



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

OPTIMIZACIÓN INTEGRAL DE LA PRODUCTIVIDAD PARA LA UNIDAD DE NEGOCIOS DE SISTEMAS AUXILIARES EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:

STEPHANY VÁSQUEZ DOMÍNGUEZ

NOMBRE DEL ASESOR:

MTRO. JOSE AURELIANO HERNÁNDEZ TEMOLTZIN

APIZACO, TLAX., ABRIL 2026



Apizaco, Tlax. 11/febrero/2026

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del Egresado:	STEPHANY VÁSQUEZ DOMÍNGUEZ
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. De control:	21370607
Nombre del proyecto:	OPTIMIZACIÓN INTEGRAL DE LA PRODUCTIVIDAD PARA LA UNIDAD DE NEGOCIOS DE SISTEMAS AUXILIARES EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**


MTRO. ARMANDO BARRAZA HINIESTA
JEFE DE DEPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL


ING. JOSÉ AURELIANO HERNÁNDEZ TEMOLTZIN
ASESOR INTERNO

c.c.p._Div. Est. Prof. (interesado)
c.c.p._Archivo



2026
año de
**Margarita
Maza**





Tzompantepec, Tlaxcala, **18/Marzo/2026**

STEPHANY VÁSQUEZ DOMÍNGUEZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CON NÚMERO DE CONTROL 21370607.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"OPTIMIZACIÓN INTEGRAL DE LA PRODUCTIVIDAD PARA LA UNIDAD DE NEGOCIOS DE SISTEMAS AUXILIARES EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



2026
año de
Margarita Maza



AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, Isabel, por ser mi mayor ejemplo de fortaleza y amor incondicional. Su manera incansable de luchar por lo que ama son la razón por la que hoy soy quien soy, admiro profundamente la gran mujer que es. Gracias por creer en mí, por acompañarme en cada paso de este camino y por enseñarme que los sueños se alcanzan con dedicación, disciplina y corazón. Todo lo que soy y lo que aspiro ser tiene sus raíces en todo lo que me has dado.

A Gael, mi hermano que ha estado conmigo en cada etapa, apoyándome, celebrando mis logros y recordándome siempre que nunca camino sola. Gracias por hacerme reír en mis días más pesados, tenerte cerca ha hecho este camino más ligero y feliz, tu presencia es una de mis mayores bendiciones. Tu compañía y tu cariño han sido una parte fundamental para llegar hasta aquí.

A mi tía Yola quien ha sido como una abuela por su guía, su amor y su presencia constante. Su vida y sus enseñanzas han marcado la mía de una manera profunda, siendo un pilar que ha sostenido a nuestra familia y también mis sueños. Y a mi familia por su apoyo incondicional, por celebrar mis logros y por enseñarme el valor de avanzar unidos.

A mis amigos, que hicieron de esta etapa académica una experiencia más ligera, alegre y significativa. Gracias por las risas, los consejos y las desveladas compartidas. Ustedes hicieron que los días difíciles fueran más fáciles y los buenos momentos todavía mejores. Sin ustedes, este camino no habría sido igual.

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí, por darme vida, salud, oportunidades y la fortaleza necesaria para culminar esta etapa tan importante. A él encomiendo cada logro y cada paso que aún está por venir.

Extiendo mi agradecimiento al Mtro. José Aureliano Hernández Temoltzín, mi asesor interno, por su guía académica, su compromiso y por su disposición para acompañarme durante el desarrollo de este proyecto. Sus observaciones y claridad para orientar mi camino académico fueron piezas fundamentales para fortalecer este trabajo y para impulsar mi crecimiento como ingeniera.

De igual manera, expreso mi sincero agradecimiento al Ing. Manuel Flores Luna, asesor en Flowserve, por brindarme la oportunidad de integrarme al entorno profesional de la organización. Su confianza, disposición y apertura para compartir su experiencia fueron determinantes para comprender la operación real de la industria y para desarrollar soluciones que aportaran valor a la empresa. Aprecio profundamente el tiempo dedicado, las recomendaciones brindadas y la oportunidad de aprender de un líder con una visión tan amplia y humana.

Extiendo también mi agradecimiento a todo el equipo de Flowserve que colaboró directa o indirectamente durante este proceso, por su apertura, disposición y el ambiente profesional que me permitió crecer tanto en lo personal como en lo laboral.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	14
1.1 Antecedentes de la empresa	14
1.1.1 Flowserve	14
1.1.2 Historia de la empresa	14
1.1.3 Flowserve Planta Tlaxcala	17
1.1.4 Misión	18
1.1.5 Visión	19
1.1.6 Estrategia.....	20
1.1.7 Valores	20
1.1.8 Política y objetivos	22
1.2 Descripción del área de trabajo del estudiante	23
1.2.1 Sistemas Auxiliares	23
1.2.2 Introducción a las familias de productos	27
1.2.3 Área de producción.....	31
1.2.3.1 Estructura general del proceso de producción	31
1.2.3.2 Diagrama de flujo Sistemas Auxiliares	35
1.2.4 Descripción general de las áreas del departamento de Sistemas Auxiliares....	36
1.2.5 Puesto de trabajo del estudiante	51
1.3 Planteamiento del problema	52
1.4 Objetivos	53
1.4.1 Objetivo general.....	53
1.4.2 Objetivos específicos	53
1.5 Justificación	54
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	55
2.1 Productividad en la industria manufacturera	55
2.1.1 Definición y conceptos fundamentales de productividad.	56
2.1.2 Factores que influyen en la productividad en el sector industrial.....	57
2.2 Distribución de planta (Layout).....	58

2.2.1 Concepto y objetivos de la distribución de planta	59
2.2.2 Tipos de layout y su aplicabilidad	63
2.2.3 Herramientas de análisis y rediseño de layouts.....	66
2.2.3.1 Diagrama de Recorrido	67
2.2.3.2 Diagrama de Spaghetti	67
2.2.3.3 Análisis de Flujo de Materiales.....	68
2.2.3.4 Metodología 5S para orden y delimitación de áreas	69
2.2.4 Impacto del layout en los tiempos de traslado, flujo de materiales y seguridad operativa.....	70
2.3 Gestión de operaciones y mejora continua	70
2.3.1 Principios de mejora continua (Kaizen)	71
2.3.2 Lean Manufacturing como filosofía de reducción de desperdicios.....	73
2.3.3 Los siete desperdicios en manufactura y su impacto en la eficiencia.....	74
2.4 Ergonomía y seguridad industrial	77
2.4.1 Definición de ergonomía y su aplicación en procesos de manufactura	77
2.4.2 Riesgos derivados de la mala ergonomía en estaciones de trabajo	78
2.4.3 Relación entre ergonomía, seguridad y productividad.....	79
2.5 Gestión visual y control de la producción	81
2.5.1 Concepto de gestión visual en la manufactura.	81
2.5.2 Control de la producción	83
2.5.3 Herramientas de gestión visual.....	84
2.5.4 Tableros de control como apoyo en la planeación y monitoreo de la producción	84
2.5.5 Beneficios de la gestión visual y control de la producción	85
2.6. Planeación y control de órdenes de producción.....	86
2.6.1 Importancia de la programación de órdenes en manufactura.....	87
2.6.2 Relación entre horas planificadas y horas reales	88
2.7 Evaluación de resultados e indicadores de desempeño (KPIs).....	90
2.7.1 Concepto y relevancia de los indicadores de productividad	90
2.7.2 Uso de indicadores para la mejora continua.....	91
2.7.3 Indicadores para la toma de decisiones	92

CAPITULO III. DESARROLLO	93
3.1 Alcance del proyecto	94
3.2 Definición de la situación actual	95
3.3 Resultados esperados	96
3.4 FASE 1: Delimitación y organización de áreas en Naves A y B	98
3.4.1 Dibujo layout Nave A y Nave B antes de la delimitación de áreas.....	99
3.4.2 Delimitación de áreas en Nave B.....	100
3.4.2.1 Comparación de layout “Nave B” antes y después de la delimitación de áreas	106
3.4.2.2 Diagrama de recorrido flujo común del producto “Ensamble” desde almacén	108
3.4.2.3 Diagrama de recorrido flujo común del producto “Soldadura” desde almacén	110
3.4.3 Delimitación de Áreas en Nave A	111
3.4.3.1 Comparación de layout “Nave A” antes y después de la delimitación de áreas	114
3.4.3.2 Diagrama de recorrido flujo común del producto estándar	116
3.5 FASE 2: Gestión administrativa y planeación previa a la ejecución programada de los cambios estructurales	118
3.5.1 Actualización inicial del layout existente	118
3.5.2 Reuniones técnicas interdepartamentales para viabilidad de los cambios	119
3.5.3 Desarrollo de DELTAS para evaluación técnica y económica	120
3.5.4 Clasificación financiera: CAPEX vs OPEX	121
3.5.5 Desarrollo del Rail de Actividades	123
3.5.6 Integración del Formato de Gestión de Cambios.....	124
3.6 FASE 3: Ejecución programada de cambios en el layout.....	126
3.6.1 Cambios estructurales en Nave B	127
3.6.1.1 Comparación de layout “Nave B” antes y después de los movimientos mayores programados	132
3.6.1.2 Diagrama de recorrido flujo común del producto solo ensamble.....	134
3.6.1.3 Diagrama de recorrido flujo común del producto con soldadura	137
3.6.2 Cambios estructurales en Nave A	140

3.6.2.1 Comparación de layout “Nave A” antes y después de los movimientos mayores programados	147
3.6.2.2 Diagrama de recorrido producto estándar	149
3.7 FASE 4: Implementación del tablero de gestión visual de producción.....	153
3.7.1 Diseño conceptual del tablero.....	155
3.7.2 Proceso de diseño y aprobación del tablero	159
3.7.3 Descripción completa del funcionamiento del tablero	159
3.7.4 Implementación del tablero en planta	161
CAPITULO IV. RESULTADOS	162
4.1 Mejoras logradas en el orden, delimitación y estandarización del espacio ..	162
4.2 Optimización del flujo productivo a partir de los cambios estructurales del layout.....	164
4.2.1 Resultados en eficiencia del flujo y reducción de tiempos	166
4.2.2 Layout actual y programado Sistemas Auxiliares	166
4.3 Implementación del tablero de gestión visual y efectos inmediatos en el control operativo	167
4.4 Evidencia cuantitativa: análisis de productividad.....	168
4.4.1 Comportamiento de KPIs clave	168
4.5.2 Interpretación general de los resultados a partir de los indicadores de desempeño	174
4.5 Consolidación de mejoras y contribución global al sistema productivo	175
4.6 Perspectiva y continuidad del proyecto.....	176
CONCLUSIONES	177
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	178
FUENTES DE INFORMACIÓN	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Logo de la empresa Flowserve.....	14
Figura 2 Google Maps. Ubicación de Flowserve, Santa Isabel Xiloxotla.	17
Figura 3 Estrategias de Flowserve.	20
Figura 4 Valores de Flowserve.	22
Figura 5 Política y objetivos de Calidad de la empresa.	22
Figura 6 Diagrama de flujo de proceso Sistemas Auxiliares.	36
Figura 7 Estaciones de soldadura Nave B SA.	38
Figura 8 Estaciones de soldadura en anexo Nave B SA.	39
Figura 9 Estación de habilitado en soldadura Nave B SA.	40
Figura 10 Área de producción de ensamble Nave B SA.	40
Figura 11 Área de Ensamble de centrales y paneles Nave B SA.	41
Figura 12 Área de Coils Nave B SA.	41
Figura 13 Célula FAT Nave B SA.	42
Figura 14 Tanque de flushing en Nave B SA.	42
Figura 15 Área de inspección final Nave B SA.	43
Figura 16 Cabina de Shotblast (Anexo Nave B).	44
Figura 17 Oficinas en piso Nave B SA.	44
Figura 18 Cabina de Sandblast Nave A SA.	46
Figura 19 Estaciones de soldadura Nave A SA.	46
Figura 20 Área de ensamble Bajo Costo Nave A SA.	47
Figura 21 Célula de Pruebas Nave A SA.	48
Figura 22 Célula de pintura y curado Nave A SA.	49
Figura 23 Área de marcado láser Nave A SA.	49
Figura 24 Área de embarques Nave A SA.	50
Figura 25 Dibujo layout Nave B SA.	99
Figura 26 Dibujo layout Nave A SA.	99
Figura 27 Dibujo delimitación en layout "Área de órdenes para ensamble" Nave B SA.	100
Figura 28 Delimitación en layout "Área de órdenes para ensamble" Nave B SA.	101
Figura 29 Dibujo delimitación en layout "Área de órdenes para soldadura" Nave B SA.	102
Figura 30 Delimitación en layout "Área de órdenes para soldadura" Nave B SA.	102
Figura 31 Delimitación en layout "Área para órdenes en Hold" Nave B SA.	103
Figura 32 Dibujo delimitación en layout "Área para órdenes en Hold" Nave B SA.	104
Figura 33 Dibujo delimitación en layout "Área de inspección PED/ASME" Nave B SA.	105
Figura 34 Delimitación en layout "Área de inspección PED/ASME" Nave B SA.	105
Figura 35 Layout Nave B antes de la delimitación de áreas.	106
Figura 36 Layout Nave B después de la delimitación de áreas.	107
Figura 37 Diagrama de recorrido antes de la delimitación de áreas, flujo común del producto "Ensamble" desde almacén.	108
Figura 38 Diagrama de recorrido después de la delimitación de áreas, flujo común del producto "Ensamble" desde almacén.	109
Figura 39 Diagrama de recorrido antes de la delimitación de áreas, flujo común del producto "Soldadura" desde almacén.	110
Figura 40 Diagrama de recorrido después de la delimitación de áreas, flujo común del producto "Soldadura" desde almacén.	111
Figura 41 Delimitación en layout "Área WIP/PT" Nave A SA.	112
Figura 42 Delimitación en layout "Área WIP/PT" Nave A SA.	113

Figura 43 Delimitación en layout "Área de calidad" Nave A SA.	113
Figura 44 Dibujo delimitación en layout "Área de calidad" Nave A SA.	114
Figura 45 Layout Nave A antes de la delimitación de áreas.	114
Figura 46 Layout Nave A después de la delimitación de áreas.	115
Figura 47 Diagrama de recorrido antes de la delimitación de áreas, flujo común del producto estándar desde almacén.	116
Figura 48 Diagrama de recorrido después de la delimitación de áreas, flujo común del producto estándar desde almacén.	117
Figura 49 Formato de Minuta de Junta de Layout.	120
Figura 50 Rail de actividades.	124
Figura 51 Formato de Gestión de cambios, delta habilitado de célula de soldadura "Estación 8 y 9".....	125
Figura 52 Anexo Formato de Gestión de cambios, delta habilitado de célula de soldadura "Estación 8 y 9".	126
Figura 53 Dibujo reubicación de estaciones de soldadura.	128
Figura 54 Dibujo de la nueva cabina de Sanblast.	129
Figura 55 Dibujo reubicación de célula de coils y torno.	130
Figura 56 Dibujo Bunker de pruebas.	131
Figura 57 Layout actual Nave B.	132
Figura 58 Layout final con cambios programados Nave B.	133
Figura 59 Diagrama de recorrido antes de los cambios programados, flujo común del producto solo ensamble.	134
Figura 60 Diagrama de recorrido después de los cambios programados, flujo común del producto solo ensamble.	136
Figura 61 Diagrama de recorrido antes de los cambios programados, flujo común del producto con soldadura.	137
Figura 62 Diagrama de recorrido después de los cambios programados, flujo común del producto con soldadura.	139
Figura 63 Dibujo reubicación de la estación de habilitado y organización de soldadura	141
Figura 64 Dibujo de cabina antigua de Sandblast.	143
Figura 65 Dibujo nuevo Bunker de Pruebas (Bunker C).	144
Figura 66 Dibujo reubicación del área de marcado láser.	145
Figura 67 Ampliación del área de ensamble LCSA.	146
Figura 68 Layout actual Nave A.	147
Figura 69 Layout final con cambios programados Nave A.	148
Figura 70 Diagrama de recorrido antes de los cambios programados, producto estándar.	149
Figura 71 Diagrama de recorrido después de los cambios programados, producto estándar desde almacén.	151
Figura 72 Diagrama de recorrido después de los cambios programados, producto estándar.	152
Figura 73 Tablero de Gestión Visual, parte frontal.	158
Figura 74 Tablero de Gestión Visual, parte posterior.	158
Figura 75 Layout actual Nave A Sistemas Auxiliares.	166
Figura 76 Layout programado Nave A Sistemas Auxiliares.	166
Figura 77 Layout programado Nave B Sistemas Auxiliares.	167
Figura 78 Layout actual Nave B Sistemas Auxiliares.	167
Figura 79 Dashboard MII P72 SA 2025, productividad.	171
Figura 80 Dashboard MII P72 SA 2025, Earn Hr/ Payed Hr.	172
Figura 81 Detalles MII P72 SA 2025.	173
Figura 82 Detalles MII P72 SA, noviembre 2025.	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Familia de productos Sistemas Auxiliares.	30
Tabla 2 Deltas del proyecto.	121
Tabla 3 Presupuesto sugerido para Layout SA, clasificación de CAPEX y OPEX.	122
Tabla 4 Efectos de la delimitación y ordenamiento de áreas.	163
Tabla 5 Resumen de modificaciones estructurales.	165
Tabla 6 Porcentaje Labor Utilization.	169
Tabla 7 Labor Efficiency.....	170
Tabla 8 Pocentaje Labor Productivity.	171
Tabla 9 Horas planificadas vs. horas reales.	172

INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera actual demanda procesos cada vez más eficientes, trazables y seguros, especialmente en áreas donde convergen actividades críticas como soldadura, ensamble, sandblast, pruebas e inspecciones finales. Bajo este contexto, el área de Sistemas Auxiliares de Flowserve Tlaxcala enfrenta el reto de mantener altos niveles de productividad y competitividad mientras gestiona una amplia variedad de productos, así como la coexistencia de proyectos estándar y de gran volumen con requerimientos específicos.

Durante la evaluación inicial del área se identificaron diversas oportunidades de mejora relacionadas con la distribución del espacio, la organización de materiales, la coordinación operativa entre procesos y la falta de herramientas visuales para el seguimiento del trabajo. La llegada de una nueva cabina de sandblast y la necesidad de integrar físicamente etapas clave del proceso productivo hicieron evidente la importancia de rediseñar el layout de ambas naves, reorganizar las áreas de trabajo y establecer mecanismos visuales que facilitaran la comunicación y el control operativo.

El presente proyecto propone una intervención integral que combina mejoras físicas en el layout con la implementación de un tablero de gestión visual para el monitoreo diario de las órdenes de trabajo. La intervención se desarrolló a partir de la observación directa, análisis de procesos, reuniones multidisciplinarias y diseño técnico mediante software CAD. A través de diversas fases diagnóstico, delimitación, planeación, ejecución de cambios estructurales y desarrollo del tablero se busca optimizar el flujo de producción, reducir tiempos improductivos, fortalecer la trazabilidad de las operaciones y garantizar un entorno de trabajo más seguro y ordenado.

Este documento expone el análisis realizado, las acciones ejecutadas, el fundamento teórico que sustenta las mejoras y los resultados, demostrando cómo una estrategia de rediseño físico y administrativo puede impactar positivamente en la productividad y la eficiencia del departamento. De esta manera, el proyecto contribuye directamente a los objetivos de mejora continua de la empresa y representa una oportunidad de desarrollo profesional y técnico dentro del contexto industrial.

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes de la empresa

1.1.1 Flowserve

Flowserve es líder mundial en servicios de fabricación y posventa para sistemas integrales de control de caudal. La experiencia les permite respaldar sus aplicaciones globales, incluida la producción de energía, agua y alimentos, así como otras infraestructuras críticas.

Lo que los distingue es la energía colectiva de sus 16,000 socios en 50 países y el compromiso de hacer siempre lo correcto. La atención al cliente de clase mundial con soporte localizado garantiza que reciba las mejores soluciones esté donde esté.

La empresa apunta a dar forma a un futuro de energía limpia, desarrollando tecnologías que impulsan cambios globales positivos. Al invertir en las estrategias de transición energética y ESG, son capaces de generar un impacto positivo en las iniciativas de sustentabilidad actuales y futuras en beneficio de todos, desde los clientes y socios, hasta las comunidades en las que se prestan servicios.



Figura 1 Logo de la empresa Flowserve.

1.1.2 Historia de la empresa

Con más de 230 años de experiencia en fabricación industrial diversificada y desarrollo de soluciones sustentables, Flowserve se enorgullece de impulsar, controlar y proteger la circulación de materiales en las aplicaciones más importantes del mundo.

Su rica historia de asociaciones y adquisiciones ha reforzado su cartera con productos innovadores y marcas pioneras. Además de contar con una red integral de servicios globales y tecnología líder en la industria, se tiene el equipo necesario para proteger la circulación de materiales en las aplicaciones más importantes del mundo.

