



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**DISEÑO DE SISTEMA PRODUCTIVO DE MAESTRANZA HCC
MEJORANDO LA SEGURIDAD, CALIDAD Y EFICIENCIA
OPERACIONAL BAJO ESTÁNDARES ISO**

POR

Esteban Francisco Cabezas Zapata

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para
optar al grado académico de Ingeniero Civil Industrial

Profesor guía

Eduardo Salazar Hornig.

Profesional Supervisor

Pedro Bustos Montecinos

Diciembre 2025

Concepción (Chile)

© 2025 Esteban Francisco Cabezas Zapata

© 2025 Esteban Francisco Cabezas Zapata

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Sumario

Este proyecto de tesis tiene por objetivo rediseñar el sistema de producción de la maestranza HCC, ubicada en Talcahuano, para mejorar la seguridad operacional, la calidad y la eficiencia, en concordancia con los lineamientos de ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. El trabajo se estructura sobre un diagnóstico del layout actual, un análisis interno de procesos y una revisión técnica-normativa que orientan la propuesta de diseño final.

El contexto operativo revela una alta variabilidad de trabajos propios de una maestranza y, a la vez, limitaciones de espacio y distribución que generan recorridos extensos, cruces de tránsito y sobrecarga de áreas críticas (como el mesón central). Estas condiciones prolongan los plazos de entrega y derivan en una pérdida recurrente de oportunidades comerciales, evidenciando la necesidad de reorganizar el sistema productivo.

Frente a este problema, se desarrolló un nuevo layout en un espacio dedicado, aplicando una metodología híbrida que combina el Systematic Layout Planning (SLP) mediante matriz y diagrama de interrelaciones con criterios Job Process, para asegurar proximidades funcionales y, al mismo tiempo, flexibilidad operativa acorde a la realidad del taller. El proceso se sustentó en la evaluación del sistema actual, una aproximación a la demanda a partir de documentación interna y la observación directa del trabajo en planta. Con soporte de planos a escala (AutoCAD) se simuló el flujo de un servicio representativo, estimando distancias y tiempos de desplazamiento para comparar alternativas de distribución.

El resultado es un diseño final de layout que reduce de forma significativa los tiempos de desplazamiento, mejora la seguridad (circulaciones normadas, zonas de trabajo e izaje claramente definidas) y eleva la calidad del proceso (flujo limpio, áreas diferenciadas y control visual), incrementando la capacidad de respuesta frente a la demanda real y fortaleciendo la imagen profesional de la maestranza. Todo el desarrollo se realizó alineado a buenas prácticas ISO, asegurando un marco de orden, trazabilidad y prevención aplicable a la operación cotidiana.

Summary

This thesis project aims to redesign the production system of HCC's metalworking shop in Talcahuano to improve operational safety, quality, and efficiency, in alignment with ISO 9001, ISO 14001, and ISO 45001 guidelines. The work is grounded in a diagnosis of the current layout, an internal process analysis, and a technical–regulatory review that together inform the final design proposal.

The operational context shows high variability typical of a job-shop environment and, simultaneously, space and distribution constraints that produce long travel distances, cross-traffic, and overload of critical areas (e.g., the central workbench). These conditions extend lead times and result in recurrent loss of commercial opportunities, underscoring the need to reorganize the production system.

To address this, a new layout was developed for a dedicated space using a hybrid methodology that combines Systematic Layout Planning (SLP)—through a relationship matrix and interrelationship diagram—with Job Process criteria, ensuring both functional proximity and operational flexibility suited to shop-floor realities. The development was supported by an assessment of the current system, an approximation to demand based on internal documentation, and direct observation on the shop floor. Using scaled AutoCAD drawings, a flow simulation of a representative service was conducted, estimating distances and travel times to compare layout alternatives.

The resulting final layout design significantly reduces travel time, enhances safety (code-compliant aisles, clearly defined working and hoisting zones), and improves process quality (clean flow, differentiated areas, and visual control), thereby increasing responsiveness to actual demand and strengthening the shop's professional image. The entire development was aligned with ISO good practices, providing a framework of order, traceability, and prevention applicable to day-to-day operations.

Índice

1	ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1	INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.2	OBJETIVOS, ALCANCES Y LIMITACIONES	1
1.3	METODOLOGÍA	3
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES	4
2.1	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	4
2.2	ACTIVIDADES E INTERRELACIONES FUNCIONALES	5
2.3	DISEÑO DE LAYOUT INDUSTRIAL	6
2.4	ESTUDIOS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	7
2.5	ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS	8
2.6	NORMA ISO	8
2.7	PRÁCTICAS EN GESTIÓN DE OPERACIONES	9
3	METODOLOGÍA	10
3.1	FASES DE DESARROLLO	10
3.1.1	<i>Diagnóstico del sistema productivo actual</i>	10
3.1.2	<i>Análisis de capacidades y restricciones</i>	11
3.1.3	<i>Diseño de sistema de producción propuesto</i>	11
3.2	HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS UTILIZADAS	12
4	DIAGNÓSTICO ACTUAL	14
4.1	DEMANDA OPERACIONAL	14
4.2	DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO	16
4.2.1	<i>Mesón de trabajo</i>	18
4.2.2	<i>Oficina 1</i>	19
4.2.3	<i>Tornos</i>	19
4.2.4	<i>Patio</i>	20
4.3	FLUJO DE TRABAJO Y RELACIONES ENTRE ESTACIONES	21

4.4	CAPACIDAD OPERARIOS	24
4.5	CONDICIONES OPERATIVAS DE SEGURIDAD Y CALIDAD	25
4.6	SÍNTESIS DEL DIAGNÓSTICO	26
5	DISEÑO DE LAYOUT MAESTRANZA HCC	28
5.1	ESTUDIO TÉCNICO DE INCORPORACIÓN DE NUEVAS MÁQUINAS	28
5.1.1	<i>Justificación técnica de nuevas máquinas</i>	29
5.1.2	<i>Requisitos operativos y espaciales</i>	31
5.2	APLICACIÓN DE MÉTODO SLP Y JOB PROCESS	32
5.2.1	<i>Matriz de relaciones mutuas</i>	33
5.2.2	<i>Diagrama de relaciones simplificado</i>	34
5.3	DISEÑO INICIAL LAYOUT PARA MAESTRANZA HCC	35
5.4	RETROALIMENTACIÓN POR PARTE DE HCC	37
5.5	DISEÑO FINAL DEL LAYOUT PARA MAESTRANZA HCC	37
6	EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	41
6.1	CRITERIOS CUALITATIVOS	41
6.2	CRITERIOS CUANTITATIVOS	42
6.2.1	<i>Representación de flujo del trabajador</i>	42
6.2.2	<i>Comparación de distancia y tiempo entre layouts</i>	44
6.2.3	<i>Comparación de calidad</i>	45
6.2.4	<i>Comparación de seguridad</i>	46
6.3	SELECCIÓN DEL LAYOUT FINAL	48
6.4	CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y CONSTRUCTIVAS	48
6.5	JUSTIFICACIÓN DEL LAYOUT SELECCIONADO	49
7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	51
7.1	SÍNTESIS DEL ESTUDIO	51
7.2	HALLAZGOS CRÍTICOS DEL DIAGNÓSTICO Y LÓGICA DE DISEÑO (SLP + JOB PROCESS + ISO)	52
7.3	IMPACTO CUANTITATIVO: DISTANCIAS, TIEMPOS, HH Y TASA DE RECHAZO	53

7.4	IMPACTO CUALITATIVO: ORDEN, SEGURIDAD, CALIDAD E IMAGEN PROFESIONAL	54
7.5	VIABILIDAD, LIMITACIONES Y HOJA DE RUTA DE IMPLEMENTACIÓN	55
8	CONCLUSIONES	58
	REFERENCIAS	60
	ANEXOS	61

Lista de Figuras

<i>Figura 2.1 Representación Job Process</i>	6
<i>Figura 4.1 Total Trabajos realizados abril-junio</i>	15
<i>Figura 4.2 Plano Maestranza HCC en AutoCAD</i>	16
<i>Figura 4.3 Mesón Principal</i>	18
<i>Figura 4.4 Torno 3 Fuente: Elaboración propia</i>	20
<i>Figura 4.5 Torno 2 Fuente: Elaboración propia</i>	20
<i>Figura 4.6 Patio</i>	21
<i>Figura 4.7 Representación del movimiento del trabajador</i>	23
<i>Figura 5.1 Representación puente grúa 5 Ton</i>	29
<i>Figura 5.2 Flow MACH 150CC</i>	31
<i>Figura 5.3 Interrelaciones de las actividades</i>	33
<i>Figura 5.4 Diagrama de relaciones simplificado</i>	34
<i>Figura 5.5 Primer prototipo</i>	36
<i>Figura 5.6 Layout final</i>	39
<i>Figura 6.1 Movimiento trabajador en prototipo final</i>	43

Lista de Tablas

<i>Tabla 2.1 Matriz de Relaciones Mutuas (REL)</i>	5
<i>Tabla 4.1 "Trabajos realizados en maestranza HCC"</i>	14
<i>Tabla 4.2 Estaciones de trabajo</i>	17
<i>Tabla 4.3 Descripción tornos</i>	19
<i>Tabla 4.4 Descripción de actividades</i>	22
<i>Tabla 4.5 Caracterización del personal HCC</i>	24
<i>Tabla 5.1 Requisitos operativos</i>	32
<i>Tabla 5.2 "Puntos de mejora"</i>	37
<i>Tabla 6.1 Ruta operativa trabajador</i>	42
<i>Tabla 6.2 "Comparación de flujos entre layouts"</i>	44
<i>Tabla 6.3 Comparación de seguridad</i>	47

Glosario

ISO: Norma internacional desarrollada por la *Organización Internacional de Normalización*.

ISO 45001: Prevención de riesgos laborales y mejora de la seguridad en el trabajo.

ISO 9001: Asegura productos/servicios consistentes y mejora continua.

ISO 14001: Sistemas de normas de gestión ambiental.

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Introducción General

La disposición física de las instalaciones productivas influye directamente en el rendimiento de las operaciones. Un diseño inadecuado puede generar cuellos de botella, tiempos de traslado innecesarios y riesgos de seguridad. Según *SlacK et al (2020)*, el layout impacta entre el 20% al 50% de los costos operacionales dependiendo del tipo de industria, siendo uno de los factores clave en la productividad.

Asimismo, diversos estudios muestran que una **planificación sistemática del layout** puede **reducir hasta en un 30% los tiempos de ciclo** al disminuir distancias recorridas, esperas e interferencias; en esta línea, según *Muther (s. f.) (2014)* sintetiza cómo el enfoque **SLP** orienta la reubicación de áreas según relaciones funcionales y restricciones de flujo para mejorar el desempeño global. Por otro lado, organismos como **ISO** establecen marcos normativos para asegurar seguridad, eficiencia ambiental y calidad; en particular, **ISO 45001** promueve entornos de trabajo seguros mediante el control de riesgos operacionales vinculados a la infraestructura y a los procesos desarrollados.

En el caso específico de pequeñas maestranzas, como HCC en Talcahuano, muchas veces el crecimiento ha sido orgánico y sin planificación formal del espacio de trabajo. Esto representa una oportunidad real para intervenir con herramientas de ingeniería industrial y rediseñar el layout bajo principios de mejora continua, ergonomía, estandarización y normativas vigentes.

1.2 Objetivos, alcances y limitaciones

En atención a que la disposición física condiciona tiempos, costos y seguridad en cualquier sistema productivo, este estudio plantea el rediseño del layout como una vía para mejorar el desempeño integral de la mastranza. A continuación, se presentan los objetivos, alcances y limitaciones que enmarcan la investigación, guiada por principios de ingeniería industrial.

Objetivo general

Diseñar el sistema de producción de maestranza HCC mejorando la seguridad, calidad y eficiencia operacional bajo estándares ISO.

Objetivos específicos

Levantar y analizar el layout actual de la maestranza: identificando las principales restricciones físicas, interferencias operativas y oportunidades de mejora.

Recopilar información técnica y normativa relevante para el diseño de layout: incluyendo especificaciones de maquinaria y estándares de calidad, seguridad y medio ambiente (ISO 9001, 14001 y 45001).

Identificar y mapear las actividades clave del proceso productivo: considerando el flujo de materiales, personas y la secuencia lógica de operaciones.

Desarrollar propuestas de nuevos layout: evaluando alternativas que integren mejoras en eficiencia, calidad y seguridad.

Comparar los diseños propuestos mediante análisis multicriterio (tiempos, distancias, riesgos, uso de espacio), para seleccionar la alternativa más adecuada.

Proponer un layout final optimizado: fundamentado en evidencia técnica y orientado a su futura implementación por parte de la empresa.

Alcances y Limitaciones

La Región del Biobío concentra una actividad metalmecánica relevante. Tras el cierre de la Siderúrgica Huachipato, el ecosistema productivo se volvió más competitivo y fragmentado, con clientes que valoran cada vez más la calidad, la estandarización y la imagen profesional de los proveedores. En este escenario, el rediseño del sistema productivo de la maestranza HCC se plantea como una oportunidad estratégica para diferenciarse y sostener su posicionamiento en su área.

Este proyecto comprende el análisis, diagnóstico y rediseño del layout productivo de la maestranza HCC, abordando las áreas de recepción, almacenamiento, producción, despacho y zonas de apoyo, con el objetivo de mejorar la eficiencia operacional, la seguridad de los trabajadores y la calidad del proceso bajo los lineamientos de las normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Puesto que se consideran propuestas fundamentadas en herramientas de ingeniería industrial y análisis técnico, que permitan optimizar flujos de trabajo, minimizar tiempos muertos y reducir riesgos laborales y ambientales, dejando como resultado un diseño mejorado, documentado y viable para su futura implementación por parte de la empresa.

Las limitaciones de este proyecto están principalmente asociadas a los recursos disponibles. El espacio físico de la maestría es restringido, lo que condiciona las opciones de redistribución. La incorporación de nuevas maquinarias se plantea de forma referencial, ya que depende de futuras decisiones de inversión. Además, se mantendrá la cantidad actual de trabajadores, sin considerar variaciones en la dotación. Cabe destacar que, al tratarse de una maestría, no existe un sistema de producción altamente estructurado, lo que limita el alcance de automatizaciones o flujos estrictamente continuos.

1.3 Metodología

La presente memoria corresponde a un proyecto de tipo **aplicado**, con enfoque **cualitativo y cuantitativo**, orientada a proponer una solución concreta a una problemática real. El desarrollo del proyecto se organizó en las siguientes etapas:

Diagnóstico del estado actual: Levantamiento del layout actual mediante visitas a terreno, planos, mediciones y observación directa de los procesos.

Análisis de la cadena de suministro interna: Identificación de actividades clave, flujos de materiales y sincronización entre áreas operativas.

Revisión normativa y técnica: Estudio de las normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001, junto con requerimientos de maquinaria y condiciones mínimas de operación.

Diseño de alternativas de layout: Elaboración de propuestas de redistribución que mejoren la eficiencia, seguridad y uso del espacio disponible.

Evaluación de alternativas: Comparación de diseños mediante análisis multicriterio considerando tiempo, distancia, riesgos y cumplimiento normativo.

Propuesta final y recomendaciones: Selección de la alternativa más adecuada y elaboración de sugerencias para su implementación por parte de la empresa.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES

El marco teórico de este trabajo contempla una revisión integral de los principales conceptos que fundamentan el nuevo diseño del sistema productivo de la maestranza HCC. Para ello, se analizarán siete ejes centrales: los sistemas de producción y sus configuraciones en entornos industriales; los principios técnicos del diseño de layout y su impacto en la eficiencia operativa; las herramientas de estudio de tiempos y movimientos; la importancia de la estandarización de procesos para garantizar calidad y seguridad; y los lineamientos establecidos por las normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001.

Asimismo, se abordarán buenas prácticas en gestión de operaciones aplicables al contexto de pymes industriales, y se examinará la situación actual del sector metalmecánico en Chile, con énfasis en sus desafíos en materia de profesionalización y cumplimiento normativo.

2.1 Sistemas de Producción

Un sistema de producción es el conjunto organizado de elementos y procesos mediante los cuales una empresa transforma insumos (materiales, energía, información) en productos o servicios destinados a satisfacer necesidades del cliente. Este sistema incluye recursos humanos, tecnológicos y físicos, así como los procedimientos y controles que regulan dicha transformación.

