de arco sumergido (SAW), que consta de un proceso automático especialmente empleado para la unión de largas secciones de vigas y columnas en posición plana, que se caracteriza por su alta tasa de deposición y calidad de soldadura (Jeffus, 2012). Este equipo, recientemente adquirido por la empresa, permitirá integrar en una misma línea las etapas de armado y alma llena dentro de un nuevo proceso automatizado, sustituyendo las operaciones manuales actuales. El análisis realizado evidenció que esta incorporación resulta clave para reducir traslados intermedios, eliminar almacenamientos temporales y minimizar maniobras de izaje, optimizando al mismo tiempo el aprovechamiento del espacio operativo y reduciendo los tiempos de manipulación y los esfuerzos del personal.

Por su parte, la empresa también concretó la adquisición de una nueva cabina de pintura con horno de secado, equipada con riel transportador y perchas móviles, que permitirá realizar las operaciones de aplicación y curado de manera continua. Desde el punto de vista técnico, el estudio confirmó que esta incorporación resulta esencial para superar las limitaciones del proceso actual, que presentaba una capacidad reducida y dependía de las condiciones climáticas, afectando tanto el ritmo de producción como la calidad del acabado superficial.

En relación con el movimiento de materiales, se plantea la instalación de dos nuevos puentes grúa y la asignación de personal exclusivo para tareas de izaje y traslado, evitando que los operarios de producción deban interrumpir sus tareas para realizar maniobras, con la consiguiente mejora en la continuidad operativa.

En el almacenamiento de chapones se implementará una disposición ordenada por medidas y espesores, utilizando únicamente longitudes estándar de 6 y 12 metros. Los espesores de mayor consumo se ubicarán próximos al área de corte, mientras que los de uso menos frecuente se almacenarán en sectores periféricos. Se incorporará además un

espacio destinado a recortes reutilizables, señalizado y con control de medidas, para optimizar el aprovechamiento del material. En cuanto a las piezas cortadas, se dispondrán zonas diferenciadas para piezas de gran tamaño y para piezas menores, ubicadas en proximidad a los sectores de mayor uso. Esta organización reducirá recorridos innecesarios y mejorará la accesibilidad y el aprovechamiento del espacio. Metodológicamente, estas propuestas de mejora se fundamentan en los principios de manejo de materiales de Meyers y Stephens (2006): estandarización, al emplear longitudes fijas; flujo y utilización del espacio, al ubicar los materiales más usados próximos al punto de corte; simplificación, al separar piezas grandes y pequeñas; y control, mediante la gestión de recortes reutilizables.

Finalmente, se propone la ampliación de las estaciones de replanteo, resoldado y pulido, incorporando una posición adicional en cada proceso y un margen operativo que permita reorganizar temporalmente los puestos según las necesidades de producción. Esta flexibilidad posibilitará equilibrar la carga de trabajo entre sectores y acompañar el aumento de piezas derivado de las mejoras en corte y armado, garantizando la continuidad del flujo productivo y evitando nuevos puntos de saturación.

Con la incorporación de los nuevos equipos y la reorganización del proceso productivo, el análisis de la nueva capacidad instalada evidenció que, bajo el nuevo esquema de procesos, todas las etapas del flujo superan la meta de 100 toneladas mensuales, confirmando la viabilidad técnica del plan de expansión.

Diseño del nuevo layout propuesto

Una vez definido el dimensionamiento general de cada sector en el nuevo layout, se aplicaron distintas herramientas de análisis de distribución en planta con el objetivo de establecer una disposición coherente y funcional de los sectores. En esta etapa también se incorporó el dimensionamiento de áreas complementarias que, si bien no forman parte directa del flujo productivo del proceso principal, sí utilizan superficie útil y deben contemplarse en el diseño definitivo, tales como el espacio destinado al ingreso y egreso de camiones, las oficinas administrativas, el área de herrerías y el sector de corte y plegado.

Con base en la metodología de Meyers y Stephens (2006), se implementaron las herramientas de análisis de distribución en planta. En primer lugar, se elaboró el diagrama de relación de actividades, utilizado para determinar los grados de proximidad entre los distintos sectores productivos y de servicio, según criterios de flujo de materiales, supervisión, seguridad y conveniencia operativa. A partir de sus resultados se confeccionó la hoja de trabajo de relaciones, en la que se sistematizaron los vínculos identificados y sus justificaciones correspondientes. Finalmente, se desarrolló el diagrama adimensional de bloques, que esquematiza la disposición relativa de los sectores dentro de la planta, manteniendo las relaciones de proximidad establecidas.