Aunque el nombre *Flowserve* surgió en 1997, su legado industrial se remonta a más de dos siglos de experiencia acumulada. La empresa nació de la fusión de dos reconocidas corporaciones del sector: Durco International (fundada en 1912) y BW/IP, Inc., cuyos orígenes datan incluso del siglo XIX. Esta unión permitió combinar la innovación tecnológica de Durco con la amplia experiencia en sistemas de bombeo de BW/IP, dando origen a una compañía con una base sólida de conocimiento, ingeniería avanzada y presencia global (Reference for Business, s.f.).

En 1997 Durametallic fue adquirida por Flowserve cambiando el nombre de Durametallic S.A DE C.V por Flowserve, quien es dueño y comercializa actualmente las marcas:

- BW Seals
- Durametallic
- Five Star
- Pac Seal
- Pacific Wietz

Flowserve Corporation es una empresa multinacional líder en el diseño, fabricación y servicio de soluciones de control de flujo para procesos industriales. Su sede principal se encuentra en Irving, Texas, Estados Unidos, y actualmente opera en más de 50 países alrededor del mundo, con más de 16 000 empleados y más de 200 instalaciones de manufactura y centros de servicio (Flowserve, 2024).

Desde su creación, Flowserve ha mantenido una estrategia de expansión global, adquiriendo marcas reconocidas en la industria de control de fluidos. Una de las adquisiciones más destacadas fue la de SIHI Group en 2015, empresa alemana especializada en bombas de vacío y sistemas de manejo de fluidos para la industria química, farmacéutica y alimentaria (Flowserve, 2015). Estas integraciones fortalecieron

la posición de Flowserve como uno de los proveedores más importantes del mundo en equipos de bombeo, válvulas, sellos mecánicos y sistemas de automatización.

El portafolio de productos de Flowserve incluye bombas centrífugas, bombas de proceso, válvulas industriales, actuadores, sellos mecánicos y servicios de reparación y mantenimiento. Estas soluciones están orientadas a garantizar la confiabilidad, seguridad y eficiencia energética en procesos industriales críticos, tales como los de los sectores **energético, petrolero, químico, tratamiento de agua, minería, papelería y de alimentos y bebidas** (Flowserve, 2024).

La importancia estratégica de Flowserve radica en que sus productos sostienen la operación continua de plantas industriales. Flowserve se ha destacado precisamente por desarrollar soluciones que reducen tiempos de paro, prolongan la vida útil de los equipos y minimizan el consumo energético. Además, la empresa cumple con los estándares internacionales más exigentes, como **API 610, ASME B73.1 e ISO 9001 2015**, garantizando la calidad y seguridad en sus procesos (Flowserve, 2024).

En los últimos años, la compañía ha reforzado su compromiso con la innovación tecnológica y la sostenibilidad, desarrollando productos más seguros y ambientalmente responsables. Un ejemplo de ello es el lanzamiento, en 2025, de la primera bomba sin sello (*sealless pump*) con doble contención, diseñada para evitar fugas de fluidos peligrosos, marcando un nuevo estándar en seguridad industrial (Flowserve, 2025). Asimismo, sus reportes de sostenibilidad y ESG reflejan políticas activas de reducción de emisiones, eficiencia energética y gobernanza responsable, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En México, Flowserve cuenta con una importante **presencia operativa**, incluyendo su **planta en Tlaxcala**, la cual forma parte de su red estratégica de manufactura y servicio. Esta instalación contribuye tanto a la producción como al soporte técnico y mantenimiento de equipos para diversos clientes del país y de Latinoamérica.

1.1.3 Flowserve Planta Tlaxcala

La planta de Flowserve en Tlaxcala, formalmente Flowserve S. de R.L. de C.V., está ubicada en Santa Isabel Xiloxoxtla (Parque Industrial Santa Isabel Xiloxoxtla), Tlaxcala, México, esta fue construida a finales de la década de 1990.

Datos clave:

- **Dirección:** Calle Esmeralda No. 25, Col. Primera, Santa Isabel Xiloxoxtla, Tlaxcala, C.P. 90194.
- **Actividad económica:** Fabricación de bombas y sistemas de bombeo.
- Certificación “**Industria Limpia**” por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) para esta planta.

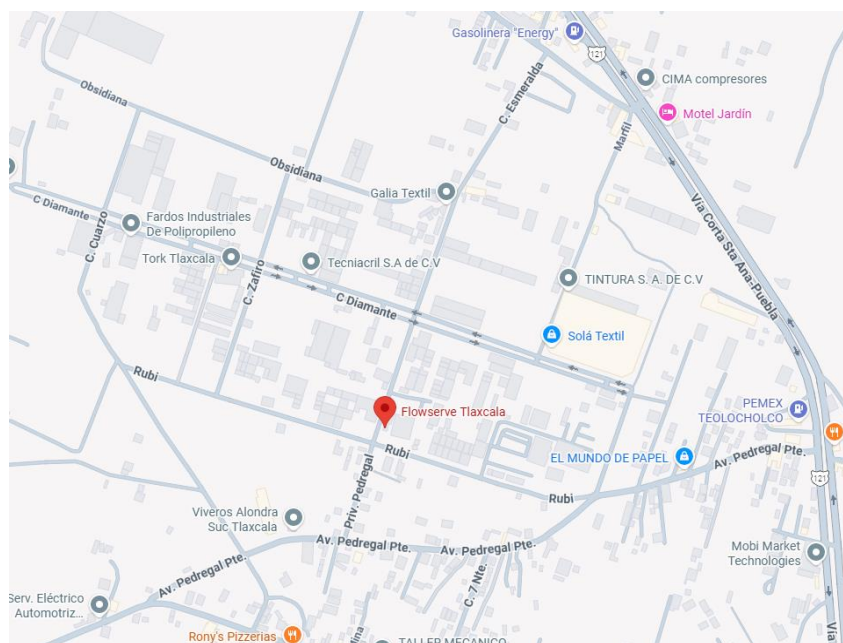


Figura 2 Google Maps. Ubicación de Flowserve, Santa Isabel Xiloxoxtla.

La planta produce componentes y equipos industriales relacionados con el negocio global de Flowserve que incluye bombas, sistemas de bombeo, sellos mecánicos, sistemas auxiliares, etc

SELLO MECÁNICO: Dispositivo que evita la fuga de fluidos a lo largo de los ejes giratorios. El sellado se realiza mediante una cara de sellado primaria que se apoya contra la cara de un anillo de acoplamiento en conjunción con sellos secundarios estáticos.

SISTEMA AUXILIAR: Componentes adicionales utilizados en conjunto con un sello, tales como controles ambientales.

Flowserve reconoce que la calidad de sus productos está siendo evaluada por sus clientes para verificar el cumplimiento con sus requerimientos, estándares ambientales y de seguridad, por lo cual Flowserve Planta Tlaxcala está comprometida con:

- Mantener un estándar consistente de calidad para cumplir con los requisitos de nuestros clientes.
- Cumplir los objetivos de Flowserve México y Corporativos.
- Cumplir con los requerimientos de la Norma ISO 14001 e ISO 45001 que nos aplican.
- Cumplir con todos los requisitos de la norma ISO:9001 que nos aplican
- Cumplir con los requerimientos ASME - Estampado U

1.1.4 Misión

Mover, controlar y proteger el flujo de materiales en industrias críticas de todo el mundo en nuestra calidad de empresa que supera las expectativas de los clientes atrae a empleados(as) talentosos(as) y ofrece un valor superior a los accionistas en el largo plazo.

Nuestros compromisos como empresa son los siguientes:

- Actuar como socios(as) confiables y con experiencia ante nuestros clientes
- Ofrecer productos, servicios y soluciones líderes en la industria
- Captar y retener una fuerza laboral diversificada y sumamente calificada
- Aprovechar tecnologías y procesos innovadores

- Garantizar la sustentabilidad de la empresa para todos nuestros accionistas
- Incorporar principios de igualdad y no discriminación entre mujeres y hombres.

1.1.5 Visión

Convertirnos en la empresa de gestión de flujo más respetada del mundo en virtud de nuestra especialización en la industria, soluciones innovadoras y compromiso con las y los trabajadores creando un clima laboral adecuado sin ningún tipo de discriminación.

Para alcanzar nuestra visión tenemos que:

- Fortalecer nuestro principal negocio mediante una gestión de cartera estratégica de nuestros productos y servicios, para alinearnos para el crecimiento a futuro, proporcionar soluciones integradas y aumentar el valor para las / los accionistas.
- Brindar crecimiento orgánico con nuevos productos y servicios que se proyecten para generar ingresos a futuro y para asegurar un crecimiento comercial confiable.
- Introducir tecnología para innovar y diferenciar nuestros productos y servicios, y maximizar la capacidad de nuestros clientes de ampliar los ingresos y los márgenes.
- Aumentar la globalización de nuestro negocio a nuevos territorios emergentes, al mismo tiempo que expandirnos nuestra competitividad y asegurarnos el futuro.
- Generar excelencia en el proceso con nuestro Proceso de Mejora Continua para maximizar la productividad y el cumplimiento de los objetivos del cliente, a fin de lograr una alta satisfacción del cliente y lealtad a la marca.
- Construir una capacidad organizacional que incentive la ética, la diversidad, el aprendizaje y una cultura con poder que se centre en brindar rendimiento y resultados sostenidos.

1.1.6 Estrategia

Un crecimiento rentable y sostenible nos obliga a “Pensar en las partes Interesadas” en todo lo que hacemos.



Figura 3 Estrategias de Flowserve.

1.1.7 Valores

NUESTRO PROPÓSITO:

Juntos creamos soluciones extraordinarias de control de flujo para hacer de este mundo un lugar mejor para todos.

La marca Flowserve se fundamenta en seis valores esenciales para crear una experiencia consistente Cliente - Flowserve.

GENTE: *Nos confiamos y valoramos mutuamente.*

Colaboramos en nuestro desarrollo, aceptamos nuestras diferencias, nos respetamos y creamos una cultura de colaboración en equipo. La energía colectiva de nuestra gente nos diferencia de nuestros competidores.

SEGURIDAD: *Creamos ambientes de trabajo y productos seguros para nuestros empleados, clientes y comunidades.*

Nos adherimos a las normas de seguridad de FLOWSERVE, cumpliendo con ellas y haciéndonos más responsables para que se cumplan. Lo hacemos por nosotros, nuestros clientes, nuestros socios y las comunidades que apoyamos.

INTEGRIDAD: *Hacemos lo correcto siempre.*

Actuamos con ética y transparencia con nuestros asociados, clientes y accionistas, en conformidad con el Código de Conducta de Flowserve. Somos indeleblemente abiertos, honestos y dignos de confianza.

INNOVACIÓN: *Estamos facultados con una mentalidad que nos permite hacer las cosas de diferentes maneras.*

Tomamos riesgos y aprendemos de nuestros errores. Aprovechamos y propagamos nuestro conocimiento para traer los mejores productos y servicios al mercado. Lo logramos a través de nuestra creatividad, modernización e ingenio.

PERTENENCIA: *Somos responsables de nuestros compromisos y hacemos lo que es mejor para nuestra compañía y clientes.*

Tomamos la iniciativa de hacer propio nuestro trabajo y cumplimos con nuestros compromisos para alcanzar resultados que superen las expectativas.

EXCELENCIA: *Demostramos pasión por la mejora continua.*

Desempeñamos nuestra labor con ambición, dedicación y entusiasmo para ofrecer sobresalientes productos, servicios y resultados comerciales.

VALORES DE FLOWSERVE



Figura 4 Valores de Flowserve.

1.1.8 Política y objetivos

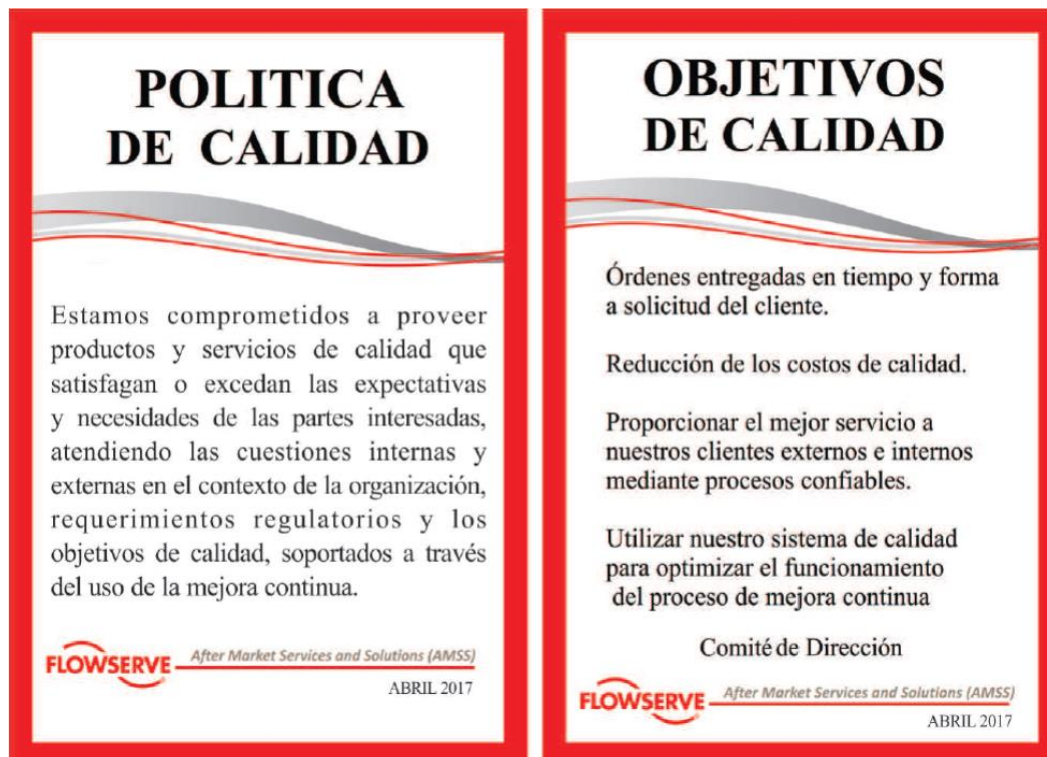


Figura 5 Política y objetivos de Calidad de la empresa.

1.2 Descripción del área de trabajo del estudiante

1.2.1 Sistemas Auxiliares

Dentro de la estructura organizacional de Flowserve Corporation, una de las unidades más representativas e innovadoras es la correspondiente a los **Sistemas Auxiliares** (Auxiliary Systems). Esta unidad forma parte del segmento Flowserve Pumps Division (FPD), que integra el diseño, ingeniería, manufactura, ensamblaje, prueba, distribución y servicio posventa de bombas, sistemas de bombeo, sellos mecánicos y soluciones complementarias.

Los Sistemas Auxiliares representan una extensión estratégica del negocio principal de Flowserve, orientada a ofrecer soluciones completas y personalizadas que aseguren la operación óptima de los equipos principales en procesos industriales. No se trata de componentes aislados, sino de paquetes de ingeniería integral diseñados para acompañar, sostener y mejorar el desempeño de sistemas de bombeo, válvulas y control de flujo en sectores críticos como el energético, químico, petroquímico, minero, farmacéutico, alimentario y de tratamiento de agua (Flowserve, 2025).

De acuerdo con el informe anual Form 10-K de Flowserve (2025), los Sistemas Auxiliares son parte del Original Equipment Business (OEB), lo que significa que se desarrollan como productos de ingeniería que complementan los equipos principales. Su propósito es mantener la estabilidad operativa y la eficiencia del sistema de bombeo o control de fluidos en el que se integran.

En términos técnicos, un **sistema auxiliar** de Flowserve puede definirse como:

“Un conjunto de componentes, tuberías, bombas secundarias, válvulas, intercambiadores de calor, sellos, controles e instrumentación que actúan como soporte técnico y operativo de un sistema principal de bombeo o transporte de fluidos, garantizando su seguridad, eficiencia y confiabilidad durante toda su vida útil.”

Los sistemas auxiliares cumplen funciones como lubricación, enfriamiento, filtración, presurización, purga, drenaje, ventilación, alimentación, recirculación o sellado, dependiendo del tipo de aplicación industrial. En otras palabras, su papel es proteger y

optimizar el funcionamiento de los equipos principales, reduciendo la probabilidad de fallas, fugas, sobrecalentamientos o contaminación de procesos.

A diferencia de los componentes individuales, los Sistemas Auxiliares de Flowserve se comercializan como soluciones completas o proyectos integrados, que abarcan diseño, manufactura, ensamblaje, instrumentación, pruebas previas (pre-testing), instalación y servicios posventa. De esta forma, Flowserve no solo provee equipos, sino paquetes tecnológicos listos para operar, adaptados a las condiciones específicas de cada cliente o industria. Esta oferta está alineada con la filosofía de la empresa de ofrecer soluciones “llave en mano” (turnkey solutions) que minimicen riesgos operativos y reduzcan tiempos de instalación (Flowserve, 2024).

La cartera de **Auxiliary Systems** de Flowserve es sumamente diversa, pues cada solución se diseña a la medida del proceso y del cliente. Entre los principales tipos destacan:

Sistemas de lubricación y sellado

Diseñados para mantener la presión y temperatura adecuada de los sellos mecánicos de bombas industriales. Estos sistemas suelen incluir bombas de lubricación, tanques de aceite, válvulas de control, filtros y sistemas de recirculación. Son esenciales en plantas petroquímicas y de generación de energía donde se manejan fluidos corrosivos o a alta temperatura.

Sistemas de enfriamiento y refrigeración

Controlan la temperatura de operación de las bombas, motores y sellos para evitar fallos por sobrecalentamiento. Se utilizan intercambiadores de calor, serpentines, ventiladores y sistemas de agua de enfriamiento.

Sistemas de filtración y tratamiento de fluidos

Incluyen unidades de filtrado y separación de partículas sólidas o contaminantes, asegurando la pureza del fluido bombeado. Son fundamentales en procesos químicos, farmacéuticos y de tratamiento de agua.

Sistemas de drenaje, purga y recirculación

Eliminan gases, condensados o fluidos residuales del sistema principal. Ayudan a evitar la acumulación de presión y la corrosión de las líneas.

Sistemas de presurización y alimentación auxiliar

Utilizados para mantener la presión del sistema durante paros, arranques o emergencias. Pueden incluir bombas auxiliares de refuerzo (*booster pumps*), acumuladores hidráulicos y válvulas de control automatizadas.

Sistemas de control e instrumentación

Integran sensores, transmisores y actuadores que monitorean variables como presión, caudal, temperatura y vibración, proporcionando datos para mantenimiento predictivo y control automático del sistema.

La unidad de **Sistemas Auxiliares de Flowserve** no solo agrega valor al producto principal, sino que constituye una **línea de negocio independiente** y altamente rentable dentro del segmento de bombas. Su importancia estratégica se refleja en cuatro aspectos clave:

1. **Diversificación del portafolio:** Flowserve no se limita a vender bombas, sino que ofrece soluciones completas que incluyen todos los sistemas de soporte necesarios para su instalación y operación, aumentando el valor total del proyecto.
2. **Mayor participación en el ciclo de vida del producto:** Al incluir servicios de mantenimiento, refacciones y rehabilitación de sistemas auxiliares, la empresa mantiene relación directa y continua con sus clientes.

3. **Innovación tecnológica:** Flowserve invierte en ingeniería avanzada para desarrollar sistemas cada vez más eficientes, seguros y sostenibles, cumpliendo normas internacionales como API, ASME e ISO.
4. **Sostenibilidad y eficiencia energética:** Los sistemas auxiliares modernos están diseñados para reducir fugas, consumo energético y emisiones, contribuyendo a la eficiencia global de las plantas industriales.

En este sentido, la unidad de Sistemas Auxiliares permite que Flowserve se posicione no solo como fabricante de equipos, sino como proveedor integral de soluciones industriales.

La planta Flowserve Tlaxcala, es una instalación estratégica dentro de la red de manufactura de la corporación en México y Latinoamérica. En esta planta se llevan a cabo actividades de soldadura, ensamble y prueba de componentes industriales relacionados con bombas, sellos mecánicos y equipos auxiliares.

De acuerdo con registros industriales y corporativos, como se mencionaba, la planta de Tlaxcala está certificada por **PROFEPA** bajo el programa de *Industria Limpia*, lo que demuestra el cumplimiento ambiental y la aplicación de buenas prácticas de producción (PROFEPA, 2018). Esta certificación es coherente con los principios de sostenibilidad de la empresa, los cuales también se reflejan en sus sistemas auxiliares que buscan minimizar impactos ambientales y aumentar la eficiencia operativa.

La unidad de Sistemas Auxiliares de Flowserve representa uno de los pilares más importantes de la compañía, tanto en términos de innovación como de valor agregado. Al ofrecer soluciones completas de apoyo a los sistemas principales de bombeo y control de fluidos, la empresa garantiza mayor eficiencia, seguridad y rentabilidad para sus clientes.