Existen distintos tipos de sistemas productivos, clasificados según el volumen, la variedad de productos y el flujo de trabajo. Entre los más comunes se encuentran:

- **Producción por proyecto**, donde cada producto es único y requiere planificación específica;
- **Producción por lotes**, que permite fabricar cantidades moderadas de productos similares;
- **Producción en línea o continua**, usada para grandes volúmenes con alta estandarización;
- **Producción por procesos**, aplicada a industrias químicas o de flujo continuo;
- **Producción por talleres o job-shop**, donde se producen piezas variadas en volúmenes bajos o medios, con flujos de trabajo flexibles.

Dado que la maestranza HCC fabrica cilindros hidráulicos, piezas misceláneas, válvulas, realiza trabajos de pintura, y presta servicios en terreno de mantenimiento, reparación y fabricación de componentes personalizados, su sistema productivo se alinea claramente con el enfoque de **producción por taller (job-shop)**. Este tipo de sistema se caracteriza por la diversidad de productos, la baja repetitividad y la necesidad de adaptarse a las especificaciones técnicas de cada cliente. Los

recursos suelen organizarse por tipo de proceso (torneado, fresado, soldadura, pintura, ensamblaje), y los trabajos siguen rutas diferentes según sus requerimientos.

El diseño del layout y los procesos en un entorno *job-shop* deben permitir alta flexibilidad operativa, coordinación entre áreas, y un uso eficiente del espacio para reducir tiempos de traslado, interferencias y cuellos de botella. Por ello, comprender este tipo de sistema es clave para lograr un nuevo diseño que responda a las necesidades reales de la maestrana.

2.2 Actividades e Interrelaciones Funcionales

En el contexto del diseño de sistemas productivos, resulta fundamental comprender no solo las actividades que se desarrollan dentro de una planta, sino también las relaciones funcionales que existen entre ellas. Estas interrelaciones determinan cómo fluye el trabajo, los materiales, la información y la coordinación entre las distintas estaciones de trabajo. Una distribución inadecuada, sin considerar la frecuencia o intensidad de estas relaciones, puede generar cuellos de botella, tiempos muertos, desplazamientos innecesarios y riesgos operacionales.

El análisis de interrelaciones funcionales permite identificar qué áreas deben ubicarse próximas entre sí dentro del layout, en función de la secuencia de operaciones, la complementariedad de procesos o la necesidad de comunicación frecuente. Para representar estas relaciones, se utilizan herramientas como la **matriz de relaciones mutuas** (*REL chart*), que clasifica las conexiones entre áreas con un código cualitativo basado en la necesidad de cercanía como menciona *Mutther, R (s.f) (2014)*.

Tabla 2.1 Matriz de Relaciones Mutuas (REL)

A	Absolutamente Necesario
E	Especialmente Importante
I	Importante
O	Ordinario
U	No Necesario

Fuente: Elaboración propia

En dicho entorno, actividades como torneado, fresado, soldadura, pintura, ensamblaje, despacho, y servicios de mantenimiento externo presentan interdependencias técnicas y logísticas que deben ser estudiadas con detenimiento. La correcta identificación de estas relaciones permitirá definir

agrupamientos funcionales, mejorar la continuidad operativa y reducir tiempos de traslado entre procesos, contribuyendo así a un diseño más eficiente, seguro y adaptado a la realidad de la empresa.

2.3 Diseño de Layout Industrial

El layout industrial corresponde a la disposición física de los recursos dentro de una planta productiva, incluyendo áreas de trabajo, equipos, estaciones de proceso, zonas de almacenamiento, oficinas y circulaciones. Un diseño de layout bien estructurado busca optimizar el uso del espacio, facilitar el flujo de materiales y personas, reducir tiempos improductivos, y contribuir a la seguridad y eficiencia general del sistema productivo.

Existen distintos tipos de layout según la naturaleza del sistema de producción:

- **Por producto:** distribución lineal orientada a flujos repetitivos.
- **Por proceso:** agrupa máquinas similares en áreas funcionales.
- **Por posición fija:** usado cuando el producto no puede moverse.

En entornos tipo *job-shop*, como una maestranza, el **layout por proceso** es el más común porque organiza las estaciones por tipo de operación (torneado, fresado, soldadura, pintura, etc.) y ofrece la flexibilidad necesaria para atender pedidos diversos y personalizados, según *Tompkins, White, Bozer y Tanchoco (2010)*.

La Figura 2.1 representa un ejemplo genérico de layout por “Job Process”, utilizado como referencia para el análisis del caso de estudio:

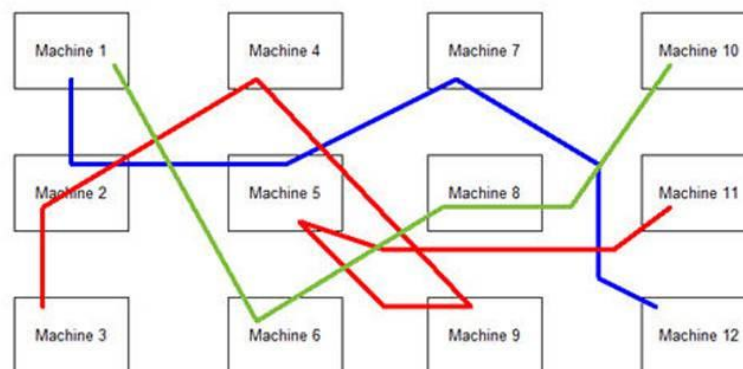


Figura 2.1 Representación Job Process

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo técnico del presente trabajo, se utilizará el software **AutoCAD**, herramienta ampliamente empleada en ingeniería para la elaboración de planos precisos en dos dimensiones. Su aplicación permitirá representar gráficamente el layout actual y las propuestas de mejora, incorporando medidas reales, zonas de seguridad, flujos y áreas funcionales. Esto facilitará la visualización del espacio disponible, la ubicación relativa de los equipos y la validación técnica del nuevo diseño.

2.4 Estudios de Tiempos y Movimientos

El estudio de tiempos y movimientos es una técnica clave de la ingeniería industrial para analizar la eficiencia mediante la observación, medición y evaluación de las actividades del operario, con el fin de identificar **pérdidas de tiempo, desplazamientos innecesarios** y oportunidades de mejora en la organización del trabajo, según *Niebel y Freivalds (2003)*.

El análisis de movimientos considera la secuencia de acciones físicas requeridas para realizar una tarea, evaluando su seguridad. En tanto, el estudio de tiempos busca cuantificar la duración de dichas actividades bajo condiciones normales de operación. Ambas técnicas permiten establecer estándares de desempeño, equilibrar líneas de producción y optimizar la disposición física del layout.

En el presente trabajo, el estudio de tiempos y movimientos se enfocará principalmente en el análisis de desplazamientos entre estaciones de trabajo dentro de la maestranza HCC. Para ello, se utilizará el software **AutoCAD** como herramienta de apoyo técnico, con el fin de medir de forma precisa las distancias entre las estaciones de trabajo. Esta información será clave para evaluar el impacto del layout actual en los tiempos de traslado y proponer mejoras fundamentadas en datos reales.

Por otro lado, se establecerá un recorrido promedio de caminata representativo del flujo de operarios y materiales, considerando rutas seguras, zonas demarcadas y caminos internos estipulados por la empresa. La estimación del tiempo se realizará en base a velocidades de desplazamiento estándar en entornos industriales, ajustadas a las condiciones reales a la nave (espacio físico). Esta evaluación permitirá cuantificar el efecto de la disposición espacial en la eficiencia operativa, sustentando así las propuestas de diseño del nuevo layout.

2.5 Estandarización de Procesos

En el marco de la mejora de procesos, *Harrington (1991)* sostiene que la estandarización consiste en establecer una secuencia definida, repetible y documentada de actividades para asegurar calidad, eficiencia y consistencia; su implementación reduce la variabilidad operativa, minimiza errores, facilita la capacitación y **promueve la mejora continua**.

Sin embargo, su aplicación puede presentar dificultades en espacios con alta variabilidad de productos y procesos, como es el caso de las maestranzas. En este tipo de organización, donde se fabrican piezas a medida, se realizan reparaciones y se ejecutan trabajos de mantención en terreno, los procesos tienden a ser flexibles y poco estructurados.

No obstante, esta dificultad no invalida la necesidad de estandarización. Por el contrario, plantea un desafío metodológico: **identificar qué actividades se repiten con mayor frecuencia y sobre esas bases generar procedimientos estandarizados**. En el caso específico de la maestranza HCC, se propone realizar un levantamiento de los trabajos más recurrentes como la fabricación de cilindros hidráulicos, mecanizado de piezas misceláneas, pintado de componentes y montaje de válvulas, para establecer protocolos técnicos que sirvan como referencia operativa.

La estandarización de dichos procesos permitirá reducir la dependencia de la experiencia individual, mejorar la planificación del layout, y facilitar la toma de decisiones respecto a la distribución de estaciones, herramientas, materiales y tiempos asignados. Además, esta medida se alinea con los principios de las normas ISO 9001 y 45001, que promueven la documentación de procesos como base para la calidad y la seguridad organizacional.

2.6 Norma ISO

Para asegurar que el rediseño del sistema productivo y del layout propuesto se implemente con orden, trazabilidad y control de riesgos, es necesario enmarcarlo en buenas prácticas reconocidas internacionalmente. En este apartado se presentan los lineamientos esenciales de ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001, por su impacto directo en calidad, gestión ambiental y seguridad y salud ocupacional en maestranzas. Este marco normativo orienta procedimientos, evidencias y controles que sostienen la mejora continua y el cumplimiento durante la operación diaria.

Las normas ISO (International Organization for Standardization) constituyen marcos de referencia reconocidos internacionalmente, cuyo propósito es promover la estandarización de procesos, la

mejora continua, la gestión eficiente y el cumplimiento de buenas prácticas organizacionales. Su implementación en sistemas productivos contribuye directamente a la calidad, sostenibilidad y seguridad del entorno operativo.

De acuerdo con *ISO (2015a)*, la **ISO 9001 Gestión de calidad** establece los requisitos para implementar un sistema de gestión de la calidad orientado a la satisfacción del cliente, el control de procesos y la mejora continua; además, favorece la documentación técnica, la trazabilidad de las operaciones y la toma de decisiones basada en evidencia.

Continuando con *ISO (2015b)*, la **ISO 14001 Gestión ambiental** proporciona un marco para identificar, controlar y reducir los impactos ambientales derivados de las actividades organizacionales; en entornos industriales impulsa el uso eficiente de recursos, la gestión adecuada de residuos y el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

Finalizando con *ISO (2018c)*, la **ISO 45001 Seguridad y salud** se orienta a la prevención de accidentes y enfermedades laborales, estableciendo principios para crear entornos de trabajo seguros y saludables mediante la identificación de peligros, evaluación de riesgos, medidas de control y la participación del personal.

2.7 Prácticas en Gestión de Operaciones

La gestión de operaciones es un área clave de la ingeniería industrial encargada de planificar, organizar y controlar los recursos para producir bienes y servicios; su aplicación rigurosa permite aumentar la eficiencia, reducir desechos, mejorar la calidad y asegurar el cumplimiento de plazos y estándares, como señalan *Heizer, Render y Munson (2020)*.

En el marco del diseño del sistema productivo de HCC, la adopción de buenas prácticas busca optimizar procesos internos y promover un cambio estructural en la proyección de la organización. Un layout mejorado, con procesos más ordenados, seguros y estandarizados, elevará la imagen ante clientes y proveedores. Asimismo, una distribución física eficiente permitirá gestionar mejor la carga de trabajo, facilitar la incorporación de operarios y la claridad de funciones, habilitar proyectos de mayor escala y, con ello, aumentar la capacidad operativa, mejorar la calidad y generar mayores ingresos con una oferta más competitiva y confiable.

3 METODOLOGÍA

El presente capítulo describe la metodología utilizada para el diseño del sistema de producción en la maestría HCC, con el propósito de mejorar su eficiencia operativa, seguridad laboral y calidad de servicio, alineado con estándares internacionales. Para ello, se estructuró un enfoque de carácter aplicado, con una orientación descriptiva y un diseño no experimental. El proceso metodológico se divide en cinco fases principales: diagnóstico del sistema actual, análisis de capacidades, diseño del nuevo sistema, evaluación de este y validación con la organización.

El proyecto busca resolver un problema real mediante la implementación de una solución práctica. Se emplea un **enfoque cuantitativo-descriptivo**, dado que se caracteriza por analizar el sistema productivo de la maestría con base en datos objetivos, indicadores de rendimiento y flujos operacionales.

3.1 Fases de Desarrollo

Para abordar el diseño del sistema de producción en la maestría HCC, se estructuró una metodología dividida en cinco fases secuenciales, cada una con objetivos específicos orientados al análisis, propuesta y validación de mejoras operacionales.

3.1.1 Diagnóstico del sistema productivo actual

En esta etapa se realizará un levantamiento exhaustivo de la situación actual del sistema productivo, mediante observación directa en terreno, entrevistas a trabajadores y revisión de documentación técnica interna. Se identificarán los procesos existentes, sus respectivas secuencias, tiempos de ejecución, recursos utilizados y condiciones de operación.

Un elemento clave del diagnóstico será la **revisión de facturas y registros históricos de la empresa**, los cuales permitirán determinar qué tipos de trabajos/productos se realizan con mayor frecuencia (por ejemplo, cilindros, válvulas, estructuras etc). Esta información será esencial para identificar patrones productivos, proponer sistemas de producción adecuados al tipo de trabajo predominante y, en algunos casos, estandarizar procesos recurrentes.

Además, se llevará a cabo un **análisis físico de las estaciones de trabajo**, considerando el uso de espacio, disposición de equipos y condiciones ergonómicas. El objetivo será mapear los flujos

actuales de materiales y operarios, identificando posibles fuentes de ineficiencia asociadas a recorridos innecesarios o mala distribución del espacio.

Esta fase constituirá la base sobre la cual se definirá el rediseño del sistema productivo, permitiendo construir una propuesta alineada con la realidad operativa y las necesidades estratégicas de la maestranza.

3.1.2 Análisis de capacidades y restricciones

En esta fase se evaluará la **capacidad instalada y utilizada** en cada una de las estaciones de trabajo de la maestranza. Se buscará identificar cuellos de botella, desequilibrios productivos, tiempos muertos y limitaciones operativas que afecten la eficiencia global del sistema.

De manera complementaria, se revisará la frecuencia de uso de los equipos actuales. En los casos en que se detecten restricciones importantes, se realizará una indagación sobre nuevas maquinarias disponibles en el mercado, con el objetivo de considerar su futura incorporación y así evitar limitaciones técnicas en determinados puestos de trabajo. Esto permitirá proyectar un sistema productivo más robusto y escalable. Asimismo, se efectuará una revisión detallada de las condiciones de operación en cada área de trabajo, considerando aspectos como ventilación, señalización, rutas de evacuación, accesibilidad y seguridad de los operarios. Este análisis se realizará en referencia a las normativas aplicables de los sistemas de gestión de calidad y seguridad ocupacional.

3.1.3 Diseño de sistema de producción propuesto

Con base en el diagnóstico y análisis previo, se desarrollará una propuesta de rediseño del sistema productivo. Se determinará el tipo de sistema más adecuado según las características operativas de la maestranza y se propondrá un nuevo layout utilizando AutoCAD, optimizando la distribución espacial y reduciendo desplazamientos innecesarios.

Una característica fundamental del nuevo sistema será la **estandarización de procesos**, orientada a establecer procedimientos claros, repetibles y controlables para las operaciones más frecuentes. Esta estandarización permitirá asegurar calidad, reducir la variabilidad operativa y facilitar la capacitación del personal. Todo el diseño será **aplicado directamente a la realidad de la maestranza HCC**, considerando sus condiciones físicas, recursos actuales y proyecciones de crecimiento.

Evaluación y validación del diseño

En esta fase se evaluará si el nuevo sistema de producción diseñado representa mejoras reales respecto al sistema actual de la mastranza HCC. Para ello, se compararán indicadores como los **tiempos de operación**, la **eficiencia**, y las **condiciones de seguridad y calidad**.

El análisis se apoyará en datos obtenidos durante el diagnóstico y en estimaciones generadas a partir del nuevo diseño. El propósito es validar que las mejoras sean **cuantificables, viables y aplicables en el contexto real** de la empresa.