El uso de estas herramientas permitió elaborar una propuesta de nuevo layout que reorganiza los sectores productivos y logísticos bajo un criterio de flujo lineal y continuo. El esquema resultante optimiza la secuencia de procesos desde el ingreso de chapones hasta el despacho del producto terminado, priorizando la proximidad entre operaciones consecutivas, la reducción de recorridos cruzados y la integración de los nuevos equipos incorporados.

En la Figura Nº 2 se presenta el diagrama de recorrido del nuevo layout, donde se representan los movimientos principales de las piezas a lo largo de la planta. Este diagrama permitió comparar visualmente las trayectorias antes y después del rediseño, evidenciando una reducción significativa en los recorridos y movimientos de izaje, así como una mayor linealidad y coherencia en la secuencia de trabajo.

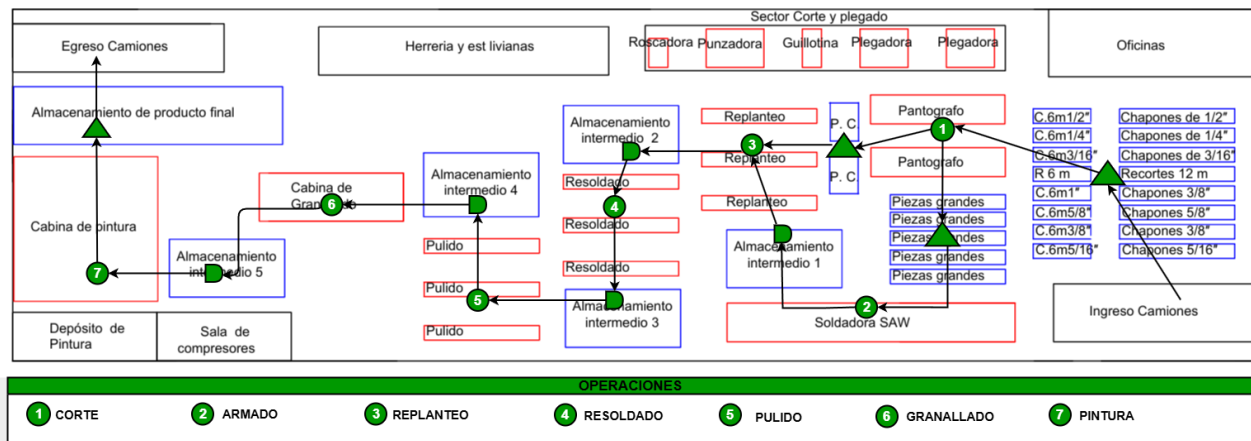


Figura Nº 2: Diagrama de recorrido del nuevo layout.
Fuente: elaboración propia

Descriptivos de puesto

Como consecuencia del rediseño de la planta y de la incorporación de nueva maquinaria, se elaboraron descriptivos de puesto específicos para los equipos recientemente incorporados, con el propósito de organizar de manera clara las funciones del personal y asegurar una operación eficiente y segura. Dado que estas innovaciones tecnológicas requieren contratación de personal capacitado para su manejo, se realizó un análisis funcional de los equipos utilizando la información técnica de los manuales de funcionamiento y entrevistas con el personal de planta. A partir de ello, se definieron los requerimientos técnicos, las habilidades necesarias y las responsabilidades asociadas a cada puesto, de modo que los perfiles elaborados se alineen con las necesidades del proceso productivo y sirvan como base para la capacitación del personal, la adecuada asignación de recursos y el cumplimiento de las normas de seguridad.

Los descriptivos fueron redactados siguiendo el modelo propuesto por Alles (2006) e incluyen los apartados de resumen del puesto, relaciones, responsabilidades, autoridad, criterios de desempeño y condiciones de trabajo. En esta etapa se desarrollaron los descriptivos correspondientes al operador de la soldadora de arco sumergido (SAW) y al operador de la cabina de pintura con horno de secado, ambos vinculados a la nueva maquinaria incorporada, cuyo funcionamiento resulta esencial para garantizar el aprovechamiento pleno de la tecnología y la correcta ejecución de los nuevos procesos productivos.

3. RESULTADOS

Con el rediseño del layout definido y las mejoras implementadas, se procedió a evaluar sus resultados mediante una comparación objetiva entre la disposición actual y la propuesta. El análisis se centró en medir los efectos del nuevo esquema sobre la eficiencia del flujo de materiales, los desplazamientos internos y los tiempos de operación, a fin de verificar el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos en el plan de expansión.