La planta de Tlaxcala de sistemas Auxiliares desempeña un papel esencial, participando en la producción, ensamble y soporte de los componentes que integran estos sistemas. Su aporte contribuye directamente a mantener la posición global de Flowserve como líder

en soluciones de control de flujo y sistemas auxiliares avanzados, combinando ingeniería, calidad y sustentabilidad.

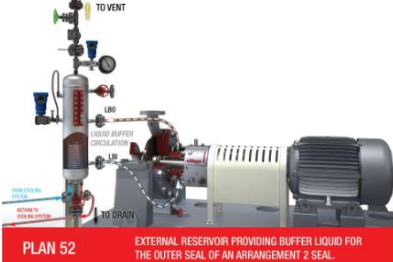
1.2.2 Introducción a las familias de productos

Las familias de productos de Sistemas Auxiliares de Flowserve reúnen una serie de paquetes y equipos diseñados para proteger, refrigerar, alimentar y optimizar el desempeño de los sellos mecánicos y las bombas en procesos industriales críticos. Estas soluciones se comercializan como paquetes integrados (original equipment) que incluyen componentes mecánicos, estructuras de montaje (skids), instrumentación y controles, y que pueden entregarse como unidades pre-probadas listas para instalación y puesta en marcha.

Entre los productos que se fabrican en sistemas Auxiliares planta Tlaxcala son, los refrigeradores de sello (modelos NX y la serie 682 — 682L, 682M, 682H), los depósitos de fluido de tampón/barrera (series NR y 682R), y los paneles/paquetes de suministro de gas para sellos y otros sistemas de soporte. Cada producto de esta familia se diseña según el *plan* de sellado requerido (por ejemplo, Plan 32, Plan 52, Plan 53A, Plan 65A, Plan 75/76), lo cual determina su configuración hidráulica, instrumentación y requisitos de seguridad. Estas familias cubren aplicaciones desde servicios de baja exigencia térmica hasta servicios con alta exigencia de corrosión, presión y limpieza de fluido, por lo que ofrecen variantes orientadas a facilidad de mantenimiento, balance costo-rendimiento o máxima confiabilidad operacional.

A continuación, se da una breve explicación de algunos productos:

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
Refrigerador de sello húmedo NX 	Los refrigeradores de sello NX son sistemas compactos y eficientes de carcasa y tubo diseñados para ofrecer simplicidad y bajo mantenimiento. El fluido de proceso o de barrera pasa a través de la tubería, mientras que el agua de refrigeración pasa a través de la carcasa, con lo cual se logra una transferencia de calor eficaz y se minimiza la formación de incrustaciones e impurezas.
Refrigerador de sello húmedo 682M 	La familia de refrigeradores de sello 682 de Flowserve utiliza sistemas de "carcasa y tubo" con deflectores perfeccionados que reducen la temperatura del fluido que pasa a través de la tubería y minimizan la formación de incrustaciones y ensuciamiento del agua que pasa a través de la carcasa. Compatible con sellos mecánicos simples o dobles, los refrigeradores de sello 682 se utilizan como unidades independientes o como parte de un paquete completo de plano de tubería.
Refrigerador de sello húmedo 682L 	El refrigerador de sello 682L es nuestra opción más rentable para aplicaciones que necesitan menos refrigeración o transferencia de calor. Cuenta con una carcasa soldada y está disponible en una configuración de bobina simple de flujo en serie.
Refrigerador de sello húmedo 682H 	El refrigerador de sello 682H es nuestra opción más avanzada, ideal para operaciones que exigen la mayor confiabilidad, resistencia a la corrosión y rendimiento con los costos de mantenimiento más bajos. La unidad tiene múltiples deflectores internos para maximizar la transferencia de calor, y se puede desarmar en el lugar para facilitar la limpieza y la inspección.
Depósitos - NR 	Los sellos mecánicos dobles lubricados con líquido requieren un suministro continuo de fluido de tampón o de barrera limpio y refrigerado. Disponible en muchas configuraciones prediseñadas o a medida de sus requerimientos, estos depósitos son fáciles de instalar y de mantener con agua y otros fluidos de barrera/tampón.

Sistemas de soporte de sellos – Refrigeradores de sello 	Los refrigeradores de sello se utilizan en aplicaciones de alta temperatura para reducir la temperatura de sellado, lo que mejora y aumenta el MTBF del equipo.
Depósito API 682R 	Fue diseñado para planos de tubería 52 y 53A, ofrece un suministro ideal de fluido de trabajo limpio, refrigerado y fiable para maximizar la vida útil y la fiabilidad de los sellos mecánicos dobles. El depósito de sello 682R de Flowserve cumple con las normas API 682 4.^a edición y se diseñó para proporcionar la entrega más rápida y al mismo tiempo, ofrecer un amplio rango de opciones populares. Entre las opciones preconfiguradas se incluyen parte inferior elíptica o bridada; transmisores o interruptores de presión y nivel; bomba manual; y base.
Sistema de soporte de sellos de depósitos de Flowserve 	Los sellos mecánicos dobles lubricados con líquido requieren una fuente externa de fluido. La selección correcta del sistema de tanque de suministro elimina la necesidad de conectarlos a una fuente de fluido de barrera distante y, a veces, poco fiable. Flowserve ofrece una línea completa de depósitos estándares para una amplia gama de aplicaciones de sellado y sistemas de tanques de suministro a medida, en función de sus especificaciones.
Sistema de soporte de sellos de sistemas de barrera 	Los sellos mecánicos dobles lubricados con líquido requieren una fuente externa de fluido. La selección correcta del sistema de tanque de suministro elimina la necesidad de conectarlos a una fuente de fluido de barrera distante y, a veces, poco fiable. Flowserve ofrece una línea completa de depósitos estándares para una amplia gama de aplicaciones de sellado y sistemas de tanques de suministro a medida, en función de sus especificaciones.
SELLOS DOBLES: Plan 52 	Circulación de fluido de tampón no presurizado a través de depósito. El fluido circula por un anillo de bombeo en el conjunto del sello doble. El sello externo actúa como respaldo del sello primario. De cero a muy bajas emisiones del proceso. No se permite la contaminación del proceso. Se usa con sellos dobles no presurizados. Fluidos de alta presión de vapor, hidrocarburos livianos. Fluidos peligrosos/tóxicos. Fluidos de transferencia de calor.

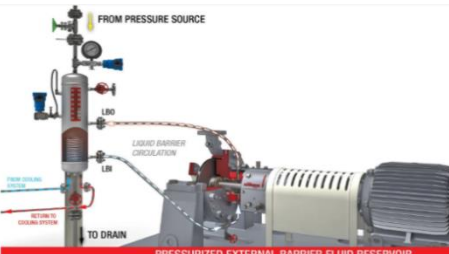
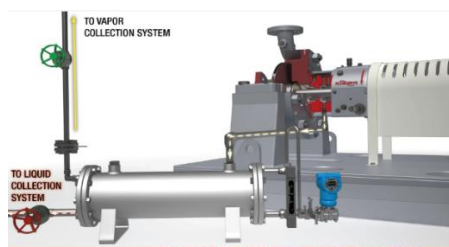
Plan 53 A  PLAN 53A	Depósito de fluido de barrera externo presurizado que suministra fluido limpio a la cámara del sello de fluido de barrera. Se usa con sellos dobles presurizados. Fluidos de alta presión de vapor, hidrocarburos livianos. Fluidos peligrosos/tóxicos. Fluidos de transferencia de calor. Fluidos sucios/abrasivos o polimerizantes. Servicio de vacío y mezcladores/agitadores.
SELLOS DE TEMPLADO: Plan 65A  PLAN 65A	Sistema de detección y recolección de fugas atmosférico para condensar las fugas. Puede usarse solo o con templado del plan 62. Se usa con buje de estrangulación de holgura estrecha. Útil con sellos simples en ubicaciones remotas y servicios críticos.
SELLOS DE GAS: Plan 75  PLAN 75	Sistema de recolección de fugas de la cámara del sello de contención para fugas de condensación o de fase mezclada en sellos de arreglo 2. Fluidos que se condensan a temperatura ambiente. Fluidos de alta presión de vapor, hidrocarburos livianos. Fluidos peligrosos/tóxicos. Fluidos limpios, no polimerizantes, no oxidantes.
Plan 76  PLAN 76	Drenaje de la cámara del sello de contención para fugas que no son de condensación en sellos de arreglo 2. Recolección de fugas para lograr de cero a muy bajas emisiones del proceso. Indicador de seguridad para el sello primario.
Panel de gas de bomba - Serie de Paneles de gas 	Maximice el rendimiento y la confiabilidad de los sellos dobles de contención y gas presurizado para bombas y equipos especiales. Los plazos de entrega se han reducido en 12 semanas o más mediante el uso de componentes y configuraciones prediseñados. Los paneles de gas se fabrican en las instalaciones de producción de Flowserve en todo el mundo, para una entrega rápida que permita a los clientes cumplir con los cronogramas de sus proyectos. Este enfoque de ensamblaje a pedido (ATO) también proporciona a los clientes cotizaciones más rápidas y costos más bajos en comparación con soluciones personalizadas o de ingeniería.

Tabla 1 Familia de productos Sistemas Auxiliares.

1.2.3 Área de producción

La producción de un sistema auxiliar sigue un ciclo desde ingeniería hasta entrega y puesta en marcha.

La producción de Sistemas Auxiliares representa una de las líneas más complejas y especializadas. No todos estos sistemas son productos estandarizados, sino la mayoría de los equipos son personalizados y diseñados a la medida de cada cliente, cuyo objetivo es garantizar el funcionamiento eficiente, seguro y confiable de los sistemas principales de bombeo y transporte de fluidos.

En Flowserve, la fabricación de estos sistemas se desarrolla bajo un modelo de ingeniería a pedido (engineered-to-order), donde cada sistema auxiliar es concebido, diseñado, ensamblado y probado en función de las condiciones específicas de operación, las normas internacionales aplicables y las necesidades del cliente final. Esto convierte a la producción de sistemas auxiliares en un proceso de alta precisión, con una fuerte integración entre las áreas de ingeniería, manufactura, calidad y servicio.

1.2.3.1 Estructura general del proceso de producción

La producción de los Sistemas Auxiliares en planta Tlaxcala sigue un proceso estructurado que combina ingeniería avanzada, fabricación de componentes, ensamblaje modular y pruebas rigurosas. Este proceso puede dividirse en las siguientes etapas principales:

Ingeniería y diseño del sistema

Todo sistema auxiliar comienza con una fase de ingeniería detallada, donde se analizan los requerimientos técnicos y operativos del cliente. En esta etapa se definen parámetros como el tipo de fluido a manejar, la presión de operación, la temperatura, las condiciones ambientales y los estándares normativos que aplican (API, ASME, ISO, etc.).

El equipo de ingeniería utiliza herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) y simulación de flujo para desarrollar el modelo del sistema. Posteriormente, se elabora la

lista de materiales (BOM), planos constructivos, diagramas hidráulicos y eléctricos, así como la documentación técnica necesaria para su fabricación.

La validación del diseño incluye análisis de resistencia de materiales, cálculos térmicos, selección de válvulas, bombas, sellos y componentes eléctricos. Esta fase garantiza que el sistema cumpla con los criterios de seguridad, eficiencia y durabilidad.

Procura de materiales y componentes

Una vez aprobado el diseño, se inicia la etapa de adquisición de materiales y componentes críticos. Flowserve cuenta con una red global de proveedores certificados que suministran metales de alta resistencia, válvulas, sellos mecánicos, bombas auxiliares, sensores e instrumentos de control.

Cada componente es inspeccionado antes de su ingreso al área de producción, siguiendo procedimientos de aseguramiento de calidad. Se realizan pruebas dimensionales, análisis de composición química y ensayos no destructivos para garantizar la conformidad con las especificaciones del proyecto.

Fabricación de componentes

En la producción de sistemas auxiliares, la soldadura constituye una operación crítica que afecta la integridad mecánica, la estanqueidad, la resistencia a la corrosión y la seguridad de equipos como carcasas, tanques (depósitos NR/682R), skids, deflectores internos y tuberías. Por tanto, la planificación, ejecución y control del proceso de soldadura deben ser tratados con procedimientos documentados, personal calificado y métodos de inspección rigurosos para garantizar conformidad con las especificaciones del cliente y normas aplicables (ASME, API, ISO).

Ensamble del sistema

Una vez que los componentes están listos, se procede al **ensamble de los módulos del sistema auxiliar**, que puede incluir:

- Bombas auxiliares de lubricación o enfriamiento.
- Tuberías y válvulas de control.
- Tanques de aceite o de presurización.
- Paneles eléctricos e instrumentación.
- Sistemas de sellado y filtración.
- Estructura base o *skid* de montaje.

El ensamblaje se realiza siguiendo planos de ingeniería y procedimientos estandarizados. Los técnicos especializados montan las partes mecánicas, hidráulicas y eléctricas, garantizando la alineación correcta y la integración de todos los subsistemas.

Durante esta fase se implementan controles de torque, mediciones dimensionales y pruebas parciales para verificar la correcta instalación de cada componente.

Sandblast y Pintura

La etapa de **preparación superficial (Sandblast)** es un proceso intermedio dentro del flujo productivo de los sistemas auxiliares, que tiene como objetivo asegurar que las superficies metálicas de los componentes y estructuras estén limpias, libres de contaminantes y con rugosidad adecuada para permitir una óptima adherencia del recubrimiento final.

El Sandblast, o limpieza por chorro abrasivo, se realiza en una cabina cerrada especializada, equipada con sistema de ventilación y recuperación de abrasivo. Este proceso emplea aire comprimido a alta presión para proyectar partículas abrasivas sobre la superficie metálica, eliminando impurezas, óxidos, escoria de soldadura y residuos de grasa o pintura anterior.

El **proceso de pintura** industrial representa la última etapa de protección y acabado de los componentes metálicos en los sistemas auxiliares. Su función principal es proteger las superficies contra la corrosión, la humedad, los agentes químicos y el desgaste mecánico, además de otorgar una apariencia uniforme y profesional que cumple con los estándares visuales de Flowserve.

En la planta de Tlaxcala, la pintura se aplica en una célula especializada de pintura y curado, donde las piezas provenientes del Sandblast se preparan, recubren y secan bajo condiciones controladas.

Pruebas y verificación del sistema

Antes de su envío, cada sistema auxiliar pasa por una fase exhaustiva de **pruebas en fábrica (Factory Acceptance Test - FAT)**. En estas pruebas se verifica el rendimiento general del sistema bajo condiciones similares a las de operación real.

Las pruebas incluyen:

- Ensayos hidráulicos de presión y caudal.
- Evaluación de fugas y vibraciones.
- Pruebas de funcionamiento de válvulas, sensores y controles eléctricos.
- Validación de la integridad estructural y sellado.
- Calibración de instrumentos de medición.

Solo los sistemas que superan todas las pruebas de calidad son liberados para su entrega. Flowserve documenta cada fase del ensayo en reportes técnicos que acompañan al sistema durante su transporte e instalación.

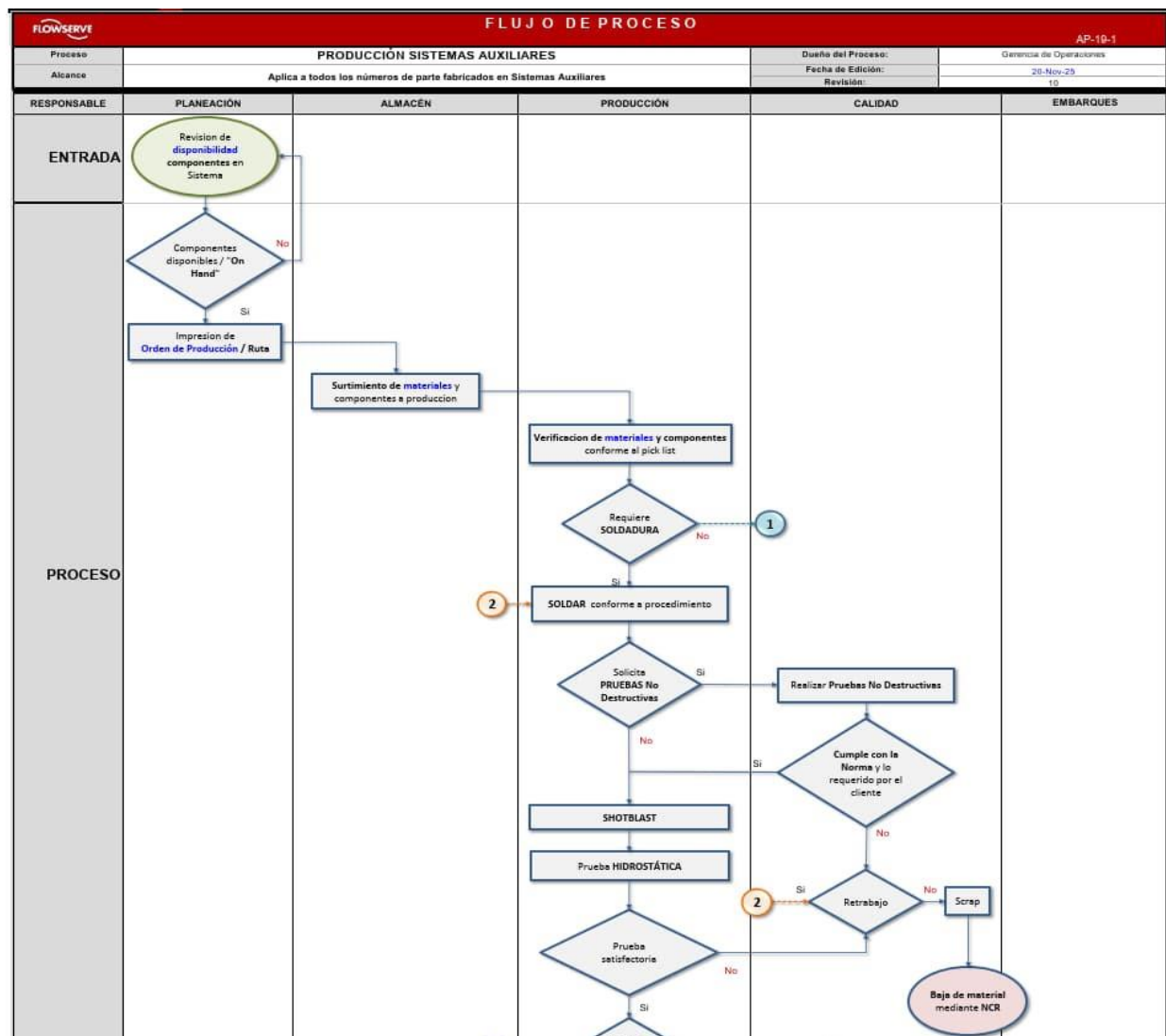
Embalaje y transporte.

Después de la aprobación final, el sistema se embala con protecciones especiales contra vibración, humedad y corrosión. Dependiendo del tamaño del equipo, puede transportarse en módulos o completamente ensamblado sobre un *skid*.

El área de logística coordina el transporte hacia el sitio del cliente, donde el equipo de Flowserve o técnicos certificados realizan la instalación, alineación y puesta en marcha (commissioning).

Durante esta etapa se ajustan los parámetros de operación, se verifican los puntos de conexión con el sistema principal y se capacita al personal del cliente en su operación y mantenimiento.