3.2 Herramientas y técnicas utilizadas

Durante el desarrollo metodológico del presente proyecto se utilizarán diversas herramientas y técnicas que permitirán analizar la situación actual, diseñar el nuevo sistema de producción y evaluar su efectividad. Estas herramientas han sido seleccionadas en función de su aplicabilidad al contexto de una mastranza y su respaldo en la literatura de ingeniería industrial.

Entre las principales se encuentran:

- **Diagramas de flujo de procesos**, para representar gráficamente las secuencias de actividades y operaciones.
- **Gráficos de frecuencia y análisis estadístico**, para visualizar cuántas veces se realizan ciertos trabajos, apoyándose en registros y facturas de la empresa.
- **Diagramas de espagueti**, para estudiar los desplazamientos físicos de operarios y materiales dentro del taller.
- **AutoCAD**, utilizado para el diseño del nuevo layout de la mastranza, permitiendo modelar espacialmente cada estación de trabajo y optimizar los flujos.
- **Normas ISO 9001 e ISO 45001**, como marco de referencia para incorporar criterios de calidad, orden y seguridad en el diseño.

Estas herramientas se integrarán de forma complementaria en cada una de las fases metodológicas.

Fuentes de Información

El desarrollo metodológico del presente proyecto se sustenta en información proveniente de fuentes primarias y secundarias, con el objetivo de obtener una comprensión clara del funcionamiento actual de la mastranza y fundamentar el diseño del nuevo sistema productivo.

Como fuentes primarias se utilizará la **observación directa**, para analizar el flujo de procesos y la disposición de las estaciones de trabajo; además, se realizarán **entrevistas** con operarios y supervisores, que permitirán identificar problemas recurrentes y conocer la experiencia práctica del personal. También se revisarán **facturas y registros internos**, para identificar los trabajos más frecuentes y obtener datos relevantes para la estandarización y planificación.

Por otro lado, las fuentes secundarias incluyen **documentación técnica** de la empresa (planos, manuales y protocolos), así como **literatura especializada** en sistemas de producción, manufactura esbelta y gestión de operaciones. Asimismo, se considerarán las **normas ISO 9001 e ISO 45001** como marco de referencia para asegurar que el diseño propuesto cumpla con estándares de calidad y seguridad.

Consideraciones éticas y legales

Durante la ejecución del proyecto se resguardarán principios éticos fundamentales, como la **confidencialidad de la información** y el **respeto a las personas** involucradas en el estudio. Toda la información recopilada mediante entrevistas, observación o documentos internos será utilizada exclusivamente con fines académicos, y no se divulgará sin autorización por parte de la empresa HCC.

Se solicitará el **consentimiento informado** de los trabajadores en caso de entrevistas u observaciones directas, garantizando su participación voluntaria y el anonimato de sus respuestas.

4 DIAGNÓSTICO ACTUAL

Este capítulo presenta el diagnóstico del sistema productivo actual de la maestría HCC, con el fin de comprender su funcionamiento, distribución física y lógica operativa. Se describe la disposición de las estaciones de trabajo, el sistema de producción vigente, los flujos de trabajo entre áreas y las condiciones operativas observadas. Además, se analizan registros internos que permiten identificar los trabajos más frecuentes, lo que servirá como base para el diseño y estandarización del nuevo sistema de producción en capítulos posteriores.

4.1 Demanda operacional

Con el fin de comprender la carga operativa y los requerimientos reales del sistema productivo, se realizó un levantamiento de información a partir de las facturas emitidas por la maestría HCC durante los meses de **abril, mayo y junio**. Esta revisión permitió identificar los tipos de trabajos efectivamente realizados en dicho periodo y cuantificar su recurrencia.

Tabla 4.1 "Trabajos realizados en maestría HCC"

<i>Descripción</i>	Abril	Mayo	Junio	Total
V. Antirretorno	5	0	0	5
Adaptadores	0	1	1	2
Buje	4	0	1	5
Cilindro	1	3	3	7
Estructura	2	3	4	9
Filtro	1	0	8	9
Flange	2	10	2	14
Válvula	1	13	2	16
Niple	0	1	0	1
Otro	2	3	2	7

Fuente: Elaboración propia

El levantamiento de estos trabajos resulta clave para obtener una primera noción del **flujo operativo actual dentro de la maestría**, ya que permite visualizar qué procesos son más frecuentes y cuáles áreas se ven involucradas de manera más constante. Este análisis será útil para definir, por **conveniencia operativa**, cuáles son las ubicaciones más adecuadas para cada estación de trabajo, permitiendo así desarrollar un layout más eficiente, coherente con la demanda real.

En la figura 4.1 se observa los **tres productos con mayor frecuencia de ejecución dentro de la maestranza**, los cuales representan el núcleo operativo del sistema actual y serán determinantes para la propuesta de rediseño.



Figura 4.1 Total Trabajos realizados abril-junio

Fuente: Elaboración propia

El levantamiento de estos trabajos resulta clave para obtener una primera noción del flujo operativo actual dentro de la maestranza, ya que permite visualizar qué procesos son más frecuentes y cuáles áreas se ven involucradas de manera más constante. Este análisis será útil para definir, por conveniencia operativa, cuáles son las ubicaciones más adecuadas para cada estación de trabajo, permitiendo así desarrollar un layout más eficiente, coherente con la demanda real.

Adentrándonos en la figura 4.1, se podrán observar los cuatro productos con mayor frecuencia de ejecución dentro de la maestranza, válvulas, flanges, filtros y estructuras los cuales representan el núcleo operativo del sistema actual y serán determinantes para la propuesta de diseño.

Trabajos rechazados por exceso de demanda

Durante el levantamiento de información en terreno y la revisión documental, se identificó una limitación crítica relacionada con la capacidad de respuesta de la maestranza frente a la demanda actual del mercado. En particular, cuando se reciben solicitudes de cotización para trabajos de fabricación o reparación de cilindros hidráulicos y fabricación de piezas metálicas, la empresa se ve obligada a ofrecer plazos de entrega extendidos, muy por sobre lo competitivo y sobre precios.

Esta situación ocurre debido a la saturación de ciertas estaciones clave como los tornos y el área de soldadura y a la limitada disponibilidad operativa generada por un sistema productivo desordenado y poco flexible. Como resultado, una cantidad significativa de solicitudes no llega a concretarse, generando una pérdida estimada del 25% de las ventas mensuales.

Esta situación no solo impacta en la facturación, sino que también daña la confianza de los clientes frecuentes y reduce el posicionamiento competitivo de la maestría frente a otros proveedores del sector. Este diagnóstico refuerza la necesidad de rediseñar el sistema productivo, con foco en mejorar tiempos de respuesta, capacidad instalada y eficiencia general.

4.2 Descripción de las estaciones de trabajo

La maestría HCC presenta una configuración funcional basada en estaciones distribuidas dentro de una nave industrial de tipo abierto. A partir del levantamiento en terreno y su representación en AutoCAD, se identificaron las siguientes estaciones de trabajo:

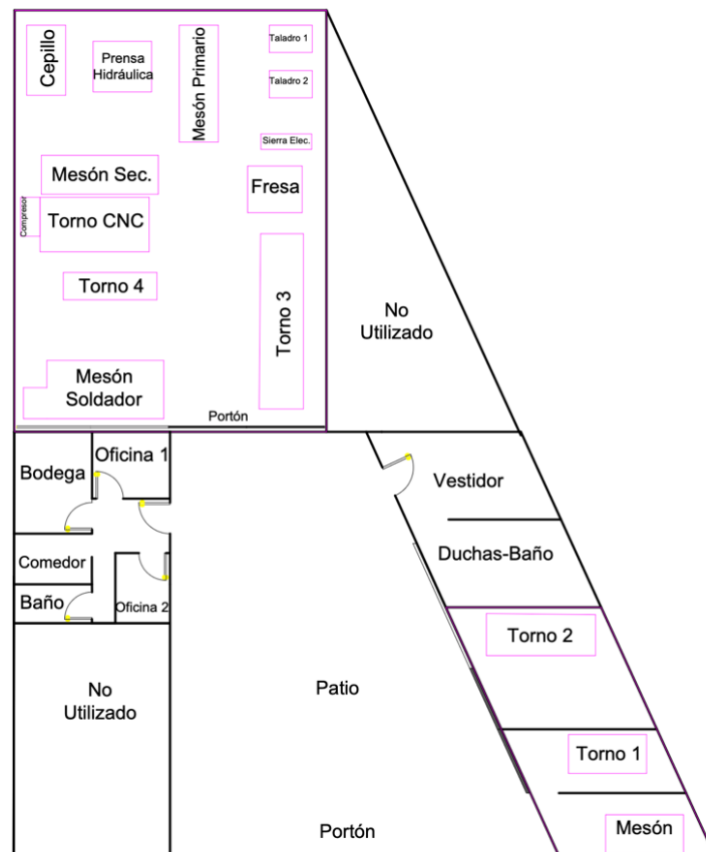


Figura 4.2 Plano Maestría HCC en AutoCAD

Fuente: Elaboración propia

Este plano constituye la base para el análisis del flujo de trabajo existente. A partir de él, es posible observar los desplazamientos que deben realizar los operarios y los componentes desde que ingresan al recinto hasta su despacho final, revelando así las principales ineficiencias, zonas críticas y cuellos de botella.

La Tabla 4.2 que resume cada estación de trabajo actual, acompañada de una breve descripción funcional, lo cual permite identificar su rol dentro del proceso productivo:

Tabla 4.2 Estaciones de trabajo

Nº	Estación de trabajo	Descripción
1	Mesón de soldadura	Utilizada para la unión de estructuras metálicas mediante procesos MIG y TIG.
2	Zona de pintura (patio)	Habilitada para aplicar recubrimientos a estructuras metálicas, aunque sin sistema de extracción, actualmente se desarrolla al aire libre.
3	Tornos	Compuesta por tres tornos convencionales (Torno 1, 2, 3 y CNC)
4	Mesón principal	Superficie central de la maestranza para apoyo en armado, ajuste o revisión de piezas, todos los trabajos pasan por esa ubicación.
5	Mesón secundario	Utilizada informalmente para acumular piezas en proceso o terminadas.
6	Oficina 1	Espacio administrativo del Gerente General para coordinación operativa y almacenamiento de documentación técnica.
7	Bodega de herramientas y materiales	Espacio cerrado ubicado al lado de la oficina 1 que almacena insumos, repuestos y elementos de seguridad.
8	Compresor	Ubicado detrás del torno CNC, da soporte a herramientas de presión.
9	Zona de carga y descarga (patio)	Comienza desde el portón principal donde ingresan y salen los productos.

Fuente: Elaboración propia

Si bien todas las estaciones cumplen un rol en la operación diaria, algunas de ellas tienen un peso específico mayor dentro del flujo de trabajo y serán abordadas con mayor nivel de detalle a continuación.

4.2.1 Mesón de trabajo

El mesón de trabajo (ver Figura 4.3) se ubica en el área central de la nave y cumple una función clave dentro del funcionamiento diario de la maestranza. Tiene dimensiones aproximadas de **4,0 metros de largo por 1,2 metros de ancho**, con una **altura de 1,0 metro**, lo que permite su uso ergonómico por parte de los operarios. Su ubicación estratégica favorece el acceso desde distintas estaciones, convirtiéndolo en un punto de paso obligado para la mayoría de los trabajos.



Figura 4.3 Mesón Principal

Fuente: Elaboración propia

En este espacio se realizan tareas como desarme de cilindros hidráulicos, pruebas preliminares de equipos, limpieza de componentes y revisión visual antes o después de otras etapas del proceso. Debido a su versatilidad, también funciona como **punto de encuentro operativo**, donde el personal se reúne para recibir instrucciones al inicio de la jornada o coordinar labores específicas.

El mesón cuenta con una estructura inferior tipo repisa, donde comúnmente se almacenan elementos de uso frecuente como paños de limpieza, desengrasantes y pequeñas máquinas o herramientas que no poseen un alto valor, pero que son necesarias para las tareas auxiliares. Sin embargo, esta zona presenta cierta acumulación desordenada, lo que puede dificultar el acceso rápido a los insumos y representa una oportunidad de mejora en cuanto a orden y estandarización visual.

4.2.2 Oficina 1

La Oficina 1 está ubicada dentro del área operativa y cuenta con **dimensiones aproximadas de 2,0 x 2,5 metros**. Es utilizada principalmente por el gerente de la maestranza, quien realiza labores de coordinación, administración y atención a clientes. A pesar de su cercanía con las zonas de trabajo, dispone de iluminación natural adecuada, lo que mejora las condiciones del espacio. También se emplea como punto de encuentro con proveedores o visitas técnicas, aunque su tamaño y ubicación presentan ciertas limitaciones de privacidad y aislamiento respecto al entorno productivo.

4.2.3 Tornos

La maestranza HCC cuenta con cinco tornos, distribuidos en un área específica destinada al mecanizado de componentes. Estos equipos son utilizados para procesos de torneado convencional, principalmente en la reparación y fabricación de piezas cilíndricas, como ejes, camisas o bujes. Tres de ellos se encuentran en activos, mientras que uno de tipo CNC permanece fuera de uso por falta de espacio y condiciones adecuadas.

En la Tabla 4.3 se describen las características principales de cada equipo.

Tabla 4.3 Descripción tornos

Torno	Dimensión	Tipo	Uso	Observación
1	1,0 m x 1,5 m	Torno paralelo convencional	Alta frecuencia. Se utiliza principalmente para piezas medianas.	Cuenta con un operario fijo asignado. Se encuentra en buen estado operativo.
2	2,0 m x 1,6 m	Torno paralelo convencional	Alta capacidad de mecanizado	También cuenta con un operario permanente. Accesibilidad reducida.
3	4,0 m x 1,2 m	Torno paralelo convencional	Orientado a trabajos de mayor longitud o piezas estructurales.	Su extensión longitudinal requiere un mayor espacio libre alrededor. Posee operario asignado.
4	1,8 m x 1,6 m	Torno paralelo convencional	Trabajos específicos de baja frecuencia.	No cuenta con un operario permanente. Se activa según requerimiento técnico.
5	2,5 m x 1,8 m	Torno CNC	Actualmente fuera de operación.	Se encuentra inactivo y cubierto con una lona. No ha sido instalado ni utilizado debido a la falta de espacio físico adecuado y condiciones de seguridad.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.4 el Torno paralelo de gran tamaño (utilizado para piezas de mayor envergadura), con un filtro montado en el plato. Se observa operario con EPP (protección auditiva, mascarilla y guantes) y presencia de viruta en la base de la máquina. El puesto trabaja con iluminación artificial y holguras laterales reducidas, lo que confirma la necesidad de pasillos operativos más amplios para maniobras y limpieza.

A su vez en la Figura 4.5 el torno paralelo, dispuesto en un cubículo estrecho con acceso limitado alrededor de la máquina. Se aprecian superficies adyacentes con herramientas y residuos de mecanizado, iluminación localizada y ventilación acotada; el espacio posterior/es lateral restringe la postura del operario y el retiro de viruta.



Figura 4.4 Torno 3

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.5 Torno 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Patio

El patio de la maestranza HCC (ver Figura 4.6) cumple múltiples funciones operativas que lo convierten en un espacio clave dentro del sistema productivo actual. Se trata de una zona exterior, contigua a la nave principal, con superficie amplia y de acceso directo, utilizada tanto para procesos de trabajo como para logística de entrada y salida de equipos.

En primer lugar, el patio **funciona como área de recepción y despacho**, ya que es allí donde se descargan los equipos que llegan para reparación, y desde donde se entregan a los clientes tras finalizar los trabajos. Esta dinámica lo convierte en el primer y último punto de paso en la mayoría de los trabajos, además, en este espacio se realiza el **montaje y desmontaje de piezas de gran tamaño**, cuando estas no pueden ser manipuladas al interior de la nave por sus dimensiones o por restricciones de maniobra. Esto incluye estructuras metálicas, cilindros hidráulicos de gran longitud o subconjuntos que requieren movimiento con grúa o carretilla. Adicionalmente, el patio también se utiliza como **zona de pintura**, en ausencia de una cabina cerrada. Allí se aplican recubrimientos a los componentes, lo que representa una solución funcional pero limitada, ya que existen riesgos asociados a la contaminación ambiental, variabilidad climática y falta de control sobre el proceso.