Con el fin de comparar objetivamente la eficiencia del nuevo layout respecto al esquema actual, se analizó el recorrido de una pieza estándar a lo largo de las distintas estaciones de trabajo utilizando el puente grúa. Los resultados muestran que la distancia total recorrida se redujo de 312 metros a 218 metros, lo que equivale a una disminución del 30 %. No obstante, dado que la propuesta contempla una ampliación del 57 % en la superficie cubierta, esta reducción no refleja por sí sola el incremento real de eficiencia en el transporte interno. La distancia entre los extremos de la planta aumentó de 107 metros a 129 metros (un 20 %), y la distancia mínima entre las zonas de carga y descarga pasó de 98 metros a 113 metros (un 15 %).

Para incorporar esta ampliación en el análisis se empleó un indicador de eficiencia relativa del recorrido, que relaciona la distancia efectiva recorrida con la distancia mínima posible dentro de la planta. Según este parámetro, en el layout actual se recorre una distancia equivalente a 3,2 veces la mínima, mientras que en el nuevo diseño esta relación disminuye a 1,9 veces, lo que evidencia una mejora sustancial en la continuidad y linealidad del flujo.

Además de reducir las distancias, el rediseño permitió disminuir el número de traslados con puente grúa de 18 a 16 movimientos, gracias a la incorporación de la soldadora automática de arco sumergido (SAW), que integra en una misma estación las tareas anteriormente realizadas en los sectores de armado y alma llena. Esto eliminó la necesidad de almacenamientos intermedios y redujo la cantidad de izajes.

La mejora impacta no solo en la distancia recorrida, sino también en los tiempos operativos asociados al uso de la grúa. El izaje promedio de una pieza demanda aproximadamente 7 minutos por ciclo (5 minutos de izaje y 2 minutos de descarga). Al eliminar dos ciclos completos, se obtiene un ahorro de 14 minutos por pieza, al que se suman los 94 metros menos de desplazamiento, equivalentes a casi 6 minutos adicionales, considerando una velocidad media del puente grúa de 16 metros por minuto. En conjunto, la optimización representa un ahorro total cercano a 20 minutos por pieza.

Tomando como referencia el mismo peso promedio utilizado en el análisis anterior y una producción mensual de 100 toneladas, el impacto acumulado equivale aproximadamente a 49 horas menos de utilización del puente grúa por mes, lo que constituye una mejora significativa en la eficiencia del transporte interno de materiales y en la productividad global de la planta.

4. CONCLUSIONES

El trabajo permitió desarrollar una propuesta de rediseño del layout que aprovecha la ampliación de la superficie cubierta para duplicar la capacidad productiva, mejorar el orden interno, reducir los tiempos de utilización de los puentes grúa y consolidar un flujo operativo más lineal y continuo.

A partir del diagnóstico de la situación actual, se identificaron recorridos innecesarios, acumulaciones intermedias y una alta dependencia de los equipos de transporte, factores que limitaban la eficiencia general del sistema. Mediante el análisis de procesos y tiempos se dimensionó la capacidad instalada, se detectaron los principales cuellos de botella y se justificó la necesidad de reorganizar los sectores e incorporar nueva tecnología.

El nuevo layout integra la maquinaria recientemente adquirida y reorganiza los espacios productivos, optimizando el flujo de materiales y proyectando una capacidad superior a 100 toneladas mensuales. La redistribución y ampliación de estaciones de trabajo permitió reducir en un 30 % el recorrido estándar de las piezas y en un 10 % los traslados con puente grúa, generando un ahorro de aproximadamente 49 horas mensuales de transporte a plena capacidad operativa.

Estos resultados evidencian la importancia de una distribución de planta eficiente para alcanzar flujos continuos, disminuir la dependencia de equipos de movimiento y elevar los niveles de seguridad y productividad.

Finalmente, el estudio concluyó con la definición de descriptivos de puesto para las nuevas máquinas, estableciendo las competencias y habilidades requeridas para su correcta operación. Esto asegura una integración efectiva entre la tecnología incorporada y los recursos humanos, condición esencial para la sostenibilidad y el rendimiento del sistema productivo.

5. BIBLIOGRAFÍA

Alles, M. (2006). *Dirección estratégica de recursos humanos: Gestión por competencias*. Buenos Aires: Granica.

Domínguez Machuca, J. A. (1995). *Dirección de operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill.

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.

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning*. John Wiley & Sons.