1.2.3.2 Diagrama de flujo Sistemas Auxiliares



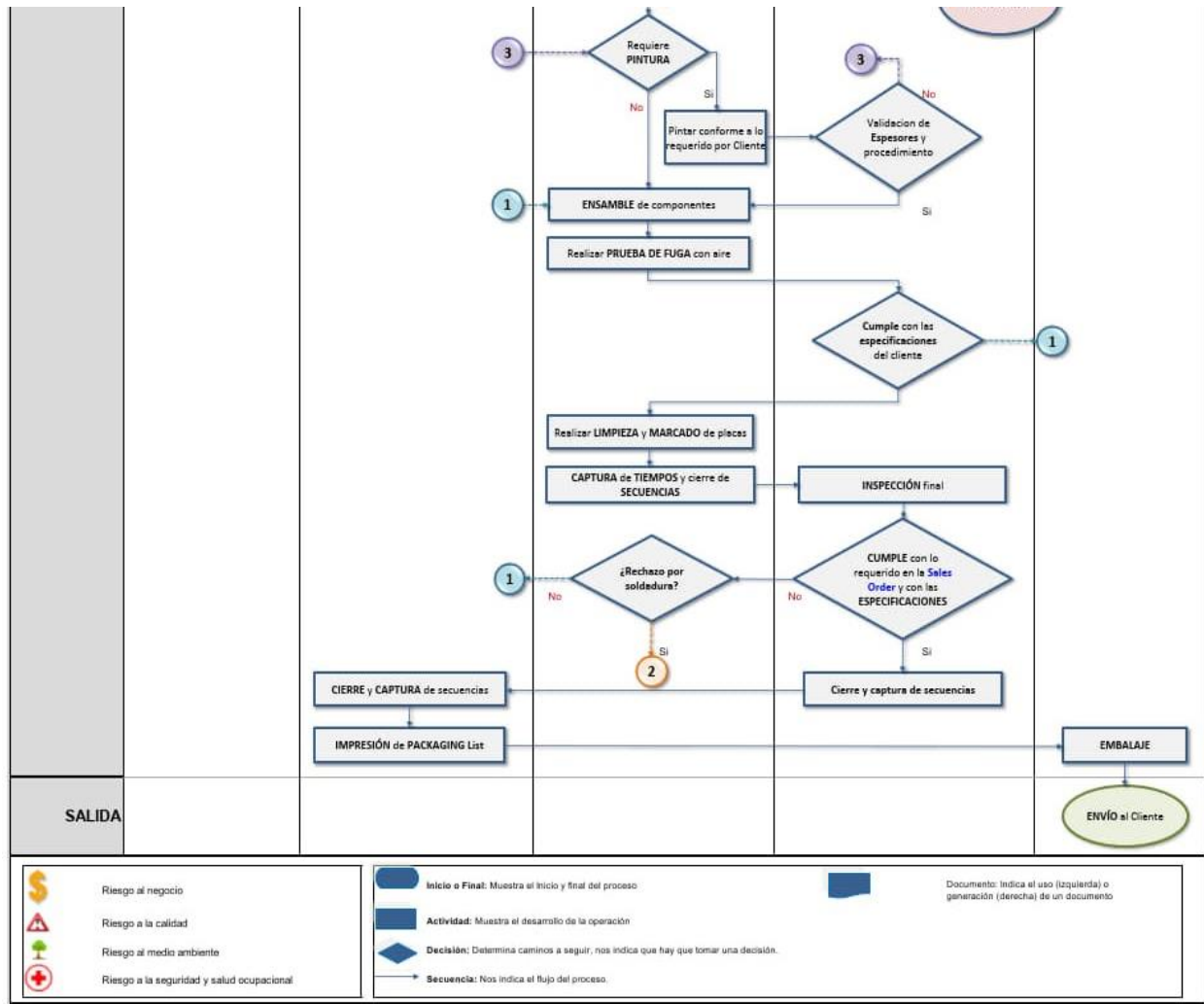


Figura 6 Diagrama de flujo de proceso Sistemas Auxiliares.

1.2.4 Descripción general de las áreas del departamento de Sistemas Auxiliares

El departamento de Sistemas Auxiliares de la planta Flowserve Tlaxcala está conformado por dos principales naves de producción: la Nave A y la Nave B. Ambas forman parte esencial del flujo operativo de la empresa, ya que en ellas se desarrollan las actividades de fabricación, ensamble, prueba y embarque de los diferentes productos.

Cada nave cumple una función específica dentro del proceso productivo, respondiendo a diferentes tipos de demanda y nivel de personalización de los productos:

- La **Nave A** se enfoca en la **producción de sistemas auxiliares estandarizados y de bajo costo (LCSA)** fabricados en serie bajo procesos optimizados que privilegian la eficiencia, la estandarización de componentes y la reducción de tiempos de ciclo.
- La **Nave B**, por su parte, se especializa en la **fabricación de proyectos a medida (engineered-to-order)**, que requieren mayor nivel de ingeniería, control dimensional y pruebas funcionales complejas antes de su envío al cliente.

Ambas áreas comparten los mismos principios de calidad, seguridad y mejora continua, pero difieren en su enfoque operativo y tipo de producto. Mientras la Nave A opera con un flujo más lineal y repetitivo orientado a la productividad, la Nave B trabaja bajo esquemas más flexibles y personalizados, donde cada sistema se fabrica conforme a las especificaciones técnicas particulares de cada proyecto.

Esta división estratégica permite a Flowserve atender tanto las necesidades del mercado estandarizado, que exige entregas rápidas y competitivas, como las soluciones de ingeniería especializada, que demandan precisión, validación técnica y certificación. En conjunto, las dos naves conforman un sistema productivo integral, capaz de cubrir todo el espectro de requerimientos de la línea de Sistemas Auxiliares, desde el diseño hasta la entrega final del producto.

NAVE B

La Nave B del área de Sistemas Auxiliares constituye el núcleo productivo donde se desarrollan los **proyectos de sistemas auxiliares**. En este espacio se lleva a cabo la fabricación, ensamblaje, pruebas y verificación final de los paquetes integrados que la empresa comercializa como soluciones *engineered-to-order*.

Esta nave está diseñada bajo un esquema de **flujo lineal y especializado**, que permite mantener la trazabilidad de cada proyecto y cumplir con los estándares internacionales

de calidad y seguridad industrial. En ella se concentran procesos de alta precisión que van desde la soldadura estructural hasta la integración hidráulica, eléctrica y de control.

La **Nave B** se compone de las siguientes áreas principales:

- 7 principales estaciones de soldadura y 2 más en Anexo (núcleo de fabricación metálica).
- 1 estación de habilitado.
- Área de producción y ensamble de módulos.
- Área de centrales y paneles.
- Cell 221 (Cooling Coil, torno de serpentines).
- Celda de pruebas FAT.
- Tanque de flushing.
- Área de inspección final.
- Cabina de SandBlast.

I. Estaciones de soldadura (7 principales + 2 en anexo)



Figura 7 Estaciones de soldadura Nave B SA.

Las estaciones de soldadura conforman el corazón del área de producción. En la **Nave B** se localizan **siete estaciones principales**, destinadas a la fabricación de estructuras metálicas, bastidores (*skids*), tanques de barrera y carcasas de intercambiadores de calor.

Cada estación está equipada con:

- Mesas de posicionamiento ajustable.
- Polipastos o grúas viajeras para manejo de piezas pesadas.
- Sistemas de sujeción y alineamiento.
- Extracción localizada de humos y protección EHS.

Los procesos aplicados incluyen corte y biselado de materiales, *fit-up* o armado, soldadura por procesos **GTAW**, **GMAW** y **SMAW**, control térmico, y aplicación de los procedimientos calificados (WPS/PQR). Todo el personal se encuentra certificado bajo normas internacionales (ASME IX, API 682, ISO 9606-1), garantizando soldaduras seguras y libres de defectos.

Estaciones adicionales (Anexo Nave B):

En el área anexa se ubican **dos estaciones de soldadura complementarias**, las cuales operan con los mismos estándares y están destinadas a cubrir la demanda adicional de proyectos o a realizar trabajos de piezas de gran volumen. Estas estaciones cuentan con su propia ventilación, sistema de extracción y espacio delimitado para el acopio de materiales y herramientas, asegurando la continuidad de la producción sin interferir con el flujo principal de la nave.



Figura 8 Estaciones de soldadura en anexo Nave B SA.

II. Estación de habilitado

El área de habilitado forma parte esencial del proceso de soldadura y manufactura de estructuras metálicas. Su principal función es preparar y acondicionar los componentes y materiales que posteriormente serán ensamblados o soldados en los diferentes proyectos de sistemas auxiliares.



Figura 9 Estación de habilitado en soldadura Nave B SA.

Anteriormente, las actividades de habilitado como el corte, alineado y armado de pedestales y subcomponentes metálicos se realizaban en espacios compartidos o áreas improvisadas, lo que ocasionaba dificultades en la organización, la movilidad del material y el control de tiempos de proceso. Ante esta situación, se llevó a cabo la adecuación de un área exclusiva de habilitado, diseñada específicamente para concentrar todas las operaciones relacionadas con la fabricación de pedestales y estructuras metálicas de soporte, optimizando la distribución del flujo de trabajo y garantizando mayor seguridad y orden.

III. Área de producción de ensamble

En esta zona se realiza el montaje de los módulos funcionales del sistema auxiliar: integración de bombas auxiliares, válvulas, tuberías, flujómetros, sensores, paneles eléctricos y de control, filtros, tanques de almacenamiento, y piping asociado. La característica principal es el nivel de precisión: los ensambles deben cumplir tolerancias estrictas, alineamiento de ejes, premontaje de conducciones, rutinas de



Figura 10 Área de producción de ensamble Nave B SA.

prueba más ligeras antes del FAT, y la optimización de layout para reducir desplazamientos y tiempos de manipulación.

IV. Ensamble de centrales y paneles

Esta área está dedicado a la fabricación e integración de paneles de control y centrales hidráulicas o neumáticas que acompañan los sistemas auxiliares. Se trata del montaje de cuadros de instrumentación, PLCs, cableado, tuberías de control, válvulas piloto y demás automatización. Estos paneles se testean previamente en banco con simulación de señales y verificación de operación antes de integrarse al módulo final.



Figura 11 Área de Ensamble de centrales y paneles
Nave B SA.

V. “Cell 221 Cooling Coil” – Torno de serpientes



Figura 12 Área de Coils Nave B SA.

La zona identificada como “Cell 221 Cooling Coil” está especializada en la fabricación de serpentines de enfriamiento, utilizados en paquetes de refrigeración de sellos o fluidos de barrera. Aquí se emplea un torno especializado para curvado de tubos, formados, soldadura de pasajes, pruebas hidráulicas de cada serpentín y verificación de transferencia térmica. Esta especialización permite asegurar que los intercambiadores de calor venían fabricados

conforme a especificaciones de flujo, presión, y resistencia a la corrosión.

VI. Célula de pruebas FAT (Factory Acceptance Test)

Una vez ensamblado el módulo completo del sistema auxiliar, se traslada a la celda de pruebas FAT. Aquí se realiza una evaluación funcional completa del sistema en



Figura 13 Célula FAT Nave B SA.

condiciones simuladas (presión, temperatura, caudal, vibración, fugas, sensores, control). El objetivo es verificar que el paquete cumple con los parámetros contractuales del cliente antes del envío. Se genera un reporte técnico, se registra la liberación y se preparan los ajustes finales necesarios.

VII. Tanque de flushing

El tanque de flushing es una instalación de soporte donde los sistemas hidráulicos/fluídicos del módulo se purgan, limpian y acondicionan antes del envío. Esto incluye desgasificado, limpieza con fluidos especiales, verificación de ausencia de residuos metálicos o contaminantes, e incluso pruebas de fluido de barrera. Esta etapa asegura que el sistema auxiliar llega al cliente en condiciones óptimas de arranque y reduce la curva de puesta en marcha.



Figura 14 Tanque de flushing en Nave B SA.

VIII. Área de inspección final

Tras las pruebas después del proceso de soldadura y ensamble, el módulo y sus componentes pasan por un área de inspección final, donde se realiza: verificación documental (planos as-built, certificados de soldadura, NDT, trazabilidad), control visual y dimensional final, revisión de embalaje, marcaje conforme cliente, y liberación para envío. Esta estación garantiza que el producto cumple con los especificaciones y estándares de calidad antes de abandonar la planta.

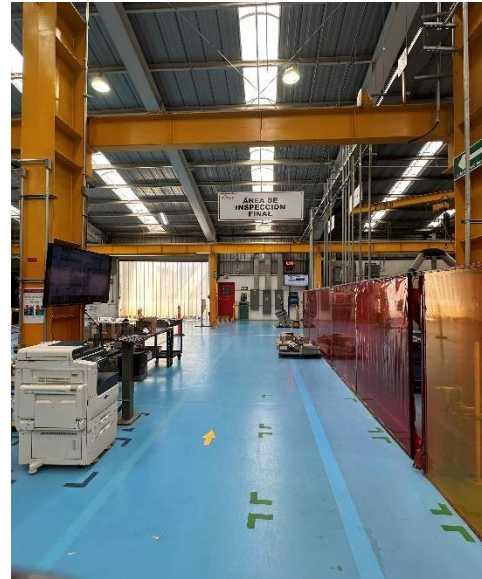


Figura 15 Área de inspección final Nave B SA.

IX. Cabina de Shotblast (Anexo Nave B)

El área de **ShotBlast** se encuentra ubicada en el anexo contiguo a la Nave B, y constituye una etapa fundamental dentro del proceso de preparación superficial de los componentes metálicos fabricados en el área de soldadura y habilitado. A diferencia del SandBlast convencional, este proceso utiliza perdigones de acero al carbón (steel shot) como medio abrasivo, los cuales son proyectados a alta velocidad sobre la superficie de las piezas mediante una turbina centrífuga o chorro de aire comprimido.

El objetivo principal del ShotBlast es remover impurezas, escamas de laminación, óxidos y residuos de soldadura, además de generar una textura superficial uniforme y controlada que favorece la adherencia del recubrimiento protector aplicado posteriormente en el proceso de pintura. Este tratamiento se aplica principalmente a bastidores metálicos, pedestales, tanques, estructuras de soporte y carcasas de sistemas auxiliares, asegurando una limpieza total y una rugosidad superficial adecuada conforme a los estándares industriales.

El proceso se realiza dentro de una cabina cerrada especializada, equipada con sistema de recuperación de abrasivo, filtrado de aire y protección para el operador, garantizando



Figura 16 Cabina de Shotblast (Anexo Nave B).

condiciones seguras y eficientes de trabajo. Las piezas son colocadas en el interior de la cámara y expuestas al impacto controlado de los perdigones de acero, lo que permite una limpieza más agresiva y uniforme en comparación con los métodos tradicionales.

X. Oficinas

En la planta alta se concentran las funciones de planeación, gestión de proyectos y dirección operativa. Desde esta zona se toman las decisiones estratégicas relacionadas con la programación de la producción, la atención al cliente y la administración general del área de Sistemas Auxiliares.

En la planta baja, dentro de la Nave B, se encuentran las oficinas operativas, las cuales están ubicadas estratégicamente en el piso de producción para mantener un control directo sobre las actividades diarias, supervisar los procesos y atender de forma inmediata cualquier eventualidad que surja en las líneas de trabajo. Ahí se encuentran los supervisores de producción, ingenieros de manufactura, supervisor de inventarios y el residente o practicante de producción, en otra área aparte de igual manera en piso está el departamento de calidad.



Figura 17 Oficinas en piso Nave B SA.

NAVE A

La **Nave A** del área de Sistemas Auxiliares en la planta Flowserve Tlaxcala se distingue por concentrar la producción de los productos estandarizados y de bajo costo, agrupados bajo la línea LCSA (Low Cost Systems Auxiliaries).

A diferencia de la Nave B enfocada principalmente en proyectos *engineered-to-order* la Nave A se especializa en la manufactura seriada y optimizada de sistemas auxiliares estándar, diseñados para cumplir las mismas funciones de soporte y control de sellos mecánicos, pero con procesos más eficientes, simplificados y repetitivos que permiten reducir los costos de producción y los tiempos de entrega.

En esta nave se aplican los principios de **producción lean**, buscando el equilibrio entre productividad, calidad y seguridad. La distribución del área favorece el flujo continuo del producto, desde la soldadura inicial hasta el embarque final, reduciendo al mínimo los movimientos innecesarios, los tiempos de espera y los retrabajos.

Las principales áreas que conforman la Nave A son:

- Cabina de SandBlast CS.
- 3 estaciones de soldadura TIG FLUX LCSA.
- Área de ensamble de bajo costo (LCSA)
- Célula de prueba hidrostática y de prueba neumática.
- Célula de pintura y curado.
- Área de marcado láser.
- Zona de embarques.

I. Cabina de SandBlast CS

La cabina de **SandBlast CS** (Cleaning Surface) se encuentra al inicio del flujo de la Nave A y cumple la función de **preparar las superficies metálicas** de los componentes antes de ser pintados, ensamblados o probados.

En este punto se realiza el proceso de **chorro abrasivo a presión controlada**, mediante granalla metálica o abrasivo mineral, con el fin de eliminar contaminantes, óxidos, rebabas o residuos de soldadura que puedan comprometer la calidad superficial.

El tratamiento asegura una superficie limpia y con la rugosidad adecuada para una correcta adherencia del recubrimiento posterior.

El cumplimiento de esta etapa garantiza que los productos LCSA mantengan la durabilidad, resistencia a la corrosión y acabado estético que distingue los estándares de calidad de Flowserve.

Esta cabina ha presentado diversas fallas a lo largo del año y también presenta problemática con respecto a ergonomía y parte de seguridad, es por eso por lo que se requiere el remplazo de esta, durante el transcurso del proyecto se conocerá a fondo la problemática y solución.

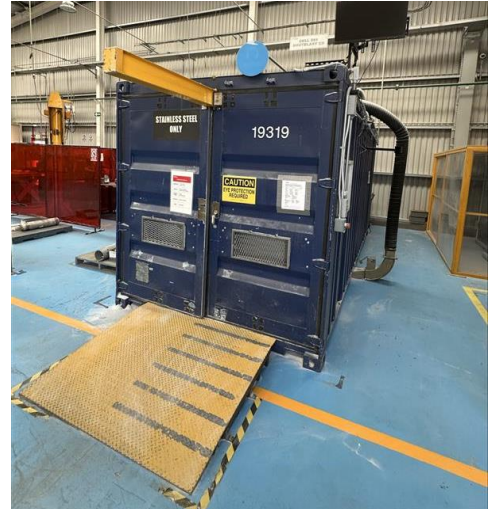


Figura 18 Cabina de Sandblast Nave A SA.

II. Estaciones de soldadura TIG FLUX LCSA (3 estaciones)

Las tres estaciones de soldadura de la Nave A están destinadas a la **fabricación estructural de los componentes metálicos** de los sistemas auxiliares de bajo costo. Se utilizan principalmente los procesos **TIG (GTAW)** y **FLUX-CORE (FCAW)**, adecuados para garantizar soldaduras limpias, resistentes y con excelente presentación superficial, incluso en materiales de menor espesor.

Cada estación está equipada con:

- Fuente de poder multiproceso.

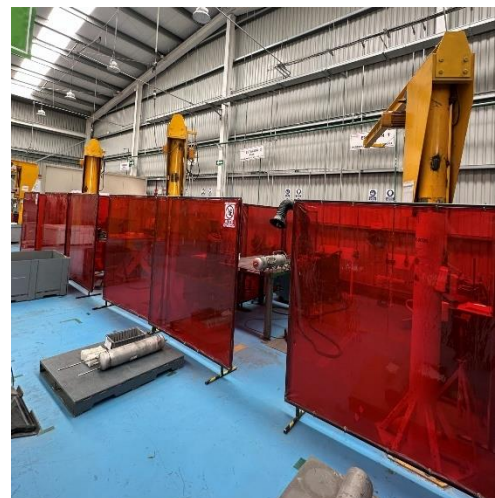


Figura 19 Estaciones de soldadura Nave A SA.

- Sistema de extracción de humos.
- Mesa giratoria o fixture de sujeción.
- Medición de parámetros eléctricos (voltaje, amperaje, velocidad).
- Acceso inmediato a consumibles y EPP bajo metodología 5S.

El flujo de trabajo en estas celdas sigue procedimientos estándar (WPS LCSA), lo que permite **repetibilidad y uniformidad** en la producción, asegurando una calidad constante con tiempos reducidos.

III. Área de ensamble LCSA (Low-Cost Assembly Area)

En esta zona se lleva a cabo el **ensamble mecánico e hidráulico de los sistemas auxiliares estandarizados**, tales como depósitos de barrera, paneles compactos de gas, unidades de refrigeración NX standard y sistemas de lubricación de catálogo.

El proceso es de **ensamble modular**, con un flujo lineal que permite integrar válvulas, tuberías, sensores, conexiones, tapas y soportes. Se busca la eficiencia mediante:

- Estandarización de componentes (válvulas, manómetros, conexiones, sellos).
- Uso de kits pre-ensamblados y rutas de trabajo definidas.
- Control visual del avance por tablero de producción.
- Verificación funcional antes de pasar a pruebas.



Figura 20 Área de ensamble Bajo Costo Nave A SA.

El objetivo de esta área es **mantener una alta productividad** con un nivel de calidad igual al de los sistemas a medida, pero reduciendo los tiempos de fabricación y costos operativos.

IV. Célula de prueba hidrostática y prueba neumática

La Nave A cuenta con una célula de prueba ubicadas en una misma zona:

Ambas se utilizan para verificar la **integridad estructural y hermeticidad** de los productos fabricados antes de su envío al cliente.

Prueba hidrostática:

Se aplica a tanques, intercambiadores y sistemas presurizados. Se llenan con agua limpia y se presurizan hasta el 150 % de la presión de diseño. El objetivo es comprobar que no existan fugas, deformaciones ni fallas estructurales.



Figura 21 Célula de Pruebas Nave A SA.

Prueba neumática:

Se utiliza principalmente en componentes con volumen menor o sistemas de gas. Se realiza con aire comprimido, bajo normas de seguridad estrictas, y se monitorean fugas mediante detección de burbujas o caída de presión.

Cada prueba se documenta con su respectivo **formato FAT interno**, registro de parámetros, firma del inspector de calidad y liberación para la siguiente fase del proceso.