Figura 4.6 Patio

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Flujo de trabajo y relaciones entre estaciones

De acuerdo con los antecedentes expuestos en el punto 4.2 sobre la demanda operacional, se identificó que uno de los trabajos más recurrentes en la maestranza HCC corresponde a la reparación de una válvula. La Tabla 4.4 presenta la **secuencia operativa del trabajador** para el caso representativo:

inicia en el **Vestidor (1)**, continúa al **Mesón principal (2)** y luego a la **Zona de Recibo (3)**, avanzando sucesivamente por cada estación según se indica. El **orden numérico** resume el flujo completo del proceso hasta su término. Este recorrido se **visualiza gráficamente** en la **Figura 4.7**.

Tabla 4.4 Descripción de actividades

N°	Estación de trabajo	Descripción
1	Vestidor	El operario se equipa con los elementos de protección personal al inicio de la jornada
2	Mesón principal	Se reciben las instrucciones del trabajo a realizar, junto con planos o indicaciones técnicas
3	Zona de recibo	El operario se traslada al exterior a buscar la pieza que fue descargada previamente en esa zona
4	Mesón principal	Se realiza el desarme preliminar del componente, revisión visual y limpieza inicial
5	Bodega de insumos	Se retiran herramientas, repuestos o productos requeridos según el diagnóstico
6	Mesón principal	Se efectúan ajustes previos antes de mecanizado o tratamiento
7	Torno 1	Operación de mecanizado para recuperar medidas, superficies o tolerancias
8	Mesón principal	Verificación intermedia de resultados y traslado
9	Taladro 1	Aplicación de operaciones auxiliares como perforación, avellanado o centrado
10	Área solador	Reparación de fisuras o daños estructurales mediante soldadura
11	Mesón principal	Ajustes menores post-intervención y pruebas de calidad
12	Patio	Traslado de la pieza al patio para la aplicación de recubrimientos protectores y pintura
13	Bodega de insumos	Se traslada a buscar los elementos para proceder a pintar el equipo ya reparado
14	Patio	Secado del componente ya pintado
15	Mesón principal	Control final del trabajo terminado y preparación para entrega
17	Zona de despacho	El componente se traslada a esta zona para ser retirado por el cliente o enviado a terreno

Fuente: Elaboración propia.

Esta representación de cómo se fabrica una válvula, permite visualizar de forma concreta el recorrido real dentro del layout actual, así como también identificar puntos de acumulación, zonas críticas y oportunidades de mejora en cuanto a orden, seguridad y eficiencia. El objetivo de este ejercicio es contar con una base objetiva para justificar posteriores decisiones de rediseño en el sistema de producción.

La secuencia de la Tabla 4.4 evidencia redundancias de desplazamiento: el operario retorna varias veces al mesón y a la bodega porque las estaciones y sus herramientas/insumos están dispersos. La lejanía entre puestos críticos (mesón–bodega–torno–taladro–soldadura–pintura) provoca trayectos largos, esperas por cruces y tiempos muertos, además de mayor exposición al riesgo al mover piezas. Este patrón confirma la necesidad de compactar cercanías funcionales en el nuevo layout para reducir desplazamientos y estabilizar el flujo del trabajo de reparación de válvulas.

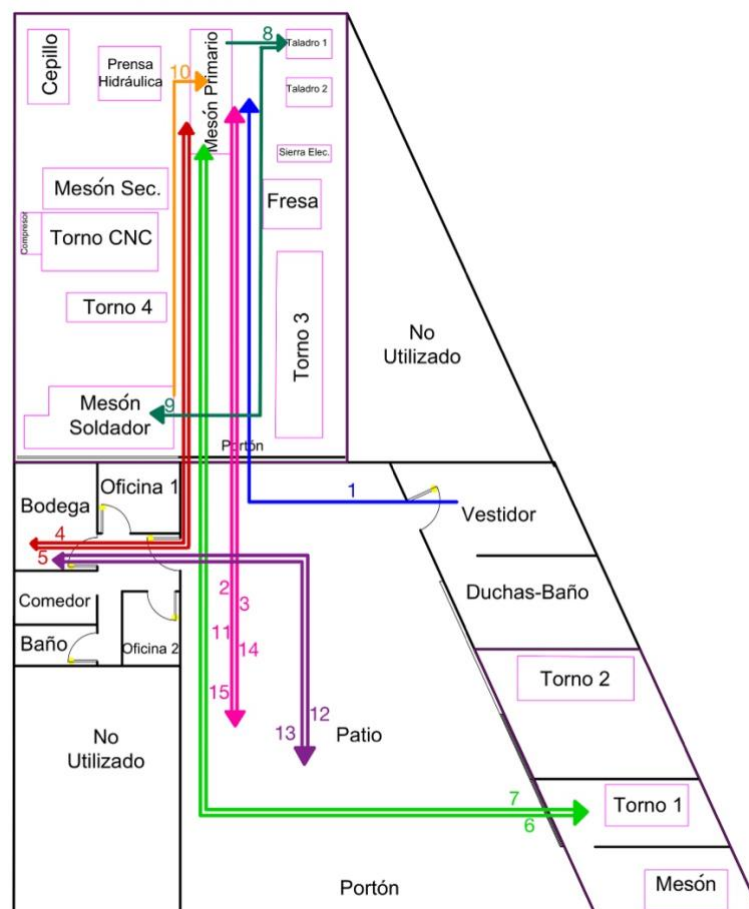


Figura 4.7 Representación del movimiento del trabajador

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4.7 se ve el recorrido del trabajador al realizar una válvula, este flujo evidencia una alta **centralización operativa en el mesón primario de trabajo**, que actúa como punto de inicio, paso intermedio y cierre de la mayoría de los trabajos. Asimismo, se observa una **fragmentación del recorrido**, con múltiples desplazamientos entre interior y exterior de la maestranza (mesón-patio)

4.4 Capacidad Operarios

Con el objetivo de comprender en profundidad el uso real de los recursos humanos dentro de la maestranza HCC, se realizó una observación a los nueve trabajadores que desempeñan funciones operativas. Esta evaluación tuvo como finalidad identificar su rol dentro del proceso productivo, estación de trabajo, capacidad mensual estimada y el porcentaje efectivo en su puesto de trabajo.

Tabla 4.5 Caracterización del personal HCC

N	Colaborador	Descripción trabajo	Estación de trabajo	Capacidad Mensual (hrs)	Permanencia en su área de trabajo
1	Supervisor maestranza	Supervisar mecanizados, soldaduras y mecánicos. Apoyo en corte de materiales	Maestranza	172	95%
2	Supervisor terreno	Realiza levantamientos, ejecuta trabajos en terreno, compra de materiales	Maestranza y terreno	172	90%
3	Tornero 1	Operador de torno	Torno 1	172	75%
4	Tornero 2	Operador de torno	Torno 2 y 3	172	70%
5	Mecánico	Desarmar y armar equipos mecánicos, pruebas hidráulicos y corte de pieza	Mesón primario	172	85%
6	Soldador	Soldadura MIG, TIG y SMAW maestranza/terreno	Mesón Soldador	172	50%
7	Prevencionista	Seguridad del personal y gestión de documentos normativos	Terreno	86	95%
8	Administración	Facturación, cobranza y compra de materiales	Oficina 2	60	95%
9	Gerente general	Cotizar compra de materiales, fabricar planos y distribución de tareas	Oficina 1	172	70%

Fuente: Elaboración propia.

Este análisis permite detectar tiempos muertos, desplazamientos innecesarios, sobrecargas o subutilización de personal, lo cual es esencial para diseñar un sistema de producción más eficiente, enfocado en el equilibrio de cargas y la mejora del flujo operativo.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.5, estos reflejan una realidad heterogénea: mientras algunos operarios se mantienen constantemente activos en su estación, otros presentan una alta variabilidad en su permanencia debido a factores como el desorden del layout, la necesidad de buscar herramientas o insumos, o la rotación entre tareas. Además, es importante señalar que tanto la prevencionista de riesgos como el área de administración operan bajo modalidad part time, lo cual limita la capacidad de supervisión y seguimiento continuo de las operaciones. Esta información servirá como base para mejorar la asignación de espacios, el orden interno y la eficiencia en la futura propuesta de layout.

4.5 Condiciones operativas de seguridad y calidad

Durante el diagnóstico realizado en la maestría HCC se relevaron prácticas positivas y brechas que inciden directamente en el desempeño del sistema productivo. En términos generales, el taller no registra accidentes en los últimos tres meses, lo que evidencia una base preventiva funcional; sin embargo, persisten condiciones de desorden y saturación de espacio que incrementan la exposición al riesgo y reducen la eficiencia.

Las instalaciones se mantienen limpias de forma periódica; existe rutina de aseo cada 3–5 días y limpiezas puntuales cuando se acumulan virutas, aceites o residuos en torno y mesón. Pese a ello, se constata desorden funcional: herramientas semi organizadas, zonas delimitadas que no siempre se respetan y superficies de apoyo con materiales en tránsito. Este escenario repercute en tiempos de búsqueda, contaminación cruzada y mayores interferencias entre estaciones.

La empresa dispone de EPP (y su uso es regular), rutas de evacuación, señalización de peligro y conos; no obstante, se observaron cables sueltos en pasillos, cruces peatonales expuestos al movimiento de cargas y ventilación insuficiente en soldadura y pintura que obliga a realizar pausas para no saturar el ambiente con micropartículas. Un riesgo crítico es la congestión espacial: al mover piezas pesadas dentro del taller, prácticamente deben detenerse otras tareas debido a la estrechez de pasillos y a la proximidad entre estaciones, lo que genera interferencias y eleva la probabilidad de incidentes. Adicionalmente, los tornos 3 y 4 carecen del espacio mínimo para operación ergonómica y segura del operador.

La iluminación es adecuada (mixta natural y artificial) y la ventilación general es aceptable, con excepciones en las áreas antes indicadas. Se identifican oportunidades para mejorar posturas y alcances del operario mediante despeje perimetral y reposicionamiento de superficies de apoyo.

Cada estación cuenta con prácticas y criterios de verificación que permiten asegurar conformidad básica del producto; para cilindros hidráulicos se ejecutan pruebas específicas cuando el cliente lo exige. El orden periódico (3–5 días) contribuye a mantener superficies limpias, pero la variabilidad en la disposición de herramientas y la falta de estandarización visual (5S, etiquetas, puntos de reposición) favorecen reprocesos y tiempos de preparación más largos. La organización no opera con certificación ISO, aunque varias prácticas se alinean parcialmente con ISO 9001 (calidad) e ISO 45001 (seguridad).

El sistema actual demuestra control de riesgos básicos y cultura de EPP, pero el desorden, la cercanía entre puestos y la falta de pasillos dedicados constituyen las principales fuentes de inseguridad e ineficiencia. Estas brechas justifican el rediseño del layout con pasillos normados, zonas de izaje segregadas y estándares de orden/limpieza, para consolidar la seguridad y elevar consistentemente la calidad del proceso.

4.6 Síntesis del diagnóstico

El análisis realizado permite identificar una serie de elementos que caracterizan el funcionamiento actual de la maestría HCC, tanto desde sus fortalezas como desde sus principales limitaciones operativas. Esta visión integral será clave para sustentar el rediseño del sistema productivo propuesto en los próximos capítulos.

En términos generales, se destaca el compromiso del personal, la disposición al trabajo en equipo y la buena calidad técnica lograda en los trabajos entregados. Algunas estaciones de trabajo están bien equipadas y permiten mantener un estándar operativo aceptable, aunque con limitaciones. Asimismo, existe una cultura de cumplimiento respecto al uso de elementos de protección personal, lo cual contribuye a resguardar la seguridad en la operación diaria.

Sin embargo, también se identificaron problemas estructurales importantes. El más crítico es la limitación en infraestructura, que impide la puesta en marcha de equipos como el torno CNC y restringe la incorporación de nuevas maquinarias. Además, el espacio disponible no está organizado de forma eficiente, lo que genera zonas saturadas, recorridos extensos para buscar insumos y

acumulación de tareas en puntos como el mesón central. La comunicación informal entre operarios y supervisores al momento de entregar instrucciones también representa un factor que afecta la coordinación y planificación del trabajo. La ubicación de las estaciones, así como la antigüedad o estado técnico de algunas máquinas, contribuyen a cuellos de botella y pérdidas de tiempo en diversas etapas del proceso. Esto repercute directamente en la eficiencia, la calidad y la seguridad de las operaciones.

Se observa, por tanto, una gran oportunidad de mejora mediante un rediseño integral del sistema productivo, que contemple una nueva distribución física del layout, medidas de orden y estandarización, mejoras en seguridad, y el fortalecimiento de la gestión operativa. Se espera que estas acciones permitan aumentar la capacidad productiva, acceder a nuevos nichos de mercado, y lograr un entorno más profesional, eficiente y alineado con estándares técnicos superiores.

5 DISEÑO DE LAYOUT MAESTRANZA HCC

El presente capítulo desarrolla la propuesta de mejora del sistema productivo de la maestranza HCC, construida a partir de las deficiencias identificadas en el diagnóstico técnico. El objetivo principal de esta propuesta es reorganizar física y operativamente la maestranza, incorporando nuevas tecnologías y principios de diseño que permitan mejorar la eficiencia, el orden, la seguridad y la capacidad operativa del sistema.

La intervención considera el diseño e implementación de un nuevo layout productivo, materializado en un **galpón industrial de 18×24 m (432 m²) y 5 m de altura útil**. Según conversaciones con la gerencia, la empresa trasladará su operación a este nuevo galpón, dado que el emplazamiento actual es **arrendado**. Este espacio permitirá superar las limitaciones de infraestructura vigentes, reordenar funcionalmente las estaciones de trabajo e incorporar equipos industriales de mayor envergadura.

Como parte del diseño, se plantea la incorporación de tres tecnologías clave:

- Un **punto grúa monorriel**, para el traslado eficiente y seguro de piezas pesadas;
- Una **máquina de corte por chorro de agua**, que permitirá ejecutar cortes de precisión sin afectación térmica; y
- La **habilitación del torno CNC**, actualmente en desuso por restricciones de espacio.

Estas incorporaciones fueron técnicamente evaluadas y serán consideradas en el diseño del nuevo sistema productivo. Para guiar el proceso de rediseño se empleó la metodología **Systematic Layout Planning (SLP)**, que permite jerarquizar las relaciones entre áreas y estaciones mediante matrices cualitativas y diagramas de interacciones, favoreciendo una distribución eficiente, coherente con los flujos de trabajo reales y compatible con los nuevos requerimientos técnicos.

5.1 Estudio Técnico de Incorporación de Nuevas Máquinas

Este apartado analiza los aspectos técnicos fundamentales que justifican la incorporación de nuevas maquinarias al sistema productivo de la maestranza HCC. Estas decisiones impactan directamente en el diseño del layout propuesto, por lo que es necesario evaluar sus requerimientos operativos y espaciales antes de aplicar la metodología de planificación.

5.1.1 Justificación técnica de nuevas máquinas

Como parte del rediseño del sistema productivo propuesto para la maestranza HCC, se consideró la incorporación de nuevas tecnologías que permitan ampliar las capacidades operativas, mejorar la seguridad en el manejo de cargas, aumentar la versatilidad de los procesos productivos y reducir los tiempos improductivos derivados de maniobras manuales o procesos limitados por equipamiento obsoleto.

Las nuevas máquinas que se proyecta incorporar son:

- Un **punto grúa monorriel** para manipulación de piezas pesadas.
- Una **máquina de corte por chorro de agua** de alta precisión.
- La **habilitación funcional del torno CNC**, actualmente inactivo por falta de espacio.

Estas tres incorporaciones fueron seleccionadas en base a las necesidades observadas durante el diagnóstico, los objetivos definidos para el nuevo layout, y los requerimientos del mercado al que apunta la empresa. A continuación, se presenta la justificación técnica de cada una:

Punto grúa monorriel

Actualmente, el traslado de componentes pesados se realiza con medios manuales, lo cual genera importantes riesgos operativos y retrasos. La incorporación de un punto grúa monorriel permitirá realizar maniobras seguras y eficientes dentro del galpón de 432 m², especialmente para mover ejes, cañerías, planchas, subconjuntos estructurales y maquinaria pesada.

Este equipo contará con una **luz de 18 metros**, un **recorrido de 24 metros**, 5 metros de altura útil y **capacidad de carga de 5 toneladas**, operando con energía trifásica. Su uso estimado será de 2 a 3 horas diarias



Figura 5.1 Representación punto grúa 5 Ton

Fuente: <https://damol.com.pe>

Máquina de corte por chorro de agua

El diseño del sistema productivo de HCC nace de una necesidad operativa: reducir tiempos de ciclo, mejorar la calidad y asegurar maniobras seguras en un entorno con alta variabilidad de trabajos. En este marco, la máquina de corte por chorro de agua se justifica técnica y estratégicamente por su aporte directo al desempeño del sistema y por abrir una línea de negocio de corte de precisión para terceros, cuyo alcance excede la demanda interna actual de la maestranza.