V. Célula de pintura y curado

La célula de **pintura y curado** es el área donde los productos LCSA reciben su recubrimiento final. El proceso consta de dos etapas: aplicación de pintura industrial y curado térmico.

La pintura puede ser **epóxica o poliuretánica**, dependiendo de los requerimientos de resistencia química o ambiental del cliente. Se aplican capas controladas en espesor y uniformidad, verificadas con medidor de película seca (DFT gauge).

Después de la aplicación, las piezas ingresan al área de **curado controlado**, donde se someten a temperatura específica para garantizar la adhesión, dureza y brillo del acabado.

Este proceso mejora la resistencia a la corrosión, facilita la limpieza y otorga una apariencia uniforme y profesional al producto final.

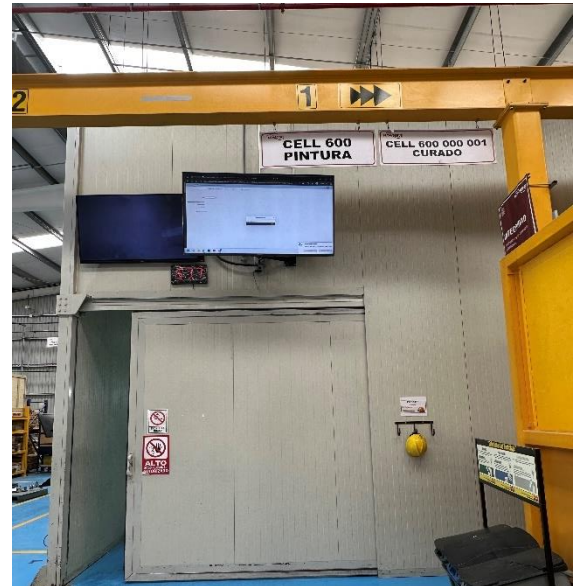


Figura 22 Célula de pintura y curado Nave A SA.

VI. Área de marcado láser

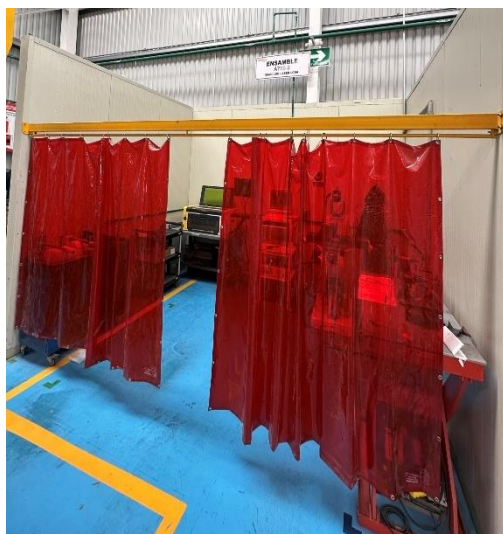


Figura 23 Área de marcado láser Nave A SA.

El marcado láser es la etapa en la que cada producto recibe su **identificación permanente**, cumpliendo con los requisitos de trazabilidad y normativas internacionales. Aquí se graban los números de serie, códigos QR, logotipos, especificaciones técnicas o datos del cliente en superficies metálicas, asegurando su legibilidad y durabilidad.

Este proceso sustituye los antiguos métodos de grabado mecánico, aportando precisión, velocidad

y una mejor estética, además de garantizar que cada sistema auxiliar pueda ser rastreado durante todo su ciclo de vida.

VII. Área de embarques

El **área de embarques** constituye la etapa final del proceso productivo dentro de la Nave A y, en general, del área completa de **Sistemas Auxiliares**. En esta zona se realiza la **preparación, embalaje, control documental y despacho** de todos los equipos fabricados tanto en la línea estándar (LCSA) como en proyectos especiales provenientes de la Nave B.

Dado su alcance, esta área es considerada el punto de salida principal de los productos terminados de Sistemas Auxiliares, ya que desde aquí se gestionan los embarques nacionales e internacionales hacia los clientes de Flowserve.

Gracias a su organización y capacidad de respuesta, el área de embarques garantiza que los productos de Sistemas Auxiliares salgan de planta en condiciones óptimas, correctamente protegidos y con toda la documentación necesaria, asegurando una entrega confiable y profesional al cliente final.



Figura 24 Área de embarques Nave A SA.

1.2.5 Puesto de trabajo del estudiante

Durante mi estancia en Flowserve Tlaxcala, desempeñé el puesto de Practicante de Producción dentro del área de Sistemas Auxiliares, donde brindé apoyo directo a los supervisores, ingenieros de manufactura y personal operativo en las distintas etapas del proceso productivo. Mi participación me permitió mantener un contacto constante con las operaciones de soldadura, ensamble, pruebas y embarque, así como con los procedimientos administrativos que respaldan la planeación y control de la producción. Entre mis principales responsabilidades se encontraba mantener actualizado el tablero de indicadores de desempeño (KPI's), recopilando y registrando la información diaria de productividad, eficiencia, tiempos de ciclo, cumplimiento de entregas y calidad del área, información que me proporcionan los supervisores.

De igual manera, participé en la elaboración y registro de Kaizen productivos, documentando mejoras implementadas en los procesos, así como en la creación de ayudas visuales y herramientas estandarizadas que facilitan la comprensión y ejecución de las tareas operativas. Dentro de las funciones que tenía, también se incluye la elaboración de reportes técnicos y administrativos, donde se presentan resultados de producción, seguimiento de incidencias, cumplimiento de objetivos y soporte a los CAR (Corrective Action Reports) en conjunto con el área de calidad.

Asimismo, proporcioné soporte continuo a manufactura, colaborando en la revisión de rutas, verificación de órdenes abiertas, control de materiales y apoyo en la implementación de mejoras o cambios de proceso. También participé y organicé juntas dependiendo a los diferentes temas a tratar, brindando soporte en la recopilación y propuestas de mejora.

Como practicante, tuve la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en mi formación de Ingeniería Industrial, contribuyendo al desarrollo de proyectos de optimización y al cumplimiento de los objetivos de productividad del área de Sistemas Auxiliares.

1.3 Planteamiento del problema

El área de producción de sistemas auxiliares de Flowserve enfrenta actualmente una serie de limitaciones que afectan la productividad, la seguridad y la eficiencia operativa. En primer lugar, la cabina de Sandtblast en operación presenta deficiencias ergonómicas y de seguridad, ya que requiere que los operadores realicen esfuerzos físicos excesivos, como el levantamiento y recolección manual de rebabas con pala, lo que genera riesgos laborales y pérdida de tiempo productivo. Ante esta situación, la empresa ha decidido incorporar una nueva cabina de Sandblast, cuya correcta integración al layout de planta representa una oportunidad de mejora significativa en ergonomía, seguridad y flujo de materiales.

No obstante, la incorporación de este nuevo equipo implica la necesidad de rediseñar la distribución de planta, ya que la disposición actual genera recorridos innecesarios, cruces de trayectorias y acumulación de materiales en tránsito, lo que incrementa tiempos improductivos y reduce la eficiencia de las operaciones.

Adicionalmente, se identifica la ausencia de un sistema formal de control visual en las estaciones de soldadura. Actualmente, no existe un mecanismo estandarizado que permita dar seguimiento en tiempo real a las órdenes de producción, ni visibilidad del cumplimiento de horas planificadas contra horas reales. Esta situación ocasiona falta de trazabilidad, retrasos en la toma de decisiones y desviaciones que impactan directamente en la productividad global del área.

En conjunto, estas problemáticas reflejan una oportunidad de intervención integral que combine tanto mejoras físicas en la distribución y condiciones de trabajo, como mejoras en la gestión de la información y el control operativo, con el objetivo de alcanzar una mayor productividad y competitividad en la unidad de negocios de sistemas auxiliares.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Optimizar la productividad en el área de producción de sistemas auxiliares a través de la integración de mejoras físicas en la distribución de planta y la implementación de herramientas de gestión visual, que permitan mayor fluidez en los procesos, reducir desperdicios, facilitar el seguimiento de órdenes y fortalecer la eficiencia operativa.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Rediseñar el layout del área de producción mediante el análisis de flujos actuales, identificación de movimientos innecesarios y diseño de una propuesta de distribución que integre de manera eficiente la nueva cabina de Sandblast, con el fin de optimizar el flujo de materiales en las estaciones de soldadura y ensamble y mejorar la seguridad en las operaciones.
2. Implementar un sistema visual de seguimiento de órdenes en las estaciones de soldadura, diseñado para registrar en tiempo real las actividades realizadas, las horas planificadas y las horas efectivas, con el propósito de aumentar la visibilidad del proceso, reducir desviaciones y facilitar la toma de decisiones en el control de la producción.
3. Evaluar el impacto de las mejoras implementadas en términos de productividad, comparando la situación inicial con los resultados obtenidos en reducción de movimientos, eficiencia en el uso del tiempo y control de la información, consolidando evidencias y recomendaciones para la continuidad del proyecto.

1.5 Justificación

La optimización del área de Sistemas Auxiliares en Flowserve Tlaxcala se justifica como una intervención estratégica necesaria para fortalecer la eficiencia productiva, mejorar la organización operativa y asegurar la competitividad de la planta. Esta área concentra procesos esenciales soldadura, ensamble, pintura y sandblast cuyo desempeño impacta de manera directa en los tiempos de entrega, la calidad final del producto y el nivel de productividad global.

Actualmente, la empresa reconoce que existen oportunidades significativas de mejora derivadas de la falta de delimitación visual, recorridos operativos extensos, distribución no plenamente optimizada y ausencia de herramientas de control visual que permitan gestionar las órdenes de producción en tiempo real. Adicionalmente, la instalación de una nueva cabina de sandblast más eficiente, segura y con mayor capacidad crea el escenario ideal para replantear el layout completo, redistribuir espacios, mejorar el flujo y reducir desperdicios operativos.

Flowserve ha mostrado total disposición para invertir en la reorganización, destinar recursos y ejecutar los cambios estructurales necesarios. Esta apertura institucional confirma la importancia del proyecto y valida su viabilidad, al existir apoyo directivo, coordinación con áreas clave y la disponibilidad de infraestructura para su implementación.

La propuesta integra herramientas de ingeniería industrial como delimitación de áreas, rediseño de layout, análisis de flujo, gestión visual y estandarización, todas orientadas a incrementar la eficiencia, reducir tiempos improductivos y mejorar el control operativo.

Esto no solo atiende una necesidad actual de la empresa, sino que representa una oportunidad de desarrollo profesional y académico al aplicar conocimientos adquiridos en un proyecto real, alineado con las prácticas modernas de Lean Manufacturing.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Productividad en la industria manufacturera

La productividad es un concepto central en la ingeniería industrial y la gestión de operaciones, ya que mide la relación entre los recursos utilizados y los bienes o servicios producidos. De acuerdo con Sink (1985), la productividad puede definirse como la medida de la eficiencia con la que se convierten los insumos en resultados. En este sentido, no solo implica producir más, sino hacerlo con un uso racional y eficiente de los recursos disponibles, tales como mano de obra, materiales, tiempo y energía.

En el contexto de la industria manufacturera, la productividad es uno de los indicadores más relevantes para evaluar la competitividad de una organización. Según Heizer y Render (2014), la productividad puede analizarse tanto a nivel parcial (cuando se evalúa un solo factor, como el trabajo humano o la maquinaria) como a nivel total (cuando se consideran todos los insumos utilizados en la producción). Este enfoque permite comprender no solo cuánto se produce, sino también qué tan eficiente es el sistema en su conjunto.

Diversos autores coinciden en que la productividad está directamente relacionada con la mejora continua de los procesos. Harrington (1990) plantea que la productividad no debe entenderse únicamente como un resultado económico, sino como un indicador que refleja el nivel de eficiencia, calidad y seguridad alcanzado por una empresa. Por lo tanto, incrementar la productividad en la manufactura no se limita a reducir costos, sino que también implica eliminar desperdicios, garantizar la ergonomía del personal, optimizar la distribución de planta y fortalecer los sistemas de control de información.

La productividad en manufactura es, en consecuencia, un indicador integral que refleja la capacidad de una empresa para mantenerse competitiva. Como menciona Slack et al. (2013), la productividad no solo implica eficiencia operativa, sino también capacidad de

adaptación frente a cambios en la demanda, innovaciones tecnológicas o exigencias de calidad.

En el marco de este proyecto, la productividad se entenderá como la capacidad de la unidad de sistemas auxiliares para maximizar la eficiencia de sus procesos de soldadura, ensamble y sandblast, a partir de dos estrategias complementarias:

1. La optimización del layout con la integración de la nueva cabina de sandblast, que permitirá reducir tiempos de traslado, mejorar la ergonomía y reforzar la seguridad.
2. La implementación de un tablero visual de control de órdenes, que garantizará una mejor trazabilidad, control de tiempos y visibilidad de resultados.

De esta manera, la productividad deja de ser un concepto abstracto para convertirse en un indicador medible y aplicable a las condiciones reales de la planta, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos estratégicos de Flowserve y a la mejora continua de sus procesos.

2.1.1 Definición y conceptos fundamentales de productividad.

La productividad se define como la relación entre los recursos utilizados y los productos generados, siendo un indicador clave de eficiencia dentro de la industria manufacturera. Según Sink (1985), la productividad no se limita a medir la cantidad de bienes producidos, sino que refleja la capacidad de transformar insumos como materiales, tiempo, mano de obra y energía en resultados con valor agregado. En este sentido, constituye un parámetro esencial para evaluar la competitividad de una empresa frente a su entorno.

Autores como Heizer y Render (2014) distinguen entre productividad parcial, que se centra en un único recurso (por ejemplo, productividad laboral = producción/unidad de trabajo), y productividad total, que considera todos los insumos del proceso productivo.

Esta clasificación permite identificar con mayor precisión dónde se concentran las ineficiencias y diseñar estrategias de mejora específicas.

En el presente proyecto, la productividad será entendida como un concepto integral que abarca tanto la eficiencia operativa (reducir movimientos innecesarios, tiempos improductivos y riesgos ergonómicos) como la eficacia (cumplimiento de órdenes en tiempo y forma).

2.1.2 Factores que influyen en la productividad en el sector industrial.

La productividad en manufactura es el resultado de múltiples factores interrelacionados. Slack et al. (2013) los clasifican en tres grupos principales:

1. Factores estructurales: se refieren a decisiones de largo plazo, como el tipo de proceso productivo, la tecnología disponible, la localización de la planta y la distribución del espacio (layout).
2. Factores de recursos humanos: incluyen la capacitación, ergonomía, motivación y condiciones de seguridad en el trabajo. Un entorno mal diseñado no solo reduce la productividad, sino que también incrementa accidentes y ausentismo.
3. Factores de gestión y control: abarcan la planeación de la producción, los sistemas de información y las herramientas de mejora continua. La ausencia de visibilidad sobre el proceso impide detectar desviaciones y limita la toma de decisiones oportunas.

En manufactura, los factores más influyentes en la productividad suelen ser:

- Distribución de planta (layout): un mal diseño puede generar trayectorias largas, movimientos innecesarios y almacenamiento ineficiente.
- Flujo de materiales: cuanto más directo sea el recorrido, menor será el tiempo improductivo.
- Condiciones ergonómicas: estaciones mal diseñadas reducen el rendimiento del operador y elevan riesgos de lesiones.
- Gestión visual y tecnológica: tableros, kanban o andon permiten visibilidad y trazabilidad del proceso.

2.2 Distribución de planta (Layout)

La distribución en planta se refiere a la óptima o mejor disposición de las máquinas, los equipos y los departamentos de servicio, con el fin de lograr la mayor coordinación y eficiencia posible en una determinada planta.

Es de gran importancia para todo tipo de empresa conocer los diversos problemas de diseño y distribución de planta. Y es que la idoneidad de la disposición influye en la eficiencia de las operaciones.

Sin duda alguna, dicha distribución es un importante prerequisite para una operación eficiente, la cual, a su vez, resuelve múltiples problemas comunes a todas las empresas. Una vez que se ha decidido la localización de la planta, lo siguiente a atender antes de la gestión de la empresa, es la planificación del diseño de las instalaciones industriales de la planta.

Lo anterior consiste entre muchas cosas, en: encontrar sitio preciso a las máquinas, herramientas y accesorios; el dar entrada y salida racionales a las materias y productos (antes, durante y después de subproceso en planta), pasando desde los almacenes de materias a los departamentos de depósito, embalaje y expedición.

Todo esto, junto a conseguir, de manera definitiva, que las operaciones propias de las actividades industriales produzcan con el menor movimiento posible de materiales y de

hombres. Exige y requiere de unos conocimientos técnicos, así como de una preparación de suma importancia para la empresa.

2.2.1 Concepto y objetivos de la distribución de planta

La distribución de planta, también conocida como layout, constituye uno de los pilares fundamentales de la ingeniería industrial, pues influye directamente en la eficiencia, seguridad y productividad de las operaciones. Su objetivo principal es lograr un flujo eficiente de materiales, información y personas a lo largo del proceso productivo. De acuerdo con Muther considerado el padre del Systematic Layout Planning (SLP) (1978), se define como “la ordenación física de todos los elementos que participan en un proceso productivo, buscando el aprovechamiento óptimo del espacio, los equipos, la mano de obra y los materiales”. Su propósito no se limita únicamente a organizar máquinas o estaciones de trabajo, sino que persigue la optimización integral de los flujos dentro de una instalación industrial.

Los objetivos de una adecuada distribución de planta incluyen:

- Minimizar los recorridos de materiales y personas, evitando movimientos innecesarios.
- Reducir tiempos improductivos y costos de manejo de materiales.
- Incrementar la seguridad y ergonomía en las operaciones.
- Facilitar la supervisión y el control de los procesos.
- Permitir flexibilidad ante futuras expansiones o cambios tecnológicos.

En el área de sistemas auxiliares de Flowserve, estos objetivos se vuelven especialmente relevantes debido a la incorporación de una nueva cabina de sandblast, cuyo acomodo dentro de la planta condicionará no solo el flujo de materiales, sino también la ergonomía y seguridad del personal que la operará.

También se pueden expresar estos objetivos en forma de principios. A continuación siguen los seis principios básicos de la distribución en planta.

1. Principio de la integración de conjunto

La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes. Una distribución en planta es la integración de toda la maquinaria e instalaciones en una gran unidad operativa, es decir, que, en cierto sentido, convierte la planta en una máquina. No es suficiente conseguir una distribución que sea adecuada para los operarios directos. Debe ser también conveniente para el personal indirecto. Todos los factores deben estar integrados en una unidad de conjunto, de forma que cada uno de ellos esté relacionado con los otros y con el total, para cada conjunto de condiciones.

2. Principio de la mínima distancia recorrida.

A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta. Todo proceso industrial implica movimiento de material; por más que deseemos eliminarlo no podremos conseguirlo por entero. Siempre que dividimos un proceso en varias operaciones, podemos disponer un especialista o una máquina específica para cada una de ellas. Esta especialización del trabajo y de la maquinaria es la base de una producción eficiente, a pesar de que supone movimientos de material de una operación a otra. Estamos, por tanto, bien dispuestos a realizar esos traslados, aunque no añadan ningún valor al producto por sí mismos.

Al trasladar el material procuraremos ahorrar, reduciendo las distancias que este deba recorrer. Esto significa que trataremos de colocar las operaciones sucesivas inmediatamente adyacentes unas a otras. De este modo eliminaremos el

transporte entre ellas, puesto que cada una descargara el material en el punto en que la siguiente lo recoge.

3. Principios de la circulación o flujo de materiales.

En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de manera que cada operación o proceso este en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales.

Este es un complemento del principio de la mínima distancia recorrida. Significa que el material se moverá progresivamente de cada operación o proceso al siguiente, hacia su terminación. No deben existir retrocesos o movimientos transversales; habrá un mínimo de congestión con otros materiales u otras piezas del mismo conjunto. El material se deslizará a través de la planta sin interrupción.

Este principio no implica que el material tenga que desplazarse siempre en línea recta, ni limita tampoco el movimiento a una sola dirección. El concepto de circulación se centra en la idea de un constante progreso hacia la terminación, con un mínimo de interrupciones, interferencias o congestiones, más bien que en una idea de dirección.

4. Principio del espacio cúbico.

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.

Básicamente, una distribución es la ordenación del espacio, esto es: la ordenación de los diversos espacios ocupados por los hombres, material, maquinaria, y los servicios auxiliares. Todos ellos tienen tres dimensiones; ninguno ocupa meramente el suelo. Por esto una buena distribución debe utilizar la tercera dimensión de la fábrica tanto como el área del suelo.

Por otra parte, el movimiento de los hombres, material o maquinaria puede efectuarse en cualquiera de las tres direcciones; esto significa que

aprovecharemos el espacio libre existente por encima de nuestras cabezas o bajo el nivel del suelo.

5. Principio de la satisfacción y de la seguridad.

A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro Para los productores. La satisfacción del obrero es un factor importante. Como objetivo, es fundamental para algunos distribuidores es su unto objetivo, dicen: Haz que el trabajo sea realizado con satisfacción, y automáticamente conseguirás muchos otros beneficios. Esto es verdad. nos proporcionara costes de operación más reducidos y una mejor moral de los empleados.

La seguridad es un factor de gran importancia en la mayor parte de las Distribuciones, y vital en algunas. Una distribución nunca puede ser efectiva si somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.

6. Principio de la flexibilidad.

A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada, con menos costo o inconvenientes.

Este objetivo se va haciendo más y más importante día a día. A medida que los descubrimientos científicos, las comunicaciones, los transportes, etc., evolucionan con mayor rapidez, exigen de la industria que les siga en el ritmo de su avance. Ello implica cambios frecuentes, ya sea en el diseño del producto, proceso, equipo, producción, o fechas de entrega. Las plantas pierden, a menudo, pedidos de los clientes a causa de que no pueden readaptar sus medios de producción con suficiente rapidez. Por este motivo podemos esperar notables beneficios de una distribución que nos permita obtener una planta fácilmente adaptable o ajustable con rapidez y economía.

Los principios de distribución en planta según Muther se han convertido en una referencia de optimización de espacios para cualquier sector, tales como, construcción, comercio, hotelería, manufacturero, entre otros.

2.2.2 Tipos de layout y su aplicabilidad

En la literatura se identifican diversos tipos de layout, los cuales se aplican según las características del producto, el volumen de producción y el grado de flexibilidad requerido. Entre los más importantes destacan: layout por posición fija, layout por proceso, layout por producto, layout celular e híbrido.

Layout por posición fija

En el layout por posición fija, el producto permanece en un solo lugar y los recursos personal, maquinaria, herramientas y materiales se trasladan hacia él. Este diseño se aplica cuando el producto es demasiado voluminoso, pesado o complejo para moverse con facilidad durante su fabricación.

Ejemplos clásicos se encuentran en la construcción naval, aeronáutica, generación de energía o proyectos de infraestructura. En la construcción de un avión, por ejemplo, la estructura se mantiene fija en un hangar mientras los equipos de trabajo se desplazan para realizar operaciones de ensamblaje, cableado, instalación de motores y sistemas electrónicos.

Layout por proceso o funcional

El layout por proceso, también llamado funcional, organiza los recursos de acuerdo con la similitud de las funciones que desempeñan. Esto significa que las máquinas o estaciones que realizan operaciones similares se agrupan en un mismo departamento o área.

Un ejemplo típico es un taller de maquinado: en un área se concentran todas las fresadoras, en otra los tornos, en otra las taladradoras, etc. Este diseño ofrece gran flexibilidad, ya que permite fabricar una amplia variedad de productos en lotes pequeños o medianos, adaptándose fácilmente a cambios en la demanda o en las especificaciones.

Las ventajas de este tipo de layout son:

- Flexibilidad para producir diferentes tipos de productos.
- Mejor aprovechamiento de la maquinaria especializada.
- Facilidad para personalizar órdenes de producción.

Entre sus desventajas se encuentran:

- Movimientos y recorridos largos de materiales, lo cual aumenta tiempos improductivos.
- Mayor complejidad en la planeación y control de la producción.
- Posible acumulación de inventario en proceso debido a los traslados entre departamentos.

Layout por producto o en línea

El layout por producto organiza las estaciones de trabajo de acuerdo con la secuencia de operaciones necesarias para fabricar un producto específico. Las máquinas y recursos se disponen en una línea de flujo continuo que avanza de una operación a la siguiente, hasta completar el producto final.

Este diseño es característico de la producción en masa y de alto volumen, como en la industria automotriz o de electrodomésticos. Un ejemplo claro es la línea de ensamblaje de automóviles, donde cada estación realiza una operación específica (colocación de puertas, instalación de motor, pintura, etc.) y el producto avanza de forma secuencial.

Las ventajas principales son:

- Altos niveles de eficiencia y productividad.
- Reducción de tiempos de traslado, ya que el flujo es lineal.
- Facilidad para aplicar métodos de estandarización y control de calidad.

Sus desventajas incluyen:

- Rigidez: difícil adaptación a cambios en el diseño del producto.
- Inversiones elevadas en maquinaria y equipo especializado.
- Vulnerabilidad a interrupciones: si una estación falla, afecta a toda la línea.

Layout celular

El layout celular combina características del layout por proceso y del layout por producto. Consiste en agrupar máquinas y recursos distintos en “células” de producción, diseñadas para fabricar una familia de productos similares. De esta manera, cada célula funciona de forma semiautónoma, reduciendo recorridos y aumentando la eficiencia.

Un ejemplo es la fabricación de componentes metálicos: en una célula se puede tener una estación de corte, una de soldadura y una de ensamble, de modo que un lote de productos pase por todo el proceso dentro de la misma área, sin necesidad de desplazarse a otros departamentos.

Las ventajas del layout celular son:

- Reducción significativa de tiempos de traslado y movimientos.
- Flujo más directo y continuo de materiales.
- Mayor control del proceso y trazabilidad.
- Flexibilidad intermedia entre procesos repetitivos y personalizados.

Las principales desventajas son:

- Requiere estudios detallados para definir familias de productos y células adecuadas.
- Puede implicar inversiones adicionales en equipos duplicados.
- Menor aprovechamiento de maquinaria muy especializada si se distribuye en varias células.

Layout híbrido

El layout híbrido combina elementos de dos o más tipos de layouts para adaptarse a necesidades específicas de producción.

En ocasiones, la distribución en planta utiliza layouts híbridos, que combinan elementos de los cuatro tipos básicos analizados en algunas zonas de la empresa o usan distribuciones puras en diferentes zonas de la empresa.

2.2.3 Herramientas de análisis y rediseño de layouts

El análisis y rediseño de un layout industrial requiere de herramientas metodológicas que permitan comprender, evaluar y mejorar la disposición de las áreas, estaciones de trabajo, máquinas y flujos de materiales. Estas herramientas facilitan la identificación de desperdicios, recorridos excesivos, actividades sin valor agregado y problemas de orden y accesibilidad.

De acuerdo con Muther (1973), el diseño de la distribución en planta es un proceso sistemático que debe basarse en el análisis del flujo, las relaciones entre actividades y las restricciones físicas existentes. Bajo este enfoque, diversas herramientas de análisis visual y métodos lean complementan el diagnóstico y la propuesta de diseño.

A continuación, se presentan algunas herramientas utilizadas para el análisis y rediseño del layout industrial: diagrama de recorrido, diagrama de spaghetti, análisis del flujo de materiales y metodología 5S aplicada al orden y delimitación de áreas.

2.2.3.1 Diagrama de Recorrido

El **diagrama de recorrido** es una representación gráfica sobre un plano donde se muestran las rutas que sigue un operario, material o equipo a lo largo del proceso productivo. Su propósito es identificar recorridos innecesarios, secuencias ineficientes y áreas donde se generan cuellos de botella.

Según Niebel y Freivalds (2009), esta herramienta permite visualizar “el movimiento físico real dentro de la planta, proporcionando una base objetiva para evaluar el desempeño del flujo actual” (p. 312).

Entre sus principales funciones se encuentran:

- Detectar movimientos repetitivos o excesivos.
- Identificar interferencias entre rutas de personas y materiales.
- Observar la relación entre equipos y estaciones de trabajo.
- Apoyar la propuesta de rediseño basada en la reducción de distancias.

El diagrama de recorrido es una de las herramientas más antiguas y fundamentales en ingeniería de métodos, ya que permite relacionar directamente el comportamiento del proceso con la distribución del espacio físico (Womack & Jones, 2003).

2.2.3.2 Diagrama de Spaghetti

El **diagrama de spaghetti** es una herramienta gráfica que representa el desplazamiento continuo de un operario o material mediante líneas trazadas sobre el plano de la planta. Recibe su nombre por la apariencia de “espagueti” que generan las líneas cuando existen trayectorias complejas y desordenadas.

Shook y Rother (1999) explican que este diagrama permite “visualizar la magnitud del desperdicio asociado al movimiento y transporte, dos de los siete desperdicios identificados en Lean Manufacturing” (p. 45).

Este tipo de análisis es especialmente útil para:

- Detectar flujos cruzados.
- Visibilizar redundancias.
- Cuantificar distancias recorridas.
- Comparar el estado actual vs. el estado futuro del diseño propuesto.

El diagrama de spaghetti es considerado un paso clave dentro del mapeo de flujo de valor, puesto que permite “hacer evidente lo invisible” dentro del proceso físico (Monden, 2012).

2.2.3.3 Análisis de Flujo de Materiales

El **análisis del flujo de materiales** se centra en comprender cómo se mueve el producto a lo largo del sistema productivo, considerando tiempos, distancias, secuencias y restricciones.

Muther y Hales (2015) señalan que el flujo adecuado debe “minimizar distancias, reducir tiempos muertos y asegurar que las operaciones se lleven a cabo en orden lógico” (p. 89).

Este análisis permite:

- Evaluar la proximidad entre operaciones dependientes.
- Identificar actividades sin valor agregado (transportes, esperas).
- Analizar la relación entre capacidad de proceso y tiempos.
- Identificar posibles puntos de acumulación de WIP.
- Validar si el layout responde al principio lean de flujo continuo.

Asimismo, el análisis del flujo de materiales es fundamental para decidir qué tipo de layout es más conveniente (por proceso, por producto, celular o híbrido). La eficiencia del sistema depende significativamente de que el flujo siga un patrón lógico, secuencial y estable (Slack, Chambers & Johnston, 2010).

2.2.3.4 Metodología 5S para orden y delimitación de áreas

La metodología **5S** es una herramienta originada en Japón que busca generar orden, limpieza, estandarización y disciplina en las áreas de trabajo. Es esencial para crear entornos seguros, eficientes y visualmente organizados.

Según Hirano (1995), la implementación de 5S “es la base para cualquier iniciativa de mejora continua, ya que elimina las condiciones caóticas que obstaculizan el desempeño del proceso” (p. 17).

Las cinco fases de la metodología son:

1. **Seiri (Clasificar)**: separar lo necesario de lo innecesario.
2. **Seiton (Ordenar)**: ubicar cada cosa en un lugar específico.
3. **Seiso (Limpiar)**: mantener el área libre de suciedad.
4. **Seiketsu (Estandarizar)**: documentar y mantener prácticas ordenadas.
5. **Shitsuke (Disciplina)**: fomentar el hábito de seguir los estándares.

La 5S aporta directamente al diseño de layout al permitir:

- Establecer zonas claras de trabajo.
- Delimitar áreas para materiales, herramientas y WIP.
- Mejorar la ergonomía y seguridad.
- Minimizar pérdidas por búsqueda o almacenamiento desordenado.
- Favorecer el control visual del proceso.

En proyectos de rediseño de la distribución en planta, la metodología 5S es considerada como “la columna vertebral que sostiene la estabilidad operativa” (Gapp, Fisher & Kobayashi, 2008, p. 20).

2.2.4 Impacto del layout en los tiempos de traslado, flujo de materiales y seguridad operativa.

El layout no solo influye en los tiempos de traslado de materiales, sino también en la seguridad de los trabajadores y en el aprovechamiento de recursos. Tompkins et al. (2010) señalan que hasta un 50% de los costos operativos en manufactura se relacionan con el manejo de materiales, por lo que un mal diseño incrementa directamente los costos de producción.

En términos de productividad, una distribución deficiente genera acumulación de inventarios en proceso, movimientos innecesarios y cuellos de botella. Por el contrario, un layout bien planificado permite flujos continuos, menores tiempos de espera y reducción de desperdicios, alineándose a los principios del Lean Manufacturing.

Desde el punto de vista de la seguridad y ergonomía, un diseño adecuado reduce los esfuerzos físicos excesivos y disminuye riesgos laborales. Este aspecto es fundamental en Flowserve, donde la cabina de shotblast requería que los operadores recogieran rebabas manualmente con pala, actividad que representaba riesgos ergonómicos y de seguridad. La integración de la cabina de sandblast y el reacomodo del área permitirá eliminar estos esfuerzos, mejorar las condiciones laborales y aumentar la eficiencia del proceso.

En este sentido, el rediseño del layout se convierte en una acción estratégica para alcanzar la optimización integral de la productividad, ya que mejora simultáneamente los indicadores de seguridad, eficiencia y costos.

2.3 Gestión de operaciones y mejora continua

La gestión de operaciones constituye uno de los pilares fundamentales en la ingeniería industrial, ya que se encarga de planificar, coordinar y controlar todas las actividades necesarias para transformar insumos en productos o servicios que generen valor al

cliente. Su objetivo principal es alcanzar la eficiencia operativa, maximizando el uso de los recursos y reduciendo los costos sin comprometer la calidad ni la satisfacción del cliente (Heizer, Render & Munson, 2020).

En el contexto actual de competitividad global, las organizaciones deben adoptar enfoques sistemáticos que permitan incrementar la productividad, reducir tiempos de ciclo, minimizar desperdicios y fomentar la innovación continua. En este sentido, la mejora continua se presenta como una filosofía esencial dentro de la gestión de operaciones, orientada a buscar el perfeccionamiento constante de los procesos mediante la participación activa de todos los colaboradores (Imai, 2018).

La gestión de operaciones y la mejora continua están estrechamente relacionadas, ya que ambas buscan la optimización integral de los sistemas productivos mediante el análisis sistemático de procesos, la eliminación de actividades que no agregan valor y la implementación de estrategias Lean y Kaizen.

2.3.1 Principios de mejora continua (Kaizen)

Definición y filosofía

El término Kaizen proviene del japonés y se compone de dos palabras: Kai, que significa “cambio”, y Zen, que significa “para mejor”. Por tanto, Kaizen se traduce como “mejoramiento continuo”. Esta filosofía se desarrolló en Japón después de la Segunda Guerra Mundial y fue popularizada por Masaaki Imai (1986) en su libro Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success, donde plantea que la mejora continua no es un proyecto temporal, sino una forma de vida organizacional.

El Kaizen busca que cada empleado, sin importar su nivel jerárquico, participe activamente en la identificación de problemas y proponga soluciones que contribuyan a

mejorar los procesos productivos, administrativos y de calidad. La esencia del Kaizen radica en que pequeñas mejoras acumuladas de manera constante generan grandes resultados a largo plazo (Imai, 2018).

Principios fundamentales del Kaizen

De acuerdo con Liker (2021), los principios que sustentan la filosofía Kaizen son:

1. Enfoque en las personas: los trabajadores son quienes mejor conocen sus procesos; por tanto, se fomenta su participación en la búsqueda de soluciones.
2. Pequeñas mejoras continuas: en lugar de grandes cambios radicales, se promueven mejoras incrementales y sostenibles.
3. Estandarización: cada mejora implementada debe convertirse en un nuevo estándar de trabajo.
4. Eliminación del desperdicio: toda actividad que no agrega valor al cliente debe ser reducida o eliminada.
5. Ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act): metodología sistemática para la mejora basada en la planeación, ejecución, verificación y acción correctiva.

El ciclo PDCA

El ciclo PDCA, también conocido como ciclo de Deming, es un método estructurado que guía el proceso de mejora continua. Consiste en:

- Plan (Planear): identificar un problema, analizar su causa raíz y definir una propuesta de mejora.
- Do (Hacer): implementar la mejora de manera controlada.
- Check (Verificar): medir los resultados y compararlos con los objetivos propuestos.
- Act (Actuar): estandarizar la mejora o realizar ajustes adicionales.

Este ciclo se repite de forma continua, asegurando un proceso de aprendizaje organizacional permanente (Deming, 2000).

Herramientas asociadas al Kaizen

Entre las herramientas más comunes utilizadas dentro del Kaizen se encuentran:

- 5S: metodología japonesa enfocada en la organización y limpieza del área de trabajo (clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener).
- Ishikawa o diagrama de causa-efecto: permite identificar las causas principales de los problemas.
- Los 5 Porqués: herramienta sencilla para analizar causas raíz.
- Kaizen Blitz: eventos intensivos y de corta duración para implementar mejoras rápidas.
- Estandarización del trabajo: documentar los procedimientos más eficientes y asegurar su cumplimiento.

La aplicación del Kaizen promueve un cambio cultural en la empresa, fomenta la motivación del personal, mejora el clima laboral y genera un compromiso compartido con la excelencia. Además, permite incrementar la eficiencia operativa, reducir costos, y mantener una ventaja competitiva sostenible en el tiempo (Imai, 2018).

2.3.2 Lean Manufacturing como filosofía de reducción de desperdicios

El Lean Manufacturing, también conocido como producción ajustada, es una filosofía de gestión que busca maximizar el valor para el cliente minimizando el desperdicio (muda) en todas las etapas del proceso productivo. Su origen proviene del Toyota Production System (TPS), desarrollado por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo en la década de 1950, y fue popularizado por Womack y Jones (2003) en su obra Lean Thinking.

Lean Manufacturing se basa en la premisa de que los recursos sólo deben utilizarse para actividades que agreguen valor desde la perspectiva del cliente. Su implementación se traduce en flujos de trabajo más eficientes, menor inventario, mejor calidad y tiempos de respuesta más cortos (Ohno, 1988).

Principios de Lean Manufacturing

De acuerdo con Womack y Jones (2003), Lean se sustenta en cinco principios fundamentales:

1. Definir el valor desde la perspectiva del cliente.
2. Identificar el flujo de valor (Value Stream Mapping).
3. Crear flujo continuo eliminando interrupciones.
4. Establecer sistemas “pull” (jalados por la demanda).
5. Buscar la perfección mediante la mejora continua.

Ventajas del enfoque Lean

El enfoque Lean ofrece beneficios tangibles como la reducción de inventarios, disminución de tiempos de entrega, mejor aprovechamiento de recursos humanos y materiales, mayor flexibilidad en la producción, y aumento de la satisfacción del cliente. Además, contribuye a mejorar los indicadores de desempeño como el OEE (Overall Equipment Effectiveness) y el lead time (Liker, 2021).

Relación Lean–Kaizen

Lean y Kaizen son metodologías complementarias: mientras Lean proporciona el marco estratégico para eliminar desperdicios, Kaizen impulsa la cultura de mejora continua que permite sostener esas mejoras a largo plazo. En conjunto, fomentan la excelencia operativa y una cultura organizacional enfocada en la calidad y la eficiencia (Imai, 2018).

2.3.3 Los siete desperdicios en manufactura y su impacto en la eficiencia

Dentro de la filosofía Lean, el término japonés muda se refiere a cualquier actividad que consume recursos, pero no agrega valor al producto o servicio final. Según Ohno (1988),

existen siete tipos de desperdicios principales que afectan la eficiencia de los procesos productivos.

Los siete desperdicios en manufactura

- Sobreproducción: producir más de lo que se necesita o antes de que sea necesario.
- Esperas: tiempos muertos ocasionados por falta de materiales, herramientas o desbalanceo de procesos.
- Transporte: movimientos innecesarios de materiales entre procesos.
- Procesamiento excesivo: incluir operaciones innecesarias o con estándares superiores a los requeridos.
- Inventarios: exceso de materiales o productos en proceso que no generan valor.
- Movimientos innecesarios: desplazamientos ineficientes de los trabajadores dentro de su estación.
- Defectos: productos no conformes que generan retrabajos o desperdicio.

Algunos autores, como Liker (2021), añaden un octavo desperdicio: el talento no aprovechado, refiriéndose al desaprovechamiento de las habilidades, creatividad y conocimientos del personal.

Impacto en la eficiencia

La presencia de desperdicios genera mayores costos operativos, baja productividad, desmotivación del personal y pérdida de competitividad. Por ejemplo:

- El inventario excesivo incrementa costos de almacenamiento y obsolescencia.
- Los defectos generan retrabajos y desperdicio de materia prima.
- Los tiempos de espera prolongan el ciclo de producción.
- Los movimientos innecesarios incrementan la fatiga y el riesgo ergonómico.

Reducir los desperdicios mediante la aplicación de Lean y Kaizen permite lograr un flujo más eficiente, mejorar el aprovechamiento del espacio físico, y elevar la rentabilidad del proceso productivo (Womack & Jones, 2003).

Métodos para identificar desperdicios

- Análisis de flujo de valor (VSM): permite visualizar el flujo completo del proceso y cuantificar las actividades que no agregan valor.
- Observación directa en Gemba: análisis del lugar donde se realiza el trabajo.
- Estudios de tiempo y movimiento: cuantifican las actividades de valor y no valor agregado.
- Análisis de Pareto: prioriza los desperdicios que causan mayor impacto.

La correcta identificación de los desperdicios es el primer paso para una estrategia de mejora continua efectiva, ya que permite enfocar los recursos en las áreas que realmente generan impacto en la productividad y la eficiencia.