Desde el punto de vista técnico, el corte por agua permite ejecutar geometrías complejas en acero al carbono, inoxidable y aluminio sin zona afectada térmicamente ni deformaciones, elevando la calidad dimensional y reduciendo retrabajos. El modelo MACH 150CC ofrece superficie útil **3 × 2 m**, **recorrido Z 180 mm** y bomba Hyplex (**~60.000 psi**), lo que habilita piezas grandes y series cortas con alta repetibilidad. Su incorporación reemplaza procesos manuales imprecisos, integra control limpio del proceso y estandariza tiempos, coherente con los principios de planificación de instalaciones orientados a flujos más cortos y procesos con mayor capacidad de respuesta según *Tompkins et al., (2010)*.

En términos operacionales y de mercado, el equipo:

- Descongestiona estaciones críticas de mecanizado y corte, alineándose con el layout propuesto y el uso del puente grúa.
- Amplía el portafolio hacia servicios de corte de precisión para terceros, aprovechando la capacidad instalada más allá de la carga interna.
- Contribuye a la calidad (acabado, exactitud y repetibilidad) y a la seguridad (ausencia de calor y chispas, menor manipulación secundaria), favoreciendo la alineación con ISO 9001/45001/14001.

La adquisición de la MACH 150CC es coherente con el rediseño del sistema productivo: eleva la calidad, reduce tiempos, mejora la seguridad y habilita un negocio de mayor valor agregado, posicionando a HCC de forma competitiva en el mercado regional.



Figura 5.2 Flow MACH 150CC

Fuente: Flow Water jet. <https://www.flowwaterjet.es/maquinas>

En la Figura 5.2 se puede ver la máquina de corte por chorro por agua, La mesa útil de 3×2 m calza con el formato estándar de planchas 1,5×2,0 m, dejando holgura para fijación y trayectorias, por lo que los cortes se realizan en una sola fijación.

Esta máquina permite de manera eficiente el aprovechamiento de casi total del material, reduciendo mermas y costos de chatarra.

Además, es un activo con vida útil promedio aproximado de 20 años, facilitando su amortización y asegurando continuidad operativa con bajo riesgo tecnológico.

Torno CNC

El torno CNC de dimensiones aproximadas **2,5 m x 1,8 m** actualmente existente no se encuentra en funcionamiento debido a la falta de espacio y condiciones adecuadas. Su reubicación en el nuevo layout permitirá aprovechar su potencial técnico, automatizar procesos de mecanizado y aumentar la precisión y repetibilidad en trabajos de fabricación de componentes críticos.

Además, al integrarse con otros procesos automatizados y aumentar la capacidad instalada, permitirá elevar la competitividad de la empresa frente a talleres que ya operan con tecnologías CNC.

5.1.2 Requisitos operativos y espaciales

La implementación de nuevas maquinarias dentro del sistema productivo de la maestranza HCC exige considerar una serie de **condiciones técnicas, espaciales y económicas mínimas**, necesarias para asegurar una operación eficiente, segura y sustentable en el mediano plazo.

Tabla 5.1 Requisitos operativos

Máquina	Requisitos Técnicos	Restricciones	Costo Estimado (USD)
Torno CNC	Área 3 × 2.5 m, trifásico, ventilación	Mantenimiento y puesta punto	2.000
Corte por Agua (MACH 150CC)	Área 3 × 2 m, trifásico, drenaje y ventilación	Condiciones controladas; operador capacitado	60.000
Puente Grúa Monorriel	Luz 18 m, desplazamiento 24 m, altura 5 m, trifásico	Condiciona diseño estructural del galpón	35.000 – 45.000

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.1, se detallan los requerimientos, restricciones y costos estimados de cada equipo. Dando una noción clara de la inversión a realizar.

5.2 Aplicación de Método SLP y Job Process

Para abordar el rediseño del sistema productivo de la maestranza HCC, se aplicó una metodología combinada entre el Systematic Layout Planning (SLP) y el enfoque de Job Process, con el fin de equilibrar las relaciones funcionales entre áreas y la flexibilidad operativa necesaria para un taller de producción variada como el presente.

El método SLP permitió **organizar racionalmente las 18 áreas funcionales** identificadas dentro del nuevo galpón de 432 m², considerando factores como el flujo de materiales, la relación entre procesos, la seguridad, y el espacio disponible. En paralelo, el enfoque Job Process orientó la disposición de ciertas estaciones claves bajo criterios de **conveniencia operativa**, permitiendo dejar espacio para adaptaciones según la demanda específica de cada trabajo.

En este proceso se consideraron diversas restricciones técnicas y operacionales, tales como:

- Limitaciones espaciales del nuevo galpón (dimensiones de 18 × 24 metros y 5 metros de altura).
- Dimensiones y requerimientos de instalación de nuevas máquinas, como el puente grúa y la máquina de corte por chorro de agua.

Este instrumento fue clave para construir el diagrama espacial del siguiente apartado, permitiendo una visualización clara de las relaciones prioritarias entre estaciones críticas como el mesón de trabajo, zona de tornos, soldadura y despacho, entre otras.

5.2.2 Diagrama de relaciones simplificado

A partir de la matriz de relaciones mutuas presentada en el apartado anterior, se elaboró un diagrama de relaciones simplificado, con el objetivo de identificar de manera clara y visual las conexiones más relevantes entre las distintas áreas operativas de la maestranza.

Para ello, se optó por reducir el análisis a los tres niveles de relación más significativos del método SLP.

- A (Absolutamente necesario)
- E (Especialmente importante)
- I (Importante)

Esta simplificación fue realizada con el fin de enfocar el diseño del layout en los flujos de mayor intensidad y frecuencia, dejando de lado aquellas relaciones ocasionales o irrelevantes. Las relaciones seleccionadas corresponden a aquellas áreas que, según lo analizado en la sección 4.2 sobre la demanda operacional, concentran los trabajos más frecuentes y voluminosos, como la reparación de cilindros hidráulicos, la soldadura de estructuras, o el mecanizado de piezas.

La Figura 5.4 presenta el resultado gráfico de esta simplificación:

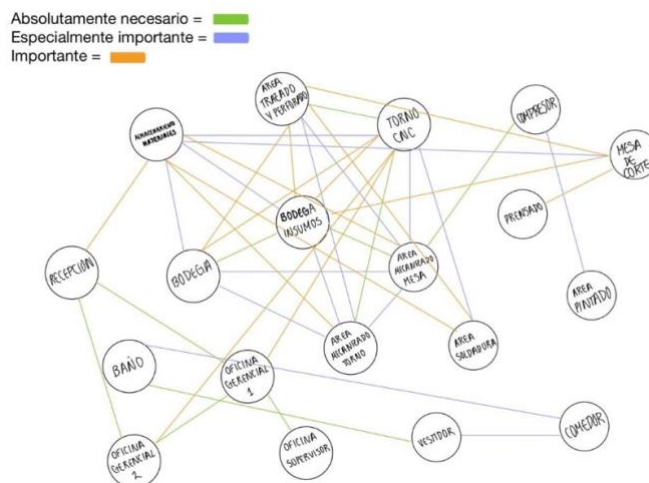


Figura 5.4 Diagrama de relaciones simplificado

Fuente: Elaboración propia.

Este diagrama fue determinante para priorizar la ubicación relativa de las estaciones de trabajo en el layout final, buscando asegurar una cercanía lógica y funcional entre las áreas con mayor interdependencia, reduciendo tiempos de traslado y mejorando la eficiencia global del sistema productivo.

5.3 Diseño inicial Layout para Maestranza HCC

Como primer acercamiento al diseño del nuevo sistema productivo, se elaboró un prototipo de layout preliminar siguiendo estrictamente dos criterios:

- [1] Las relaciones funcionales entre áreas derivadas de la matriz de relaciones mutuas y su diagrama de interrelaciones (Figura 5.4)
- [2] El volumen de producción asociado a las cinco actividades más frecuentes (Tabla 4.1): fabricación y reparación de cilindros hidráulicos, fabricación de válvulas, producción de flanges, mantenimiento de filtros y construcción de estructuras metálicas.

Estas categorías representan una porción significativa de la demanda y, por lo tanto, determinaron la jerarquía espacial y las proximidades requeridas en el diseño.

El prototipo se desarrolló dentro del nuevo espacio designado para la planta (galpón proyectado), modelado a escala en AutoCAD. La asignación de cada una de las 18 áreas de trabajo se realizó exclusivamente a partir del diagrama de relaciones (niveles A, E, I), respetando restricciones de seguridad, ergonomía y circulación. En concreto:

- Se priorizó A (absolutamente necesario) para pares como Mesón–Tornos y Mesón–Bodega de Insumos, por su alta recurrencia en la ruta de “cilindros”
- Se aplicó E (especialmente importante) para Tornos–Taladro y Mesón–Despacho, por secuencia y frecuencia.
- Se asignó I (importante) a relaciones de soporte (Soldadura–Mesón, Pintura–Patio), asegurando cercanía funcional con segregación física cuando correspondía por seguridad.

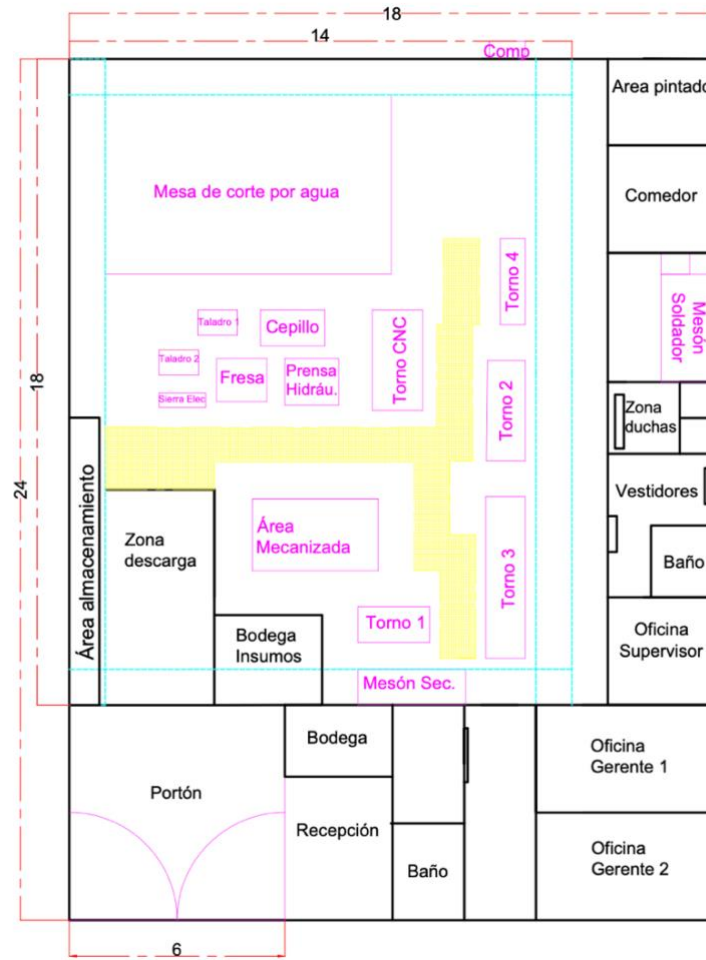


Figura 5.5 Primer prototipo

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.5 (Prototipo 1) la cual se encuentra en metros El portón de acceso se ubica al costado izquierdo del galpón y se dimensionó para permitir el ingreso cómodo de un camión pluma de 4 metros de largo, considerando maniobra y radio de giro hacia las zonas de recepción y despacho. El puente grúa monorriel fue trazado como líneas celestes, que representan su luz y el eje de cobertura de izaje sobre las estaciones críticas (zona de descarga, mesón central y mecanizado), evitando interferencias con muros y equipos de altura.

El procedimiento de síntesis fue el siguiente: (1) delimitación del contorno del galpón y ubicación del portón izquierdo; (2) trazado de la luz del puente grúa (líneas celestes) como restricción estructural primaria; (3) colocación de bloques de estaciones con sus dimensiones reales y las proximidades

A/E/I; (4) segregación de riesgos (soldadura/pintura); (5) simulación rápida del flujo del caso “cilindros” para detectar retrocesos; y (6) ajuste fino de posiciones y circulaciones internas.

5.4 Retroalimentación por parte de HCC

Con el fin de validar el diseño propuesto para el nuevo layout de la maestranza, se sostuvo una reunión con el gerente de HCC, quien entregó observaciones desde una perspectiva práctica y operativa.

En la Tabla 5.2, se detallan los principales puntos levantados por la gerencia.

Tabla 5.2 "Puntos de mejora"

Nº	Puntos de mejora	Justificación
1	Pasillos de 1.5 metros entre máquinas	Se solicita garantizar una separación mínima que permita un desplazamiento seguro y cómodo del personal y del equipamiento auxiliar.
2	Agregar un mesón secundario	Se recomienda incorporar un espacio adicional que permita apoyar herramientas o componentes de manera temporal durante el desarrollo de las tareas.
3	Reducir tamaño de bodegas y recepción:	Se observa que estas áreas podrían estar sobredimensionadas con relación a su uso efectivo, lo que permitiría liberar espacio para zonas operativas más críticas.
4	Realizar un pasillo exclusivo para la mesa de corte	Con el fin de mejorar el acceso y flujo hacia esta estación, se sugiere habilitar un pasillo que asegure su operatividad continua.
5	Portón central	Se plantea analizar alternativas en las que el acceso principal esté centrado, lo cual podría optimizar los flujos de entrada y salida de materiales pesados.

Fuente: Elaboración propia.

Estas cinco observaciones fueron fundamentales para definir la versión final del layout, asegurando que el diseño no solo respondiera a criterios técnicos y cuantitativos, sino también a la experiencia práctica del equipo directivo, fortaleciendo la viabilidad del sistema propuesto.

5.5 Diseño final del layout para Maestranza HCC

El diseño final del layout se elaboró a partir de una integración rigurosa entre criterios técnicos, operacionales y normativos. Esta propuesta consolidada responde tanto a las observaciones

entregadas por el equipo directivo de HCC (ver Tabla 5.2), como a los fundamentos establecidos a lo largo de la memoria.

En su construcción se consideraron los siguientes elementos clave:

- **Retroalimentación del equipo directivo**, incorporando sugerencias tales como la reducción de bodegas, incorporación de mesones secundarios, pasillos de 1.5 metros entre equipos y la exploración de accesos alternativos al galpón.
- **Conveniencia operativa basada en el enfoque Job Process**, lo cual permitió ubicar las estaciones de trabajo según la lógica del flujo real observado y de la frecuencia de las operaciones, priorizando eficiencia y funcionalidad.
- **Demanda real de productos y servicios**, identificada en el punto 4.2, lo cual aseguró que el layout diera prioridad a las áreas involucradas en los trabajos más recurrentes.
- **Impacto de trabajos rechazados**, especialmente en las áreas de cilindros hidráulicos y fabricación de piezas, lo cual evidenció la necesidad de reorganizar espacios críticos para evitar pérdidas de clientes y mejorar la capacidad de respuesta.
- **Cumplimiento de normativas técnicas**, específicamente los principios generales de las normas ISO 9001 (gestión de calidad), ISO 45001 (seguridad y salud ocupacional) e ISO 14001 (gestión ambiental), las cuales sirvieron de guía para asegurar orden, seguridad y sustentabilidad en el diseño final.

El layout final corresponde a la versión optimizada tras iterar con la matriz/diagrama de interrelaciones (SLP) y los ajustes de conveniencia propios del Job Process. Su lógica espacial privilegia los flujos de alto volumen y frecuencia (cilindros, válvulas, flanges, filtros y estructuras), a la vez que resuelve restricciones de manejo de carga y seguridad.