La gestión de operaciones y la mejora continua representan el corazón de la optimización de procesos industriales. La aplicación de metodologías como Kaizen y Lean Manufacturing no sólo impulsa la eficiencia y la calidad, sino que también fomenta una cultura organizacional basada en la participación y el aprendizaje permanente. Asimismo, la identificación y eliminación de los siete desperdicios se convierte en un componente esencial para garantizar el uso racional de los recursos, la satisfacción del cliente y la competitividad a largo plazo.

En conjunto, estos principios constituyen la base teórica y metodológica para desarrollar proyectos de optimización productiva, donde la mejora continua, el trabajo en equipo y la innovación incremental son los motores del crecimiento sostenible.

2.4 Ergonomía y seguridad industrial

La ergonomía y la seguridad industrial constituyen pilares esenciales dentro de la gestión de operaciones, ya que están directamente relacionadas con el bienestar de los trabajadores, la eficiencia de los procesos productivos y la prevención de accidentes laborales. En los entornos de manufactura, donde las tareas repetitivas, el esfuerzo físico y la interacción con maquinaria son constantes, la correcta aplicación de los principios ergonómicos resulta indispensable para garantizar la salud del personal y la productividad organizacional (Grandjean & Kroemer, 2015).

La ergonomía busca adaptar el trabajo a las capacidades y limitaciones del ser humano, mientras que la seguridad industrial se enfoca en reducir los riesgos que puedan comprometer la integridad física del trabajador. Cuando ambas disciplinas se integran en los procesos de manufactura, no solo se previenen lesiones y enfermedades ocupacionales, sino que se optimiza el rendimiento operativo, ya que un trabajador cómodo, seguro y motivado puede realizar sus tareas con mayor precisión y eficiencia (Chaffin, Andersson & Martin, 2006).

2.4.1 Definición de ergonomía y su aplicación en procesos de manufactura

La ergonomía es la disciplina científica que estudia la interacción entre los seres humanos y los elementos de un sistema, con el objetivo de optimizar el bienestar del trabajador y el rendimiento global del sistema (International Ergonomics Association [IEA], 2023). Su propósito fundamental es diseñar puestos de trabajo, herramientas, equipos y entornos que se adapten a las características físicas, cognitivas y psicológicas del ser humano.

Desde el punto de vista industrial, la ergonomía se aplica principalmente en el diseño de estaciones de trabajo, posturas laborales, alturas de mesa y herramientas, niveles de iluminación, ruido, y condiciones térmicas, entre otros factores (Sanders & McCormick, 1993).

Tipos de ergonomía

De acuerdo con la IEA (2023), la ergonomía se divide en tres ramas principales:

1. **Ergonomía física:** se centra en las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas del ser humano en relación con la actividad física. Ejemplo: diseño de sillas, herramientas, controles y espacios de trabajo.
2. **Ergonomía cognitiva:** se ocupa de los procesos mentales como la percepción, memoria, razonamiento y respuesta motora, buscando mejorar la toma de decisiones y reducir errores humanos.
3. **Ergonomía organizacional:** se enfoca en la optimización de los sistemas sociotécnicos, incluyendo estructuras organizativas, políticas y comunicación entre trabajadores.

2.4.2 Riesgos derivados de la mala ergonomía en estaciones de trabajo

La ausencia de una adecuada gestión ergonómica puede derivar en trastornos musculoesqueléticos (TME), fatiga física y mental, disminución del rendimiento, y aumento de la accidentalidad. Estos riesgos afectan directamente la productividad y generan costos adicionales por ausentismo, incapacidad y rotación de personal (Bernard, 1997).

Principales riesgos ergonómicos

- **Posturas forzadas:** mantener posiciones incómodas durante largos periodos causa tensión en músculos y articulaciones.
- **Movimientos repetitivos:** realizar las mismas acciones de forma continua genera lesiones en hombros, brazos y muñecas.
- **Manipulación de cargas:** levantar o mover objetos pesados sin ayuda mecánica puede provocar lesiones lumbares.

- **Fuerza excesiva:** aplicar más fuerza de la necesaria para una tarea incrementa el riesgo de lesiones tendinosas.
- **Diseño inadecuado de herramientas o mobiliario:** puede provocar incomodidad, errores o accidentes.

Consecuencias de la mala ergonomía

- Trastornos musculoesqueléticos (TME): representan una de las principales causas de ausentismo laboral a nivel mundial.
- Reducción de la productividad: la fatiga y el dolor físico disminuyen la capacidad de trabajo.
- Aumento del error humano: la incomodidad y el estrés físico afectan la concentración y la coordinación motora.
- Incremento de costos operativos: derivados de incapacidades médicas, sustituciones de personal y menor rendimiento.

Un estudio de la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2020) indica que los problemas derivados de la mala ergonomía pueden representar hasta el 4% del PIB anual de un país, debido a los costos asociados a accidentes, enfermedades laborales y pérdida de productividad.

2.4.3 Relación entre ergonomía, seguridad y productividad

La relación entre ergonomía, seguridad y productividad es directa y sinérgica. Un entorno de trabajo ergonómicamente diseñado favorece la seguridad y, a su vez, la productividad. Según Konz y Johnson (2008), los sistemas de trabajo deben ser diseñados considerando simultáneamente la eficiencia técnica y el bienestar humano, ya que ambos aspectos se retroalimentan mutuamente.

Ergonomía como herramienta preventiva

La ergonomía tiene una función preventiva, ya que permite identificar riesgos antes de que se materialicen en accidentes o enfermedades. Un diseño adecuado del puesto reduce la exposición del trabajador a factores de riesgo, lo que conlleva menos ausencias, menor rotación y mayor estabilidad laboral.

Seguridad industrial y cultura preventiva

La seguridad industrial, por su parte, comprende el conjunto de políticas, normas y acciones orientadas a eliminar o controlar los riesgos laborales. Incluye medidas técnicas (mantenimiento preventivo, protecciones en maquinaria), administrativas (capacitaciones, señalización, protocolos) y de comportamiento (uso de EPP, cultura de seguridad).

Una empresa que promueve tanto la ergonomía como la seguridad logra consolidar una cultura preventiva, en la cual los trabajadores se convierten en actores activos en la detección de riesgos y en la generación de soluciones.

Relación con la productividad

Los estudios demuestran que las empresas con buenas condiciones ergonómicas y de seguridad logran una mayor productividad laboral.

Cuando los trabajadores realizan sus tareas en condiciones adecuadas sin dolor, fatiga ni riesgo, aumenta la eficiencia del movimiento, mejora la calidad del producto, y se reduce la probabilidad de errores o defectos.

2.5 Gestión visual y control de la producción

La gestión visual y el control de la producción son componentes esenciales dentro de los sistemas de manufactura eficientes. Su propósito principal es proporcionar información clara, rápida y visualmente accesible a todos los niveles de la organización, para facilitar la toma de decisiones, mantener la estabilidad operativa y promover la mejora continua.

En los entornos industriales actuales, caracterizados por la complejidad y la variabilidad de la demanda, contar con un sistema de control visual permite que los operarios, supervisores y gerentes identifiquen desviaciones del proceso en tiempo real y actúen oportunamente (Galsworth, 2017).

La gestión visual forma parte de la filosofía Lean Manufacturing, y se basa en el principio de que “lo que no se ve, no se controla”. De esta manera, los indicadores, tableros, colores, etiquetas, luces, y señales visuales se convierten en herramientas de comunicación directa que ayudan a mantener la disciplina operativa y la estandarización en las áreas productivas (Liker, 2004).

2.5.1 Concepto de gestión visual en la manufactura.

La gestión visual se define como un sistema de comunicación a través de elementos visuales que permite controlar, informar, instruir y reaccionar frente a las condiciones del proceso (Gapp & Fisher, 2012). Su objetivo es hacer visible el desempeño y el estado actual de las operaciones de manera que cualquier persona, incluso sin conocimientos técnicos avanzados, pueda comprender lo que está ocurriendo en la planta.

Principios fundamentales

- De acuerdo con Galsworth (2017), los principios esenciales de la gestión visual son:
- Claridad: toda señal visual debe transmitir un mensaje comprensible y sin ambigüedades.
- Accesibilidad: la información debe ubicarse en el punto donde se necesita y en el momento justo.
- Rapidez: el mensaje debe percibirse en segundos, sin necesidad de explicaciones adicionales.
- Estandarización: los códigos visuales (colores, símbolos, letreros) deben tener el mismo significado en toda la organización.
- Prevención: los sistemas visuales no solo informan, sino que previenen errores antes de que ocurran.

Tipos de herramientas visuales

Entre las herramientas más comunes se encuentran:

- Tableros de indicadores (andon boards): muestran el estado de producción, calidad y mantenimiento en tiempo real.
- Colores y señales: facilitan la identificación de áreas, rutas, y riesgos.
- Etiquetas y códigos de barras: permiten rastrear materiales y productos.
- Gráficos de control: muestran el comportamiento del proceso y alertan sobre desviaciones.
- Mapas de flujo de valor visuales (VSM): representan gráficamente los flujos de información y materiales.

Estas herramientas ayudan a transformar la información abstracta en una representación tangible y comprensible, fomentando la transparencia operativa y la toma de decisiones basadas en datos.

2.5.2 Control de la producción

El control de la producción consiste en planificar, supervisar y regular las actividades de manufactura para asegurar que los productos se elaboren en la cantidad, calidad y tiempo requeridos (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Su propósito es mantener el equilibrio entre la demanda del cliente y la capacidad de los recursos productivos.

Etapas del control de la producción

Según Stevenson (2020), el proceso de control de la producción comprende cuatro etapas principales:

- Planeación: definición de objetivos de producción, programación de recursos y secuencias de trabajo.
- Ejecución: realización de las operaciones conforme a las órdenes de producción.
- Supervisión: monitoreo de los procesos mediante indicadores de desempeño (KPI's).
- Retroalimentación: análisis de resultados y aplicación de acciones correctivas o preventivas.

Importancia del control en la eficiencia productiva

El control de la producción garantiza que los procesos se mantengan dentro de los estándares de eficiencia establecidos, minimizando desperdicios, reprocesos y tiempos muertos.

Además, permite identificar cuellos de botella, evaluar el nivel de cumplimiento del plan maestro de producción (MPS) y mantener un flujo continuo a lo largo de la cadena de valor (Heizer, Render & Munson, 2017).

2.5.3 Herramientas de gestión visual

La gestión visual es una metodología ampliamente utilizada dentro de la manufactura moderna y especialmente en los sistemas Lean Manufacturing. Su propósito es hacer que la información crítica del proceso esté disponible de forma clara, rápida y fácilmente interpretable, reduciendo la necesidad de explicaciones verbales, documentos extensos o búsquedas que generen desperdicio. Según Galsworth (2017), la gestión visual consiste en el diseño y utilización de elementos gráficos, simbólicos o estructurales que permiten al trabajador “ver, entender y actuar” directamente sobre las condiciones del proceso.

La efectividad de estas herramientas radica en que permiten simplificar la comunicación, estandarizar procesos y disminuir la variabilidad operativa (Liker, 2004).

2.5.4 Tableros de control como apoyo en la planeación y monitoreo de la producción

Los tableros de control (production control boards o shop floor management boards) son una herramienta fundamental dentro de la gestión visual. Su propósito es centralizar información clave del proceso productivo, incluyendo:

- Órdenes de trabajo,
- Tiempos planificados y reales,
- Estatus de avance,
- Identificación de retrasos,
- Problemas detectados,
- Indicadores de desempeño diario.

De acuerdo con Maskell y Baggaley (2004), los tableros de control visual permiten transformar la información operativa en “información accionable”, es decir, datos que pueden interpretarse rápidamente para tomar decisiones inmediatas en el piso de producción.

Además, estos tableros facilitan la coordinación entre áreas como producción, calidad, ingeniería y logística, permitiendo que todos los involucrados tengan acceso a la misma información de forma simultánea.

Entre sus objetivos principales destacan:

- Incrementar la transparencia del proceso.
- Facilitar la identificación de desviaciones en tiempo real.
- Promover la comunicación entre operadores y supervisores.
- Impulsar la responsabilidad compartida sobre los resultados.
- Reducir tiempos muertos por falta de información o incertidumbre.

Diversos autores resaltan que los tableros visuales fortalecen la cultura Lean y mejoran la eficiencia global al evitar pérdidas por sobreprocesos, esperas, reprocesos o excesiva documentación (Liker, 2004; Galsworth, 2017).

2.5.5 Beneficios de la gestión visual y control de la producción

La implementación de sistemas visuales y mecanismos de control en la producción ofrece múltiples beneficios tanto operativos como estratégicos:

1. Mejora la comunicación interna: la información se comparte de forma abierta, clara y accesible.
2. Reduce los tiempos de respuesta: los problemas se detectan y corrigen más rápido.
3. Favorece la estandarización: todos los trabajadores siguen los mismos procedimientos y referencias visuales.
4. Aumenta la productividad: la reducción de errores y pérdidas mejora el rendimiento general.
5. Fomenta la participación del personal: los empleados se involucran más al comprender los objetivos visualmente.

6. Promueve la mejora continua: la información visual facilita el análisis de datos y la toma de decisiones basadas en hechos.

En el contexto de un proyecto de optimización de la producción, estas herramientas son cruciales para lograr procesos estables, transparentes y sostenibles.

La gestión visual y el control de la producción representan pilares fundamentales en la búsqueda de la excelencia operativa. Su correcta aplicación permite transformar la información compleja en datos visuales accesibles, favoreciendo la comprensión, el control y la acción inmediata en todos los niveles de la organización.

En un entorno de manufactura optimizada, la gestión visual se convierte en un lenguaje común que une al personal, estandariza las operaciones y refuerza la cultura de mejora continua. Por su parte, el control de la producción garantiza que los procesos se mantengan alineados con los objetivos estratégicos de la empresa, asegurando una mayor eficiencia, calidad y competitividad.

En conjunto, ambos sistemas conforman una base sólida para la implementación de estrategias de optimización industrial, orientadas al uso eficiente de los recursos, la reducción de desperdicios y la generación de valor sostenible.

2.6. Planeación y control de órdenes de producción

La planeación y control de órdenes de producción es una función central dentro de los sistemas productivos, ya que determina qué se va a producir, en qué cantidad, con qué recursos y en qué momento. Su finalidad es asegurar el cumplimiento de los compromisos con el cliente al mismo tiempo que se optimiza el uso de los recursos de la planta (Gaither & Frazier, 2018).

En un entorno industrial moderno, el control de órdenes permite vincular la programación con la ejecución real, facilitando la toma de decisiones y la detección oportuna de desviaciones.

Diversos autores coinciden en que, para que un sistema productivo funcione de manera eficiente, se requiere una gestión adecuada del flujo de información asociado a cada orden de producción (Stevenson, 2020). Las órdenes actúan como elementos estructuradores del trabajo, pues detallan las especificaciones del cliente, los materiales requeridos, la ruta de proceso y las horas planificadas. El control de su ejecución permite alinear la planeación con las condiciones reales de operación.

A continuación, se desarrollan los elementos fundamentales de este concepto.

2.6.1 Importancia de la programación de órdenes en manufactura

La programación de órdenes de manufactura es el proceso mediante el cual se define el calendario de producción, asignando prioridades, máquinas y secuencias. Su propósito principal es garantizar la disponibilidad de materiales, recursos y capacidades necesarias, al mismo tiempo que se minimizan tiempos muertos, retrasos y costos operativos (Heizer, Render & Munson, 2020).

Según Chase, Jacobs y Aquilano (2019), una buena programación permite:

- Reducir tiempos ociosos de maquinaria y personal.
- Minimizar inventarios de productos en proceso.
- Aumentar el cumplimiento de entregas (on-time delivery).
- Evitar cuellos de botella mediante balanceo de cargas.
- Coordinar áreas interdependientes, como producción, logística, calidad y almacén.

En industrias donde se manejan múltiples productos, variantes o proyectos personalizados, la programación se vuelve aún más relevante, ya que la complejidad del flujo se incrementa. La programación adecuada garantiza que cada orden fluya conforme a su secuencia y prioridad, evitando interrupciones que generen retrasos o reprocesos.

Asimismo, diversos autores sostienen que la programación permite anticipar necesidades, por ejemplo, horas hombre, capacidad en estaciones, tiempos de

configuración o disponibilidad de materiales, lo cual contribuye a la estabilidad operacional (Vollmann, Berry & Whybark, 2018).

En este sentido, la programación no solo organiza el trabajo; coordina el sistema productivo completo.

2.6.2 Relación entre horas planificadas y horas reales

El análisis comparativo entre horas planificadas y horas reales es una herramienta fundamental para evaluar el desempeño operativo, identificar desviaciones y mejorar la productividad. Las horas planificadas representan el tiempo estándar o esperado para ejecutar una actividad, mientras que las horas reales reflejan el tiempo realmente invertido durante la ejecución (Niegel & Freivalds, 2014).

Importancia del análisis:

1. Medición de eficiencia operativa

Cuando las horas reales superan las planificadas, existe una desviación que puede indicar problemas en:

- Métodos de trabajo,
- Carga de trabajo,
- Secuencias de operación,
- Capacitación del personal,
- Uso de herramientas o equipos.

2. Detección temprana de desperdicios

Desde la perspectiva Lean, las desviaciones entre tiempos planeados y reales reflejan la presencia de mudas como esperas, movimientos innecesarios, retrabajos o falta de estandarización (Womack & Jones, 2003).

3. Retroalimentación para la programación

Los tiempos reales alimentan las futuras planificaciones, ajustando los estándares a la realidad del proceso y perfeccionando la capacidad de compromiso con el cliente (Stevenson, 2020).

4. Control de costos

Si las horas reales exceden continuamente a las planificadas, el costo de mano de obra directa aumenta, afectando la rentabilidad. Por ello, la comparación sistemática de tiempos es un mecanismo clave para mantener los costos bajo control (Horngren, Datar & Rajan, 2017).

5. Base para indicadores de desempeño

Este análisis permite calcular métricas como:

- Eficiencia de mano de obra.
- Cumplimiento de programación.
- Desviación estándar de tiempos.
- Productividad por estación o proceso.

Su rol dentro del control visual

Cuando la relación entre horas planificadas y reales se plasma en tableros visuales, la información se vuelve accesible para operarios, supervisores y planeación, generando:

- Transparencia.
- Comunicación inmediata.
- Empuje a la mejora continua.

Por ello, diversos autores señalan que esta comparación constituye un pilar para la toma de decisiones informada y la mejora continua en sistemas productivos modernos (Galsworth, 2017; Liker, 2004).

2.7 Evaluación de resultados e indicadores de desempeño (KPIs)

La evaluación de resultados es un proceso fundamental dentro de la gestión de operaciones, ya que permite determinar en qué medida los procesos productivos han alcanzado los objetivos planteados y qué tan eficientes son las acciones implementadas. Para realizar esta evaluación, las organizaciones utilizan indicadores de desempeño o Key Performance Indicators (KPIs), los cuales constituyen herramientas cuantitativas que permiten medir, monitorear y comparar el rendimiento operativo con estándares establecidos o con periodos de referencia anteriores (Bernard, 2019).

Los KPIs adquieren una relevancia especial en los entornos industriales porque permiten identificar cuellos de botella, niveles de productividad, eficiencia del personal, utilización de recursos, tiempos improductivos, entre otros aspectos esenciales para mantener operaciones competitivas y orientadas a la mejora continua. Según Slack, Chambers y Johnston (2010), los indicadores deben ser “específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporalmente definidos”, lo cual asegura que la medición refleje de manera objetiva el rendimiento real del proceso.

2.7.1 Concepto y relevancia de los indicadores de productividad

Los indicadores de productividad son métricas que permiten evaluar la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos. En el contexto de manufactura, estos indicadores se enfocan en medir elementos como tiempo, materiales, mano de obra, eficiencia de máquinas y cumplimiento del plan de producción (Heizer, Render & Munson, 2017).

La productividad es un parámetro clave porque determina la capacidad de una empresa para generar valor, reducir costos, incrementar su competitividad y mejorar la calidad del producto final. Para Harrington (1991), la productividad no se limita a producir más, sino a generar más valor utilizando menos recursos, lo que convierte al análisis de indicadores en una herramienta estratégica para la toma de decisiones.

Entre los indicadores de productividad más utilizados en la industria se encuentran:

- Eficiencia operativa, que mide qué tan bien se utilizan los recursos disponibles.

- Cumplimiento del programa de producción, relacionado con la entrega puntual de órdenes.
- Tiempo de ciclo, que evalúa la duración de cada etapa del proceso.
- Utilización de mano de obra, que analiza las horas trabajadas versus horas planificadas.
- Disponibilidad y rendimiento de equipos mediante métricas como el OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Estos indicadores permiten comparar el estado inicial del proceso con los resultados posteriores a una intervención, facilitando la demostración objetiva de mejoras (Schonberger, 2007).