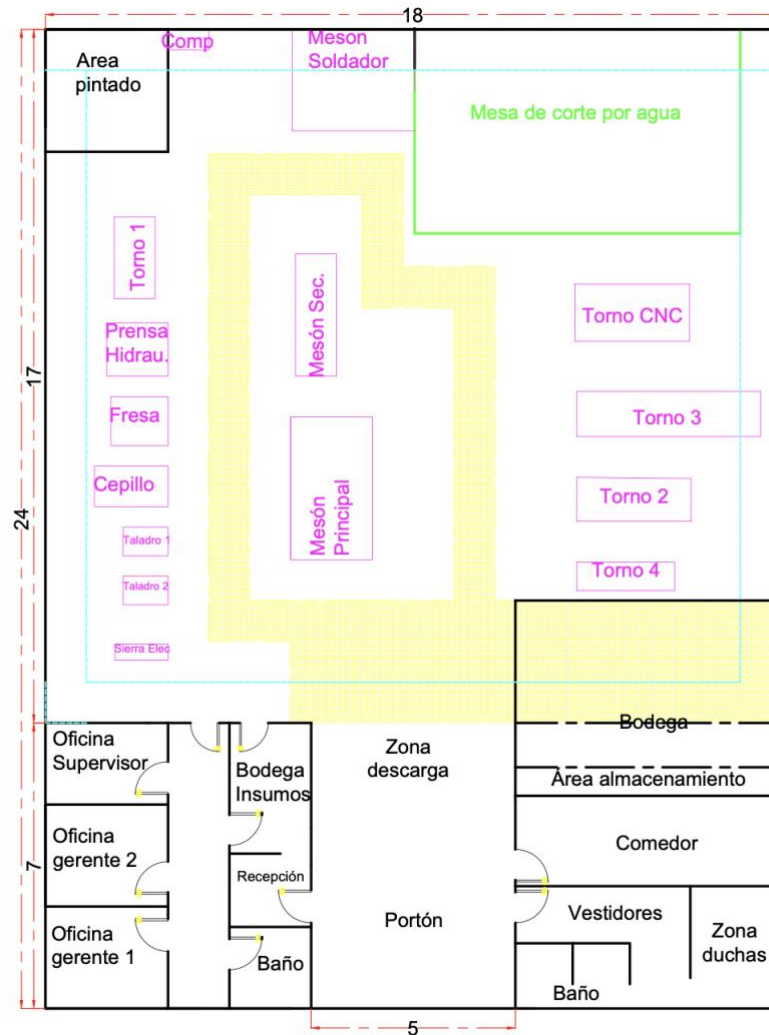


Figura 5.6 Layout final

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.6 se reubica el portón al eje central del galpón, con 5 m de ancho, para favorecer maniobras de ingreso/egreso y alinearlos con el corredor de izaje. Esta decisión reduce cruces y retrocesos respecto del layout anterior, y responde a la relación A/E entre *recepción–despacho–mesón principal* en la matriz SLP.

Se reduce la oficina existente y se incorpora una nueva oficina para el supervisor en posición visual del núcleo operativo, mejorando coordinación y control. Se ordenan vestidores, duchas, comedor y baños en una franja de servicios, separando rutas de personal y materiales. Esta zonificación refuerza prácticas alineadas con ISO 9001/45001/14001 (orden, higiene, rutas seguras, segregación de riesgos).

La bodega derecha se amplía para admitir planchas 1,5×2,0 m (aprovechamiento total en mesa 3×2 m del corte por agua) y vigas de 6 m, con pasillo frontal de extracción. Su cercanía al acceso y al puente grúa obedece a relaciones A–E con *recepción* y *corte/mecanizado*, minimizando tiempos de traslado y manipulaciones intermedias.

Se disponen un mesón principal (instrucciones, desarme, verificación intermedia) y un mesón secundario (apoyo y preensamble) en posición dominante del flujo, conectados por pasillos $\geq 1,5$ m hacia tornos, taladros, fresa/cepillo y zona del soldador. La proximidad mesón–bodega de insumos (relación A) reduce tiempos muertos de preparación y búsqueda.

El área amarilla delimita la zona segura de movimiento del puente grúa; las líneas azules representan su luz/recorrido operativo de 17×18 m, zona de descarga, núcleos de mecanizado y preensamble sin interferir con muros ni equipos altos. Se establecen zonas de exclusión bajo gancho, radios de giro despejados y continuidad de pasillos.

Al fondo, en verde, se ubica la mesa de corte por chorro de agua (8×5 m), segregada del tránsito principal, con condicionantes de drenaje, ventilación y trifásica, pero accesible al puente grúa para carga/descarga de planchas.

Justificación SLP–Job Process. La configuración final materializa las relaciones A/E/I: *mesón–tornos–taladros* (A/E), *mesón–bodega* (A), *soldadura–pintura–patio* (I, con segregación). El Job Process aporta la flexibilidad para reubicar apoyos (mesón secundario) y ajustar holguras según piezas y lotes, manteniendo la capacidad de respuesta ante variabilidad típica de maestranza.

Con portón centrado, bodega ampliada y cobertura efectiva del puente grúa, el layout reduce distancias y esperas por interferencias, mejora la seguridad (circulaciones normadas y exclusiones bajo gancho) y sostiene la calidad (flujo limpio, estaciones diferenciadas, inspecciones visibles), habilitando además la explotación eficiente del corte por agua y del torno CNC.

6 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Este capítulo tiene como objetivo evaluar objetivamente las propuestas de layout generadas, a través del uso de criterios cuantitativos y cualitativos que permitan fundamentar la selección del diseño más conveniente para la maestranza HCC. Se consideran aspectos como tiempos de proceso, seguridad, calidad, costos de instalación y adecuación al flujo operativo real. A partir de esta evaluación, se busca respaldar con datos concretos la elección del layout definitivo propuesto en el capítulo anterior.

6.1 Criterios cualitativos

Los criterios cualitativos permiten evaluar aspectos no numéricos pero fundamentales para el desempeño organizacional y la percepción del entorno de trabajo. En el caso de la maestranza HCC, estos criterios han sido claves para proyectar los beneficios del nuevo layout más allá de la eficiencia operativa.

- **Orden y limpieza visual:** La reorganización del espacio aporta una mejora significativa en el orden general del taller, facilitando el acceso a herramientas, insumos y estaciones de trabajo. Esto permite reducir tiempos de búsqueda y aumentar la fluidez operativa.
- **Imagen organizacional y marketing:** Un entorno más profesional, ordenado y estandarizado contribuye directamente a mejorar la imagen frente a clientes actuales y potenciales. La maestranza pasa a proyectar una imagen moderna y confiable, lo que puede ser aprovechado en estrategias de marketing y posicionamiento.
- **Bienestar y motivación del personal:** Espacios definidos, seguros y funcionales promueven un mejor ambiente laboral. Al contar con mayor comodidad y orden en sus estaciones, los trabajadores experimentan una reducción en el estrés operativo y mayor satisfacción con sus tareas.
- **Cultura preventiva y profesionalismo:** Aunque la empresa aún no esté certificada, el diseño propuesto se enmarca en principios de estas normas internacionales. **ISO 45001** establece un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para prevenir lesiones **ISO 9001** define un sistema de gestión de la calidad basado en enfoque al cliente, enfoque por procesos, toma de decisiones basada en evidencia y mejora continua. **ISO 14001** plantea un sistema de gestión ambiental para identificar aspectos e impactos, cumplir obligaciones de cumplimiento, fijar objetivos y mejorar el desempeño ambiental de manera continua.

6.2 Criterios cuantitativos

Para evaluar objetivamente los beneficios del nuevo layout, se emplearon criterios cuantitativos que permiten comparar de forma directa el estado actual versus la propuesta final. Integra el flujo de trabajo, tiempos de ejecución, aspectos medibles relacionados con la calidad y la seguridad operativa.

6.2.1 Representación de flujo del trabajador

Con el objetivo de cuantificar mejoras operacionales en el nuevo layout, se realizó una representación de flujo centrada en uno de los productos de mayor frecuencia en la maestranza: la **reparación de una válvula**. Esta actividad fue seleccionada debido a su alta demanda, nivel de complejidad

La simulación consistió en trazar, sobre el plano a escala desarrollado en AutoCAD, el recorrido completo que debe efectuar un operario. Al estar el plano diseñado con dimensiones reales, fue posible estimar los metros recorridos entre estaciones, considerando tanto el layout actual como el propuesto.

Para estimar los tiempos de traslado, se utilizó como referencia una **velocidad promedio de desplazamiento de 1.1 m/s**, valor ampliamente aceptado en contextos industriales para operarios en condiciones normales de trabajo Wickens et al., (2004).

Tabla 6.1 Ruta operativa trabajador

Nº	Prototipo final
1	Vestidor-Mesón P.
2	Mesón P. -Zona de Recibo
3	Zona de Recibo - Mesón P,
4	Mesón P.-Bodega de Insumos
5	Bodega Insumos- Mesón P.
6	Mesón P.- Torno 1
7	Torno 1- Mesón P.
8	Mesón P.-Taladro 1
9	Taladro 1- Área Solador
10	Área de Soldador - Pintado
11	Pintado- Mesón P.
12	Mesón P.- Zona de Despacho.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6.1 muestra la secuencia completa de movimientos del operario en el prototipo final para la reparación de un *Válvula*, desde Vestidor–Mesón P. hasta Mesón P.–Zona de Despacho, enumerando cada tránsito entre estaciones en el orden de ejecución. Los colores representan las líneas de traslado en la figura 6.1.

Este flujo está representado con flechas direccionales sobre el plano a escala del layout final en la Figura 6.1, lo que permite visualizar el recorrido en contexto, pasillos, zonas de izaje y puestos críticos y sustenta el análisis posterior de distancias y tiempos.

Los resultados de esta simulación serán utilizados en las secciones posteriores para realizar una comparativa objetiva de tiempos y eficiencia, apoyando la justificación técnica del nuevo diseño.

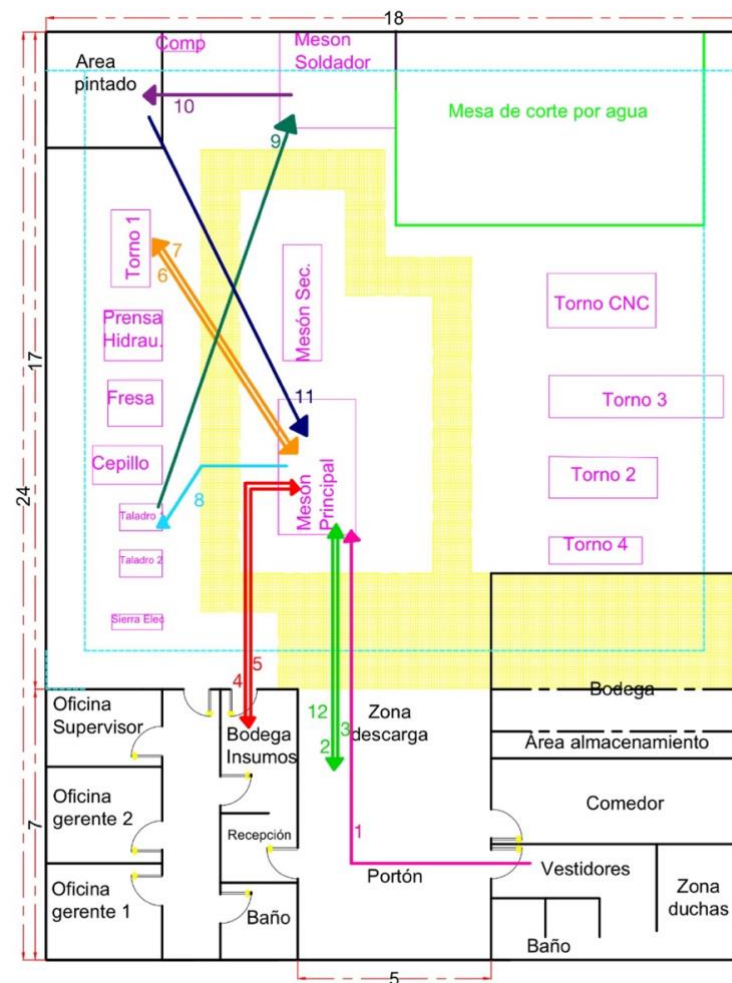


Figura 6.1 Movimiento trabajador en prototipo final

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Comparación de distancia y tiempo entre layouts

Con el objetivo de evaluar la eficiencia del nuevo layout propuesto, se realizó una simulación detallada en AutoCAD del recorrido completo necesario para ejecutar la reparación de un cilindro hidráulico, considerando cada una de las estaciones de trabajo involucradas en el proceso.

Tabla 6.2"Comparación de flujos entre layouts"

Nº	Actual	Distancia (m)	Nº	Prototipo final	Distancia (m)
1	Vestidor-Mesón p.	16,23	1	Vestidor-Mesón p.	9,72
2	Mesón-Zona de recibo	23,42	2	Mesón P.-Zona de recibo	5,36
3	Zona de recibo-Mesón p.	23,42	3	Mesón P.-Mesón principal	5,36
4	Mesón-Bodega de insumos	15,54	4	Mesón p.-Bodega de insumos	3,36
5	Bodega de insumos-Mesón p.	15,54	5	Bodega Insumos-Mesón p.	3,36
6	Mesón-Torno 1	27,84	6	Mesón p.-Torno 1	5,7
7	Torno 1-Mesón p.	27,84	7	Torno 1- Mesón P.	5,7
8	Mesón-Taladro 1	1,31	8	Mesón p.-Taladro 1	3,26
9	Taladro 1-Área solador	11,39	9	Taladro 1-Área solador	12,32
10	Área solador-Mesón p	9,98	10	Área de soldador-Pintado	4,92
11	Mesón-Patio para pintar	18,66	11	Pintado-Mesón p.	8,81
12	Patio-Bodega de pintura	10,44	12	Mesón p.-Zona de despacho.	5,36
13	Bodega de pintura- Patio	10,44			
14	Patio-Mesón p.	18,66			
15	Mesón-Zona de despacho	23,42			
	Total Recorrido (m)	254,13		Total Recorrido (m)	73,23
	Velocidad (m/s)	1,1		Velocidad (m/s)	1,1
	Tiempo (s)	231,03		Tiempo (s)	66,57
	Tiempo (min)	3,85		Tiempo (min)	1,11

Fuente: Elaboración propia.

La simulación se ejecutó tanto en el layout actual como en el layout propuesto, midiendo las distancias caminadas por el operario y luego transformando dichos valores en tiempo, en función de la velocidad

promedio de desplazamiento de 1,1 m/s ya mencionada en la sección 6.2.1, y los resultados se muestran en la Tabla 6.2.

Como se observa en la Tabla 6.2, la comparación actual vs. prototipo final muestra una disminución de 254,13 m $\rightarrow$ 73,23 m por ciclo y, con $v = 1,1$ m/s, una reducción de 231,03 s $\rightarrow$ 66,57 s (ahorro de 164,46 s $\approx$ 2,74 min, -71%) en desplazamientos del operario. Este ahorro es directamente convertible en Horas-Hombre (HH):

$$HH \text{ ahorradas}/mes = \frac{164,46}{3600} \times N_{ordenes}_{mes} \times n_{operarios \text{ implicados}}$$

Ejemplos de orden de magnitud (un operario por orden): **100 órdenes/mes $\approx$ 4,6 HH/mes.**

En síntesis, el prototipo final no solo ahorra $\sim$ 2,74 min por ciclo en caminatas, sino que recupera HH al suprimir detenciones y re-enfocar tiempo de los cuellos (Soldadura, Tornería) en valor agregado. Esto habilita más órdenes cerradas con el mismo personal, contribuye a reducir plazos y disminuye la pérdida de ventas, manteniendo orden y seguridad alineados con buenas prácticas ISO (ISO 45001, ISO 9001 e ISO 14001).

6.2.3 Comparación de calidad

Antes de comparar, es importante aclarar el alcance: para un estudio de calidad “avanzado” se requiere una línea base cuantitativa por estación de trabajo (tasas de defecto, retrabajo, causas, tolerancias, capacidad de proceso, etc.). Esta memoria se centra en el **diseño del sistema de producción y el layout** de la maestría; por ello, el análisis de calidad es **cualitativo**, inferido desde los cambios de flujo, orden y tecnología implementados. Bajo este enfoque, un entorno más ordenado y limpio reduce contaminación, manipulaciones innecesarias y errores de preparación, mejorando por consecuencia la calidad percibida y técnica del producto.

En el estado previo, la dispersión de estaciones y herramientas, junto con recorridos largos y manejo manual de piezas, elevaba la probabilidad de daños, contaminación cruzada (soldadura/pintura). El diseño propuesto compacta cercanías funcionales (mesón–bodega–mecanizado), define pasillos y zonas de izaje, y segrega procesos críticos (soldadura y pintura con extracción y bodega ventilada). Este reordenamiento disminuye manipulaciones, estabiliza condiciones de proceso y acorta tiempos de preparación, lo que típicamente reduce retrabajos y mejora la consistencia del acabado.

La incorporación de **torno CNC, mesa de corte por chorro de agua y puente grúa** eleva el estándar de calidad por tres vías:

Precisión y repetibilidad: el CNC controla tolerancias y trayectorias de forma consistente, reduciendo la variabilidad humana por fatiga o técnica; el corte por agua no genera zona afectada térmicamente, mantiene geometría y calidad de arista con menos post procesos.

Menor daño por manipulación: el puente grúa reduce golpes, flexiones y deformaciones durante el traslado de piezas pesadas.

Condiciones de trabajo más estables: sujeción adecuada, accesos despejados y secuencias claras disminuyen errores de montaje y de medición. Las máquinas no son “infalibles”, pero bien mantenidas y calibradas fallan menos de manera aleatoria que los procesos manuales, y su variabilidad es más controlable.

Finalmente, vincular la calidad a una forma de trabajo sistemática procedimientos simples por estación, criterios de aceptación, puntos de verificación y registros básicos consolida lo anterior: menos errores, menos reprocesos y resultados más uniformes. Con ello, la maestranza puede **brindar un mejor servicio:** plazos más confiables, acabados consistentes y capacidad para ofrecer nuevos trabajos de mayor precisión (p. ej., servicios de corte a terceros), fortaleciendo la relación con clientes y la posición competitiva.

6.2.4 Comparación de seguridad

A continuación, se presenta una comparativa de condiciones de seguridad entre el layout actual y el layout final propuesto. Los ítems incorporan mejoras adicionales coherentes con el diagnóstico (pasillos, izaje, ventilación, cableado, almacenamiento de químicos, ergonomía, emergencias y control visual).

En la Tabla 6.3 el layout final segrega riesgos en ensancha pasillos, normaliza energía/ventilación y ordena almacenamientos críticos. El uso del puente grúa con rutas y exclusiones disminuye interferencias (paradas de otros puestos durante movimientos de carga) y reduce la probabilidad de incidentes. La implantación de 5S y señalética mejora el control visual y acorta tiempos de preparación, reforzando seguridad y calidad del proceso.

Tabla 6.3 Comparación de seguridad

Ítem	Layout actual	Layout final (prototipo definitivo)
Movimiento de piezas / izaje	Traslado manual y con interferencias; detenciones de otros trabajos por falta de espacio.	Puente grúa con zonas de exclusión bajo gancho (área amarilla), rutas de izaje definidas (líneas azules), eslingas certificadas, señalización y plan de izaje.
Torno CNC	Inactivo por falta de espacio; reemplazo por trabajo manual.	Trabajo automatizado con resguardos, enclavamientos, paro de emergencia, capacitación y perímetro seguro.
Área de pintura	En patio, expuesta; ventilación insuficiente y riesgo de contaminación.	Zona específica de pintado con ventilación/extracción, contención de derrames, segregación de inflamables y EPP respiratorio.
Soldadura	Área pequeña, sin separación de materiales; ventilación insuficiente.	Área dedicada con subdivisión AC carbono/AC inox, extractor de humos, cortinas ignífugas.
Pasillos y circulación	Pasillos estrechos, cruces con cables sueltos; tránsito mixto operario/carga.	Pasillos $\geq 1,5$ m, rutas peatonales diferenciadas, demarcación de piso, radios de giro libres y control de cruces.
Energía eléctrica y cableado	Cables expuestos/rasantes; tableros sin estandarización.	Canalizaciones elevadas, tableros señalizados, protecciones diferenciales.
Almacenamiento de químicos/pinturas	Bodega improvisada; etiquetado irregular.	Bodega ventilada con retención secundaria, etiquetado GHS, MSDS disponibles y control de inventario.
Ergonomía en los tornos	Holgura insuficiente para postura segura del operario.	Holguras perimetrales apropiadas, altura de trabajo y accesos a puntos de mando sin obstrucción.
Iluminación y ruido	Iluminación correcta pero puntual; control de ruido limitado.	Iluminación uniforme sobre planos de trabajo, mejora de confort lumínico; programa de conservación auditiva.
Emergencias	Rutas presentes pero con interferencias; dotación de extintores básica.	Rutas despejadas e iluminadas, señalética visible, extintores ABC/CO2 según riesgo y ducha/lavaojos en pintura.
Orden y control visual	Orden parcial; búsqueda de herramientas frecuente.	5S implantado, puntos de reposición, codificación por colores, checklists.
EPP y control operativo	EPP disponible y uso regular.	Matriz de EPP por tarea, control de entrega, listas de verificación y capacitación periódica.

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Selección del layout final

El diseño final del layout para la maestranza HCC responde a la necesidad de optimizar los flujos operativos, mejorar la seguridad y cumplir con estándares de calidad, conforme a las observaciones realizadas en los capítulos anteriores. Esta versión ha sido desarrollada sobre un plano a escala real (Figura 5.6), correspondiente a un galpón de 18 metros de ancho por 24 metros de largo, con 432 m² de superficie útil y 5 metros de altura libre.

Este layout fue elaborado en AutoCAD e integra todos los requerimientos técnicos definidos a lo largo del estudio, incluyendo el uso del puente grúa monorriel y la incorporación de la máquina de corte por chorro de agua, además de habilitar finalmente el torno CNC, que en la situación anterior no se utilizaba por falta de espacio.

Como se muestra en la Figura 5.6, el área resaltada en amarillo representa la zona segura de desplazamiento del puente grúa, la cual garantiza un recorrido sin obstrucciones para el izaje de piezas como cañerías, estructuras o componentes pesados. Esta área fue cuidadosamente delimitada para evitar interferencias con las estaciones fijas de trabajo. El layout considera, además:

- Un portón de acceso central, lo que permite un flujo eficiente para carga y descarga directa.
- Pasillos de al menos 1,5 metros entre máquinas, facilitando la circulación del personal y cumpliendo con normativas de seguridad.
- Un mesón secundario para apoyo de herramientas o piezas, como fue sugerido por el equipo directivo.
- Un espacio proyectado para expansión futura en la zona norte del galpón, lo que permitirá crecimiento sin modificar las líneas de flujo actuales.

Finalmente, este diseño ha sido concebido considerando los lineamientos de las tres normas ISO adoptadas por la organización: gestión de calidad, seguridad y medioambiente, asegurando un entorno de trabajo ordenado, seguro y conforme a estándares reconocidos.

6.4 Consideraciones técnicas y constructivas

El diseño final del layout implica una serie de requerimientos técnicos y constructivos que deben ser considerados previamente a su implementación. Estos aspectos son determinantes para asegurar la viabilidad estructural y operativa del nuevo sistema productivo. Desde el punto de vista técnico, destacan las siguientes consideraciones:

- El puente grúa debe operar con una capacidad de 5 toneladas, lo cual impone requisitos estructurales específicos sobre las vigas que lo soportan.
- Máquina de corte por chorro de agua (modelo MACH 150CC) requiere una base nivelada, conexión trifásica y un sistema de ventilación adecuado debido al uso de agua a alta presión.
- Distancia mínima de 1,5 metros entre estaciones de trabajo debe respetarse rigurosamente para cumplir con las normativas de seguridad y permitir maniobras con piezas de gran volumen.
- La implementación de rutas de flujo seguro y señalización según lo definido por los estándares ISO, especialmente en zonas de alto tránsito y manipulación de materiales pesados.

En términos constructivos, uno de los aspectos más relevantes es la coordinación entre la empresa constructora del galpón y la que proveerá el puente grúa. Esto se debe a que el sistema de izaje será instalado sobre las vigas estructurales del galpón, las cuales deben ser dimensionadas con antelación para soportar el peso propio del puente más la carga máxima operativa. De este modo, se garantiza una correcta transferencia de carga sin comprometer la integridad del galpón ni la seguridad del personal. Además, será necesario considerar:

- Fundaciones reforzadas en las zonas donde se ubican máquinas de gran peso.
- Accesos y portones amplios que faciliten el ingreso de materiales y equipos de gran tamaño.
- Instalación de canaletas y redes eléctricas elevadas, evitando interferencias en zonas operativas.

Estas consideraciones, abordadas desde el diseño, permitirán una ejecución efectiva del nuevo layout, evitando reprocesos y asegurando una transición ordenada hacia el nuevo sistema.

6.5 Justificación del layout seleccionado

El layout final propuesto ha sido diseñado a partir de una integración estructurada entre el análisis técnico, operativo y estratégico desarrollado a lo largo de esta memoria. Su selección responde principalmente a cinco fundamentos clave que garantizan su pertinencia para la operación actual y futura de la maestranza.

En primer lugar, el diseño **se alinea rigurosamente con la matriz de relaciones mutuas**, abordada en el punto 5.2.1, la cual identifica las interacciones más relevantes entre estaciones de trabajo. Esto permitió priorizar cercanías entre áreas con alta dependencia operativa, como el área de mecanizado, la bodega de insumos y el área de soldadura.

En segundo lugar, el layout **considera criterios de conveniencia operacional mediante el enfoque Job Process**, incorporando zonas amplias y transitables para el movimiento de piezas voluminosas, mejorando así los tiempos de operación y permitiendo decisiones espaciales más flexibles para el operario.

En tercer lugar, la disposición final **responde a la demanda operacional** observada en el punto 4.2, priorizando el flujo de productos más recurrentes dentro de la maestranza, como cilindros hidráulicos, válvulas, flanges, filtros y estructuras. Esto permite reducir tiempos de desplazamiento y mejorar la eficiencia en las tareas de reparación y fabricación.

En cuarto lugar, se incorporaron **los cinco puntos clave señalados por el gerente general**, tales como pasillos de 1,5 metros entre máquinas, la ubicación estratégica del portón central, la reducción de espacios subutilizados (bodegas y recepción), la incorporación de un mesón secundario, y el diseño de un pasillo exclusivo para el acceso a la mesa de corte.

Finalmente, todo el diseño ha sido **concebido respetando las tres normas ISO base del sistema de producción**, asegurando que las condiciones de orden, limpieza, seguridad y estandarización sean parte integral del nuevo sistema de layout propuesto.

En síntesis, la solución presentada no solo se adecua a los principios técnicos y productivos analizados, sino que también constituye una propuesta realista y viable que responde directamente a las necesidades actuales y proyectadas de la empresa.

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este estudio diseñó el sistema de producción de la maestranza HCC para cumplir los objetivos de seguridad, calidad y eficiencia. La síntesis del trabajo integra una metodología SLP + Job Process que, apoyada en planos a escala en AutoCAD, permitió determinar con precisión la ubicación de cada área según su relación operativa y frecuencia de uso. El diagnóstico inicial evidenció recorridos extensos e interferencias por izaje extenso, además de pérdida de oportunidades por plazos; con esas brechas se definieron criterios y restricciones (portón central de 5 m, cobertura del puente grúa, pasillos $\geq 1,5$ m, segregación soldadura y pintura, bodegas para formatos $1,5 \times 2,0$ m y vigas de 6 m). Tras un ciclo de prototipo + feedback de gerencia, se llegó a un layout final que reduce distancias/tiempos, mejora el orden y la seguridad (zonas de exclusión bajo gancho, ventilación) y se alinea a lineamientos ISO, habilitando además la incorporación del corte por agua y la puesta en marcha del CNC.

7.1 Síntesis del estudio

El estudio tuvo por objetivo diseñar el sistema de producción y el layout de la maestranza HCC en el nuevo galpón de 18×24 m (5 m de altura), con foco en seguridad, calidad y eficiencia. El resultado es un diseño final que:

- Ordena los flujos de trabajo priorizando las familias de mayor demanda (cilindros, válvulas, flanges, filtros y estructuras)
- Habilitar maniobras seguras mediante portón central de 5 m, puente grúa con rutas definidas y zonas de exclusión
- Aumenta la capacidad de respuesta al reducir recorridos y esperas por interferencias
- Prepara capacidad futura al integrar espacio funcional para CNC y corte por agua (planchas $1,5 \times 2,0$ m y vigas de 6 m en bodega dedicada).

Los avances más relevantes se resumen en:

- Se obtuvo el diseño del **sistema de producción** y del layout final para la maestranza HCC en el galpón 18×24 m, orientado a seguridad, calidad y eficiencia.
- **Metodología aplicada:** uso combinado de SLP (matriz/diagrama A–E–I) y Job Process para asegurar proximidades funcionales y flexibilidad operativa propia de una maestranza.

- **Modelación a escala real:** elaboración de planos **AutoCAD** con dimensiones de estaciones y pasillos, permitiendo mediciones objetivas de distancias y validación de holguras.
- **Diagnóstico integral del sistema actual:** identificación de cuellos de botella, recorridos extensos, interferencias por izaje manual, y rechazo de trabajos por plazos extendidos.
- **Representación de flujo representativa:** trazado del caso *válvula* (actual vs. propuesto), con reducción de distancia y tiempo de traslado ($\sim 71\%$), base para estimar ahorro de HH.
- **Evaluación comparativa estructurada:** criterios cuantitativos (distancia, tiempo, HH) y cualitativos (orden, seguridad, calidad, imagen), con tablas “antes/después”.
- **Incorporación de feedback del cliente (HCC):** ajustes de pasillos $\geq 1,5$ m, mesón secundario, portón centrado 5 m, pasillo dedicado a mesa de corte, y optimización de bodegas.
- **Mejoras de seguridad alineadas a ISO:** rutas de evacuación, zonas de exclusión bajo gancho, ventilación y segregación de procesos (soldadura/pintura), control de EPP; coherente con ISO 9001/45001/14001.
- **Viabilidad técnica del diseño:** coordinación puente grúa–estructura del galpón, requerimientos eléctricos (incluida trifásica), drenajes/ventilación para corte por agua, y bodega apta para planchas $1,5 \times 2,0$ m y vigas 6 m.
- **Justificación de nuevas capacidades productivas:** habilitación de CNC, incorporación de corte por chorro de agua y mejor manipulación de cargas con puente grúa.
- **Entregables técnicos completos:** matriz y diagrama SLP, alternativas y layout final, rutas operativas con flechas, comparativas de tiempo/distancia/seguridad, y consideraciones técnicas de implementación.

7.2 Hallazgos críticos del diagnóstico y lógica de diseño (SLP + Job Process + ISO)

El diagnóstico del sistema productivo evidenció recorridos extensos, cuellos de botella y detenciones por interferencias durante el movimiento de piezas; además, pasillos estrechos, cables rasantes y ventilación insuficiente en soldadura/pintura aumentaban el riesgo operativo y afectaban la calidad. Sobre esta base se aplicó Systematic Layout Planning (SLP) en tres pasos encadenados: (1) Matriz y diagrama de interrelaciones (A–E–I) para traducir la realidad operativa en proximidades funcionales p. ej., Mesón–Bodega–Tornos con A/E, y Soldadura–Pintura con I y segregación por seguridad (2) Síntesis espacial asignando las 18 áreas dentro del contorno del galpón, respetando portón central, cobertura del puente grúa, pasillos $\geq 1,5$ m, ventilación de procesos y almacenamientos para planchas

1,5×2,0 m y vigas de 6 m; y (3) ajuste iterativo incorporando el feedback de HCC (pasillo dedicado a la mesa de corte, mesón secundario, reducción de bodegas/recepción).

Complementariamente, el enfoque Job Process aseguró la flexibilidad necesaria para una maestranza (rutas no lineales, lotes pequeños), habilitando decisiones de conveniencia operativa sin romper las cercanías críticas definidas por el SLP. La propuesta se verificó a escala en AutoCAD, dimensionando equipos y midiendo distancias de tránsito en el caso representativo (*válvula*) para los layouts actual y propuesto; dichas distancias se convirtieron a tiempo con velocidad estándar de operario y sirvieron como métrica objetiva para la comparación y selección. Todo el diseño se alineó con ISO 9001, 45001 y 14001, integrando rutas de evacuación despejadas, zonas de exclusión bajo gancho, control de EPP y requisitos ambientales, con el fin de asegurar seguridad, calidad y trazabilidad en la operación

7.3 Impacto cuantitativo: distancias, tiempos, HH y tasa de rechazo

El caso *válvula* se trazó sobre el plano a escala del layout (Figura. 6.1) con flechas direccionales que unen, en secuencia, las estaciones efectivamente utilizadas. Las distancias se midieron a lo largo de los ejes de pasillo, desde el perímetro operativo de cada estación, reproduciendo la trayectoria real del operario y evitando atajos no permitidos por el mobiliario. Esta representación respeta las proximidades A–E–I del SLP (p. ej., Mesón–Bodega–Tornos con A/E; Soldador–Pintado con I y segregación) y la cobertura de izaje, de modo que el flujo resultante es operable y seguro, no solo “geométricamente corto”.

Con la distribución actual, el recorrido total suma 254,13 m por orden; en el layout final, 73,23 m. Asumiendo $v = 1,1$ m/s, el tiempo de desplazamiento cae de 231,03 s a 66,57 s, esto es, un ahorro de 164,46 s ($\approx 2,74$ min, -71%). El recorte proviene, principalmente de los siguientes 3 puntos:

- Compactación Mesón–Recibo–Mesón (antes tramos de $\sim 23,4$ m, ahora $\sim 5,4$ m)
- Cercanía Mesón–Bodega–Torno (antes ~ 15 – 28 m por salto, ahora ~ 3 – 6 m)
- Eliminación de la ida–y–vuelta a patio/bodega de pintura, sustituido por un ciclo corto y segregado de pintado.

Conversión a Horas-Hombre (HH) para **30 órdenes/mes** (1 operario/orden):

$$HH \text{ ahorro}/_{mes} = \frac{164,46}{3600} \times 30 \text{ órdenes} = 1,37 \text{ HH}/_{mes}$$

$$HH \text{ ahorro}/_{año} = 1,37 \times 12 \text{ años} = 16,45 \text{ HH}/_{año}$$

Este cálculo es solo por caminata. La segregación de izaje (puente grúa con zonas de exclusión) y los pasillos $\geq 1,5$ m reducen detenciones por interferencias; un ajuste conservador de +10–20% elevaría el ahorro a 1,51–1,64 HH/mes (≈ 18 –20 HH/año).

HCC reporta rechazo de oportunidades $\sim 25\%$ /mes por plazos extendidos y saturación. El nuevo layout ataca la causa raíz (desplazamientos largos + paradas por cruces), acorta el tiempo interno y estabiliza el flujo, habilitando compromisos de entrega más cortos y confiables. En términos prácticos, si hoy se ejecutan 30 órdenes/mes y se rechaza un volumen equivalente a ≈ 10 órdenes/mes por capacidad/tiempos, una mejora de rendimiento basada en los ahorros anteriores no exige aumentar dotación para capturar parte de esa demanda. Aun con un escenario prudente capturar 10–20% de lo rechazado el taller sumaría 1–2 órdenes/meses adicionales, lo que mejora ingresos y reduce el costo unitario al utilizar mejor la capacidad instalada.

7.4 Impacto cualitativo: orden, seguridad, calidad e imagen profesional

El layout final estructura el taller en torno a puntos fijos de operación (mesón principal/secundario, mecanizado, soldadura, pintura) y bodegas diferenciadas (insumos, planchas $1,5 \times 2,0$ m y vigas de 6 m), lo que reduce traslados y tiempos de búsqueda al concentrar materiales y herramientas cerca de las estaciones que los utilizan. Para sostener el orden, se implementa un mapa de ubicación de herramientas y consumibles con rotulación uniforme (pasillo–estantería–nivel–posición) y se definen niveles mínimos/máximos por familia de ítems, apoyando una reposición visual en estanterías.

El control de inventario se planea realizar con registros de consumo por orden de trabajo, de modo que cada retiro y devolución quede trazado y alimente la actualización de stock. Este esquema convierte el orden en un resultado del diseño: menos desplazamientos, rápida localización de recursos y disponibilidad oportuna de insumos para ejecutar las tareas sin interrupciones.

Las mejoras de seguridad del layout final actúan como controles de ingeniería sobre las causas raíz detectadas. El **puente grúa** opera con rutas de izaje predefinidas y zonas de exclusión bajo gancho demarcadas, evitando cruces con tránsito peatonal y detenciones de otros puestos durante el movimiento de cargas. Los pasillos $\geq 1,5$ m y los radios de giro despejados permiten maniobras seguras y continuas; la segregación de flujos (personas/materiales) disminuye interferencias y mantiene la operación simultánea de mecanizado, soldadura y pintado sin interrupciones.

En instalaciones, las canalizaciones eléctricas elevadas y tableros señalizados con protecciones diferenciales. Enclavamientos y paros de emergencia en equipos críticos. Los procesos de soldadura y pintura se separan físicamente y cuentan con extracción localizada, control de chispas/cortinas y bodega de químicos ventilada con contención secundaria, etiquetado GHS y hojas de seguridad disponibles. Se normalizan rutas de evacuación sin obstáculos, señalética visible, dotación de extintores según riesgo y ducha/lavaojos en el sector de pintura. Listas de verificación de EPP por tarea aseguran que la protección sea consistente con el riesgo de cada operación.

Este marco es coherente con ISO 45001 (control operacional y reducción de riesgos), ISO 14001 (manejo de residuos y emisiones) e ISO 9001 (estandarización documental y trazabilidad). El orden visible y la seguridad integrada al diseño fortalecen la imagen profesional ante clientes y auditorías, habilitan trabajos de mayor envergadura con maniobras seguras y disminuyen el retrabajo por contaminación o manipulación deficiente.

Acceder a nuevos nichos (mantención industrial, estructuras livianas, repuestos navales), con la mesa de corte por chorro de agua (3×2 m) permite cortes de alta precisión sin zona afectada térmicamente, aptos para acero al carbono/inox y aluminio, y soporta el formato estándar de plancha 1,5×2,0 m con mínimo desperdicio. Esto abre un servicio de corte a terceros (piezas de precisión, prototipos, placas, bridas) y encadena con mecanizado CNC, ampliando la oferta en la plaza regional. En términos comerciales, la combinación de plazos más cortos, menor tasa de rechazo y capacidad de corte especializada posiciona a HCC para capturar demanda hoy no atendida.

7.5 Viabilidad, limitaciones y hoja de ruta de implementación

Sí, es posible implementar el diseño final. Está dimensionado en AutoCAD para el galpón de 18×24 m, con portón central de 5 m, cobertura efectiva del puente grúa sobre las áreas críticas y bodegas preparadas para planchas 1,5×2,0 m y vigas de 6 m. No aparecen incompatibilidades estructurales insalvables: las especialidades requeridas (eléctrica trifásica, ventilación/extracción de procesos y drenaje para corte por agua) son habituales en maestranzas y pueden resolverse con proveedores estándar. Operativamente, la reducción medida de distancias y tiempos (aproximado de 71% en traslados del caso representativo) respalda la conveniencia del cambio y permite planificar una implementación por etapas, manteniendo la continuidad del servicio durante el montaje y la redistribución.

Las principales restricciones se relacionan con el CAPEX de equipos (corte por agua y puente grúa), los plazos de suministro/montaje, y el espacio útil durante la transición (posibles cuellos temporales al redistribuir áreas). Se mantiene la dotación actual, por lo que la curva de aprendizaje (operarios y supervisión) puede afectar la productividad inicial. Existen además condicionantes normativas (permisos municipales, artefactos eléctricos/SEC, manejo de residuos y efluentes) que pueden ampliar plazos si no se coordinan anticipadamente.

Para dar inicio al diseño y materializar sus beneficios, el siguiente paso es activar la implementación por etapas. Con la viabilidad técnica confirmada, corresponde formalizar acuerdos con HCC, coordinar a arquitectura e ingeniería estructural (en conjunto con el proveedor del puente grúa) y preparar las gestiones básicas de permisos municipales y de especialidades. A continuación, se presenta una hoja de ruta inicial que ordena estas acciones en secuencia lógica, minimizando interrupciones de la operación y asegurando trazabilidad técnica en cada hito.

Hoja de ruta inicial:

1. Aprobación interna con HCC y designación de un responsable del proyecto.
2. Consultar con arquitecto e ingeniero estructural, en coordinación con el proveedor del puente grúa, para validar vigas y puntos de anclaje.
3. Definición de especialidades: eléctrica (trifásica), ventilación/extracción (soldadura y pintura) y drenaje/efluentes del corte por agua.
4. Tramitación básica: permisos municipales de obra/adecuación, coordinaciones con SEC y sanitaria/ambiental según corresponda.
5. Adquisición y contratación: compra de equipos, montaje del puente grúa y adecuaciones del galpón.
6. Implementación por etapas: redistribución de estaciones, pruebas (izaje, corte), capacitación del personal y actualización de procedimientos.
7. Puesta en marcha con seguimiento: revisión a 30/90 días con indicadores simples (tiempo/orden, HH/mes, incidentes, rechazos).

Este trabajo diseñó y justificó un sistema de producción y un layout final para la maestranza HCC, con foco en seguridad, calidad y eficiencia dentro de un galpón de 18×24 m. A partir de un diagnóstico operativo detallado; recorridos extensos, cuellos de botella, interferencias por movimiento de piezas y plazos de entrega que derivaban en rechazo de trabajos. Se construyó una propuesta sustentada en

SLP (matriz/diagrama A–E–I) y criterios de Job Process, verificada a escala con AutoCAD. El proceso iterativo con HCC permitió incorporar restricciones reales y mejoras prácticas (portón central de 5 m, cobertura efectiva del puente grúa, bodega apta para planchas 1,5×2,0 m y vigas de 6 m, mesón secundario y pasillos operativos).

Los resultados cuantitativos son concluyentes: en el caso representativo (reparación de válvula) la distancia recorrida por orden se redujo de 254,13 m a 73,23 m, y el tiempo de traslado de 231,03 s a 66,57 s (aprox. 71%). Este recorte, sumado a la eliminación de interferencias por izaje y a la segregación de procesos, libera Horas-Hombre, acorta el ciclo interno y mejora la capacidad de respuesta sin aumentar dotación. En paralelo, el rediseño eleva la seguridad (rutas definidas de izaje y zonas de exclusión bajo gancho, pasillos $\geq 1,5$ m, separación y ventilación en soldadura y pintura) y la calidad (flujo limpio, estaciones definidas, control visual), alineándose con lineamientos de ISO 9001, 14001 y 45001. Estos avances fortalecen la imagen profesional y crean condiciones para disminuir la pérdida de oportunidades comerciales por plazos extendidos.

La solución es técnicamente viable y escalable: las especialidades requeridas (eléctrica trifásica, ventilación/extracción, drenaje del corte por agua) son estándar en maestranzas y pueden implementarse por etapas manteniendo la continuidad operativa. Como proyección estratégica, el layout habilita mejor uso del CNC y la incorporación del corte por chorro de agua, abriendo servicios de mayor valor y la posibilidad de captar parte de la demanda hoy rechazada por limitaciones espaciales y de flujo.

Finalmente, se reconoce que los beneficios dependen de una ejecución ordenada (coordinación con arquitectura/ingeniería y proveedores, permisos básicos) y de un seguimiento con indicadores simples distancias y tiempos por orden, HH/mes, incidentes, tasa de rechazo para asegurar la estabilización del nuevo sistema. Con todo, la evidencia técnica y operativa presentada respalda que el layout final propuesto resuelve el problema de espacio y distribución, mejora de forma significativa el desempeño del sistema productivo de HCC y sienta bases sólidas para su crecimiento competitivo.

8 CONCLUSIONES

Este capítulo sintetiza los resultados logrados y las conclusiones del rediseño del sistema de producción y del layout para la maestranza HCC. Los resultados a destacar dentro de toda la memoria de título son:

- **Layout final implementable en galpón 18×24 m:** portón central 5 m; bodega apta para planchas 1,5×2,0 m y vigas 6 m; puente grúa con cobertura operativa; mesón principal/secundario; ubicación dedicada para mesa de corte por agua (3×2 m) y habilitación del torno CNC.
- **Flujo interno (caso “Válvula”):** distancia total por orden de 254,13 m → 73,23 m y tiempo de desplazamiento de 231,03 s → 66,57 s (aprx, **71%**).
- **Ahorro de Horas-Hombre (30 órdenes/mes, 1 operario/orden):** 1,37 HH/mes (aprx.16,45 HH/año) solo por caminatas; al reducir interferencias (izaje y cruces) el ahorro efectivo crecerá de forma conservadora en 10–20%.
- **Seguridad:** rutas de izaje y zonas de exclusión bajo gancho; pasillos $\geq 1,5$ m; segregación y ventilación en soldadura/pintura; canalizaciones eléctricas elevadas.
- **Calidad:** menos manipulaciones y contaminación cruzada; mayor repetibilidad con CNC; cortes sin zona afectada térmicamente con waterjet; preparación y verificación más limpias y estables.
- **Negocio:** el nuevo flujo y tiempos más cortos contribuyen a disminuir la tasa de rechazo comercial observada aproximadamente de 25%/mes por plazos extendidos) y abren servicios de mayor valor (corte por agua a terceros).
- **Viabilidad:** especialidades estándar (eléctrica, ventilación, drenajes) y posibilidad de implementación por etapas, alineadas a lineamientos de ISO 9001, 14001 y 45001.

Los resultados verificables del diseño del sistema de producción y del layout de la maestranza HCC. Se reportan, primero, las evidencias cuantitativas (reducción de distancias, tiempos y Horas-Hombre; efecto en la tasa de rechazo) obtenidas mediante simulación a escala en AutoCAD del caso representativo (válvula). Luego, se presentan los resultados cualitativos en orden, seguridad y calidad, junto con elementos de viabilidad técnica e implementación por etapas. Con ello se establece la base para el análisis interpretativo:

1. **La ubicación de las áreas es la palanca decisiva** del desempeño: el SLP (matriz/diagrama A–E–I) combinado con criterios Job Process permitió compactar cercanías funcionales y eliminar tiempos muertos por traslados e interferencias.
2. **La evidencia cuantitativa es concluyente:** el recorte de aproximadamente 71% en distancias/tiempos por orden, medido a escala en AutoCAD, se traduce en ahorro de HH y plazos más confiables.
3. **Seguridad y calidad se integran al diseño:** zonas de izaje, pasillos normados y segregación de procesos reducen exposición al riesgo y estabilizan condiciones de trabajo, disminuyendo retrabajos y variabilidad.
4. **El equipamiento habilitante (CNC y corte por agua)** eleva el estándar de precisión y repetibilidad, y diversifica la oferta de servicios; el puente grúa reduce daño por manipulación y libera capacidad en estaciones críticas.
5. **Proyección competitiva:** al reducir plazos y ordenarse visualmente, HCC mejora su imagen profesional y puede **capturar parte de la demanda hoy rechazada**, además de explorar el nicho de corte de precisión.

El diseño propuesto integra condiciones de **seguridad** (rutas de izaje, zonas de exclusión, pasillos normados, segregación y ventilación de procesos) y fundamentos de **calidad** (flujo limpio, estaciones definidas, preparación y verificación más estables), en línea con buenas prácticas de ISO 9001, 14001 y 45001. Junto con la habilitación del puente grúa, la mesa de corte por agua y el CNC, la planta queda preparada para responder con plazos más cortos, disminuir rechazos por saturación y ampliar su oferta de servicios.

El trabajo sienta bases sólidas para implementar por etapas, con continuidad operativa y seguimiento mediante indicadores simples (distancia/orden, tiempo/orden, HH/mes, incidentes y rechazos). Más allá de los números, el aprendizaje clave es claro: mover bien las áreas con criterio funcional y seguridad integrada transforma el sistema productivo. Con este layout, HCC obtiene un camino concreto para operar con mayor eficiencia, calidad y confianza frente a sus clientes y al entorno competitivo regional.

REFERENCIAS

Harrington, H. J. (1991). *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. McGraw-Hill.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management* (13th ed.). Pearson Education.

Harrington, H. J. (1991). *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. McGraw-Hill.

ISO (2015a) International Organization for Standardization. *ISO 9001:2015 – Quality management systems*. <https://www.iso.org/standard/62085.html>

ISO (2015b) International Organization for Standardization. . *ISO 14001:2015 – Environmental management systems*. <https://www.iso.org/standard/60857.html>

Muther, R. (s.f.). *Systematic layout planning (SLP) – Overview*. Richard Muther & Associates. <https://richardmuther.com/wp-content/uploads/2014/06/RMA-1146-SLP-Overview-Mfg.pdf>

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2003). *Methods, Standards, and Work Design* (11th ed.). McGraw-Hill Education.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2020). *Operations Management* (10th ed.). Pearson Education.

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Wickens, C. D., Gordon, S. E., & Liu, Y. (2004). *An Introduction to Human Factors Engineering* (2nd ed.). Pearson Education.

ANEXOS

ANEXO A: DIAGRAMA INTERRELACIONES