2.7.2 Uso de indicadores para la mejora continua

La mejora continua es un principio central de metodologías como Lean Manufacturing, Kaizen y Six Sigma, y se basa en un ciclo permanente de análisis, intervención y evaluación. Los KPIs constituyen el mecanismo cuantitativo que permite evaluar el impacto de cada mejora implementada y determinar si cumple los objetivos planteados (Imai, 1997).

El ciclo de mejora continua PDCA (Plan–Do–Check–Act) utiliza indicadores en cada fase:

- Plan: se establecen objetivos y metas medibles.
- Do: se aplican las acciones de mejora.
- Check: se comparan los resultados utilizando KPIs.
- Act: se estandarizan cambios si el indicador mejora o se replantea la estrategia si no se alcanzan los valores esperados.

Al utilizar indicadores, las organizaciones identifican desviaciones, analizan causas raíz y ajustan sus estrategias para optimizar procesos. De acuerdo con Moen y Norman

(2010), los indicadores crean la base cuantitativa que valida si una mejora realmente aporta valor o si debe replantearse.

2.7.3 Indicadores para la toma de decisiones

Los KPIs no solo permiten evaluar resultados, sino que funcionan como guías para la toma de decisiones estratégicas. Una empresa con procesos bien medidos puede anticipar problemas, asignar recursos de manera eficiente y priorizar proyectos según su impacto esperado.

Por ejemplo:

- El análisis de horas reales vs. horas planificadas permite identificar estaciones con bajo desempeño, necesidades de capacitación o ajustes en los estándares.
- La medición del tiempo de ciclo facilita determinar cuellos de botella y equilibrar líneas de producción.
- El indicador de cumplimiento de órdenes señala si existen fallas en la programación, abastecimiento de materiales o en la capacidad operativa.

Según Parmenter (2015), los KPIs bien definidos permiten tomar decisiones informadas, rápidas y basadas en evidencia, lo cual reduce la incertidumbre y mejora la respuesta organizacional ante cambios en la demanda o problemas operativos.

En empresas de manufactura, estos indicadores pueden apoyar decisiones como:

- Redistribuir estaciones de trabajo,
- Ajustar cargas de producción,
- Reorganizar layout,
- Desarrollar herramientas de gestión visual,
- Implementar nuevas tecnologías o equipos,
- Priorizar inversiones,
- Evaluar desempeño del personal y programación.

Así, los KPIs representan una brújula para la operación diaria y un fundamento sólido para decisiones tácticas y estratégicas.

CAPITULO III. DESARROLLO

En primera instancia, se realizó un proceso de inducción y familiarización con el área, lo que permitió conocer los procesos productivos que integran la fabricación de sistemas auxiliares, específicamente las operaciones de soldadura, ensamble, tratamiento superficial mediante shotblast y sandblast, así como pintura. Esta fase fue fundamental para identificar el flujo actual de materiales, la interacción entre estaciones y las condiciones ergonómicas en las que operan los trabajadores.

Posteriormente, se procedió a definir el alcance del proyecto, estableciendo los límites operativos, los recursos involucrados y los resultados esperados, en alineación con los objetivos específicos planteados. Esta definición permitió delimitar el enfoque del proyecto hacia dos ejes principales:

1. El rediseño del layout, considerando la integración de la nueva cabina de sandblast, y
2. La implementación de un sistema visual de seguimiento de órdenes en el área de soldadura.

Con el alcance definido, se realizó el levantamiento de información inicial, que incluyó la observación directa de los procesos en piso, registro de movimientos de materiales, medición de distancias recorridas, análisis de tiempos de operación y revisión de planos de distribución de planta existentes. Esta fase permitió identificar las limitaciones del layout actual, entre ellas recorridos innecesarios, cruces de rutas de trabajo y acumulación de material en tránsito.

Posteriormente, se elaboró el diagnóstico de la situación actual, identificando los principales problemas relacionados con la ergonomía en la cabina de Sandblast, el flujo de materiales y la falta de trazabilidad en las órdenes de producción. Paralelamente, se

definieron los resultados esperados, orientados a mejorar la eficiencia, seguridad y visibilidad del proceso.

A partir del diagnóstico, se generó el diseño preliminar del nuevo layout, en el cual se propusieron modificaciones para reubicar la cabina de sandblast y reorganizar las estaciones de trabajo de manera que el flujo de producción fuera más continuo y seguro. Para ello, se elaboraron bocetos, modelos y planos distribucionales que fueron posteriormente validados con las áreas de Mantenimiento y Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (EHS), garantizando el cumplimiento de normativas técnicas y de seguridad industrial.

Simultáneamente, se desarrolló la propuesta del sistema de tablero visual para el área de soldadura, con el objetivo de registrar información en tiempo real sobre las órdenes trabajadas, actividades realizadas, horas planificadas y horas reales empleadas. Se diseñó un formato piloto, el cual fue sometido a pruebas de validación, permitiendo realizar ajustes en la estructura de información y en la metodología de registro para asegurar su funcionalidad.

Finalmente, se llevó a cabo la evaluación del impacto de las mejoras, comparando indicadores de productividad antes y después de la intervención, así como la disminución de tiempos de traslado y la reducción de esfuerzo físico en la operación de tratamiento superficial.

3.1 Alcance del proyecto

El proyecto abarca el análisis, rediseño y mejora integral de la productividad en la Unidad de Negocios de Sistemas Auxiliares de Flowserve, mediante la intervención estratégica en el layout de las Naves A y B, la delimitación de áreas críticas, la reorganización del

flujo físico de materiales, la reubicación de estaciones y equipos clave, y la implementación de un sistema visual de control de la producción. El alcance comprende desde la familiarización inicial con el proceso productivo, la observación directa de las actividades operativas y el estudio de la situación actual, hasta la planeación y desarrollo de nuevas configuraciones físicas, la propuesta y documentación de movimientos estructurales, la adecuación de zonas de trabajo y la puesta en marcha del tablero de seguimiento de órdenes.

Bajo este alcance se integran tres dimensiones de mejora: orden y delimitación visual, optimización física del espacio y de los procesos, y gestión visual del desempeño productivo, generando una transformación integral orientada a reducir tiempos, eliminar desperdicios, estandarizar flujos y mejorar la visibilidad de la operación.

3.2 Definición de la situación actual

La situación actual del área de Sistemas Auxiliares presenta diversos desafíos operativos que afectan directamente la productividad, los tiempos de ciclo y la eficiencia del flujo de trabajo. En ambas naves se identifica una falta de orden estructurado en la recepción, ubicación y manejo del material, lo cual genera recorridos innecesarios, acumulación de WIP, tiempos muertos y dificultades para mantener un control visual de las órdenes de trabajo. Estas condiciones se intensifican por la disposición física de áreas y equipos críticos: estaciones de soldadura separadas por largas distancias, procesos de pruebas ubicados en edificios distintos, una cabina de sandblast poco ergonómica, así como un bunker de pruebas alejado de las zonas de producción donde se generan las piezas.

Además, la ausencia de un sistema visual de seguimiento del avance operativo ocasiona que los supervisores y áreas de soporte no cuenten con información actualizada sobre tiempos reales, avances diarios o retrasos. Esto dificulta la planeación y genera incertidumbre en la priorización de órdenes, afectando el cumplimiento de tiempos de entrega y la coordinación con áreas posteriores como Calidad y Embarques.

Frente a esta situación, el proyecto surge como una necesidad estratégica para mejorar el flujo físico y la gestión de la producción. Las intervenciones propuestas delimitación de áreas, reorganización del layout, reubicación de equipos clave como la cabina de sandblast y el bunker de pruebas, y la implementación del tablero de control visual permitirán integrar procesos, reducir recorridos, eliminar desperdicios, mejorar la ergonomía y aumentar la visibilidad de la operación.

3.3 Resultados esperados

Los resultados esperados del proyecto incluyen:

1. Mejora del flujo productivo

- Reducción de distancias recorridas entre procesos gracias a la integración física de marcado, soldadura, ensamble, pruebas y pintura.
- Disminución del WIP y de los tiempos de espera por falta de material o información.
- Menor necesidad de trasladar piezas voluminosas entre naves, incrementando seguridad y ergonomía.

2. Incremento en la productividad y eficiencia

- Reducción de tiempos de ciclo mediante la eliminación de traslados innecesarios.
- Mejor aprovechamiento del tiempo del operador gracias a una distribución más lógica y cercana de procesos.
- Flujo continuo o semilineal en áreas de soldadura y ensamble.

3. Mejora significativa en el orden y la estandarización visual

- Áreas claramente delimitadas para órdenes de ensamble, soldadura, inspección, WIP, hold y calidad.
- Procesos más controlados y trazabilidad inmediata.

4. Fortalecimiento de la gestión de la producción

- Implementación del tablero visual para seguimiento de órdenes, horas planeadas y horas reales.
- Mayor capacidad para detectar cuellos de botella, retrasos y desviaciones.
- Toma de decisiones basada en datos reales.

5. Impacto en seguridad y ergonomía

- Sustitución de la cabina antigua de Sandblast obsoleta, insegura y poco ergonómica por una nueva cabina moderna, eficiente y adecuada al volumen real de trabajo.
- Reubicación del bunker de pruebas para eliminar traslados de riesgo entre naves.

6. Base sólida para mejoras futuras

- Información, evidencias y documentación que permitirán desarrollar proyectos posteriores como digitalización, automatización, análisis takt y balanceo de líneas.

3.4 FASE 1: Delimitación y organización de áreas en Naves A y B

Previo a la ejecución de los cambios estructurales del layout, se consideró indispensable establecer una primera fase enfocada en acciones inmediatas de orden y organización dentro de las áreas operativas. Esta etapa tuvo como objetivo crear una base sólida que permitiera mejorar la visibilidad del flujo de materiales, controlar el tránsito de órdenes de trabajo y reforzar la disciplina operativa del personal, con resultados tangibles a corto plazo.

Durante la observación inicial se identificó que no existían zonas específicas para la recepción, almacenamiento temporal o seguimiento de órdenes, lo cual generaba confusión, tiempos muertos y acumulación de materiales en distintos puntos de las naves. Esta falta de delimitación dificultaba la trazabilidad de las órdenes y afectaba la productividad, ya que los operadores invertían tiempo adicional en localizar materiales o productos parcialmente terminados.

Ante ello, se decidió implementar delimitaciones físicas y visuales en las áreas de trabajo más críticas, priorizando aquellas que intervienen directamente en el flujo de materiales entre almacén, ensamble, soldadura, inspección y calidad.

3.4.1 Dibujo layout Nave A y Nave B antes de la delimitación de áreas

NAVE B

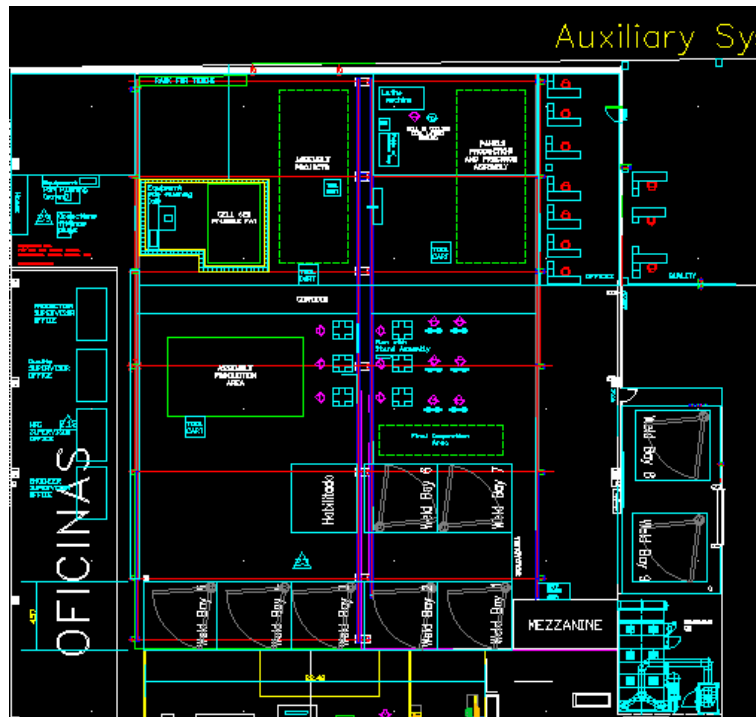


Figura 25 Dibujo layout Nave B SA.

NAVE A

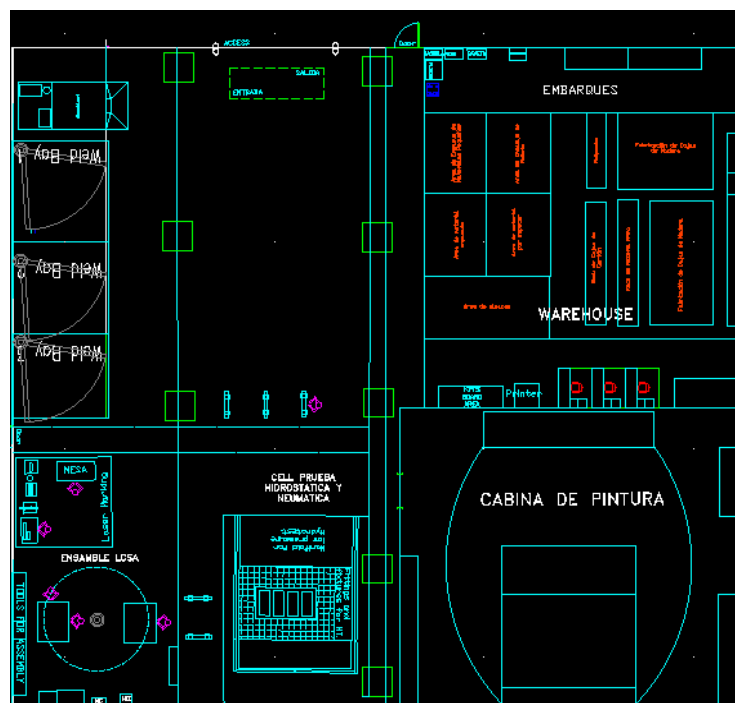


Figura 26 Dibujo layout Nave A SA.

3.4.2 Delimitación de áreas en Nave B

La Nave B, por su tamaño y por concentrar la mayor carga de trabajo en proyectos de gran volumen, fue el punto de partida para la implementación. En esta nave se ejecutaron delimitaciones estratégicas que hoy constituyen una mejora sustancial en el control de producción.

I. Área de órdenes para proceso de ensamble

Antes de esta mejora, los materiales y componentes surtidos desde almacén eran depositados en diferentes puntos de la nave, generando desorden y falta de claridad sobre qué elementos correspondían a cada orden. Con la delimitación, se asignó un espacio específico para que el personal de almacén coloque las órdenes surtidas correspondientes al área de ensamble.

El objetivo fue centralizar el punto de entrega, evitando confusiones y facilitando que los operadores identifiquen de manera inmediata qué materiales están listos para ser trabajados.

Esta acción contribuye a reducir tiempos improductivos y a mantener una secuencia más lógica en la preparación y ejecución de las tareas, fortaleciendo la comunicación entre almacén y producción.

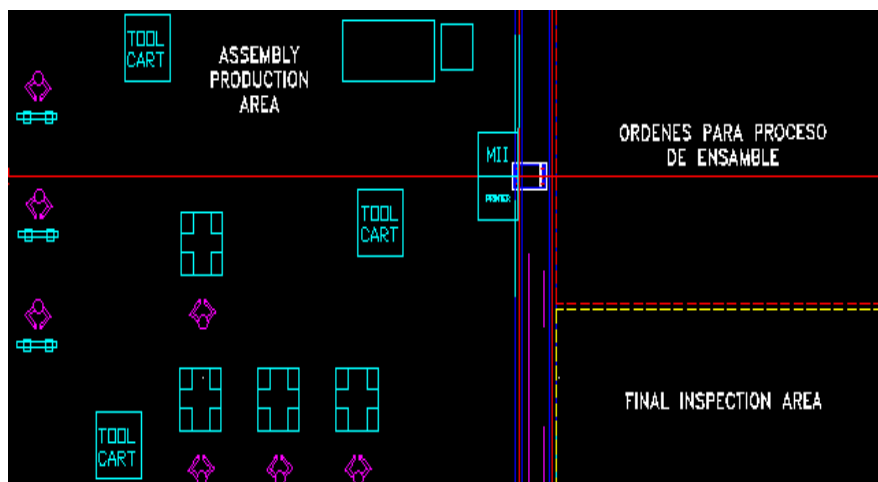
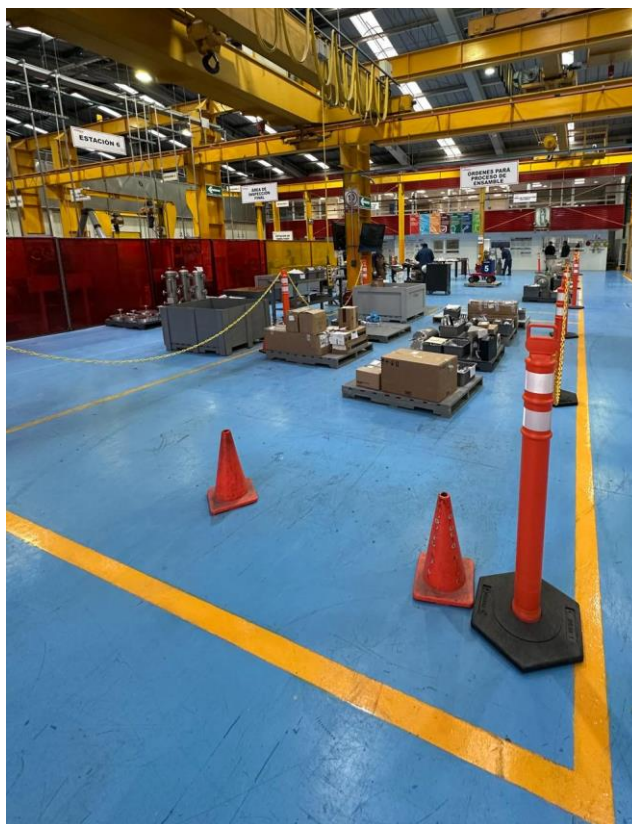


Figura 27 Dibujo delimitación en layout "Área de órdenes para ensamble" Nave B SA.



*Figura 28 Delimitación en layout "Área de órdenes para ensamble"
Nave B SA.*

II. Área de órdenes para proceso de soldadura

Del mismo modo, se delimitó un espacio definido para las órdenes que ingresan al proceso de soldadura. Anteriormente, las órdenes se almacenaban junto a materiales generales o cerca de estaciones activas, provocando mezclas de componentes y demoras por falta de identificación.

La nueva delimitación permite controlar el flujo de materiales en proceso y tener claridad sobre qué productos están en ejecución, cuáles están por iniciar y cuáles ya han sido liberados. Esto genera una mayor trazabilidad y visibilidad del estatus productivo, además de favorecer el cumplimiento de las secuencias de trabajo establecidas.

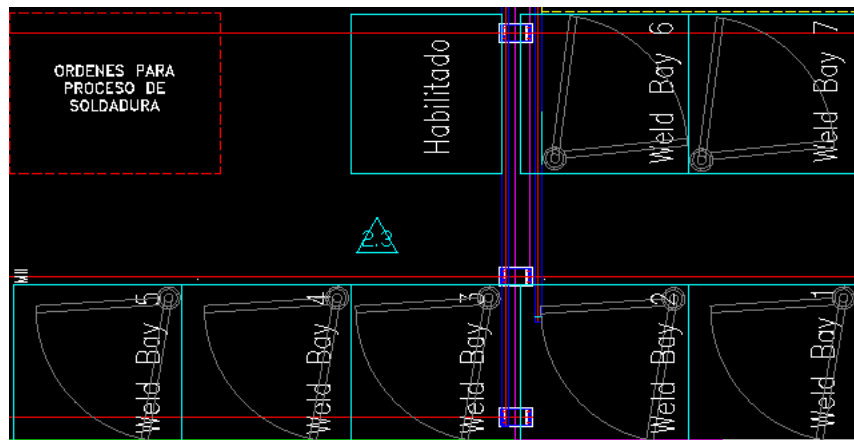


Figura 29 Dibujo delimitación en layout "Área de órdenes para soldadura" Nave B SA.



Figura 30 Delimitación en layout "Área de órdenes para soldadura" Nave B SA.

III. Área de órdenes en Hold

Uno de los principales problemas detectados fue la dispersión de las órdenes que presentaban alguna detención temporal ya fuera por ajustes de ingeniería, falta de materiales o revisiones de calidad. Estas órdenes quedaban ubicadas de manera aleatoria, interfiriendo con el flujo general del taller.

La creación de un área específica para órdenes en Hold permite concentrar estos productos en un punto controlado, lo que facilita su seguimiento y gestión, evitando confusiones y pérdidas de tiempo. A través de esta mejora, el personal puede identificar fácilmente cuáles órdenes están detenidas, cuál es su causa y cuándo podrán ser reincorporadas al proceso productivo.



Figura 31 Delimitación en layout "Área para órdenes en Hold" Nave B SA.

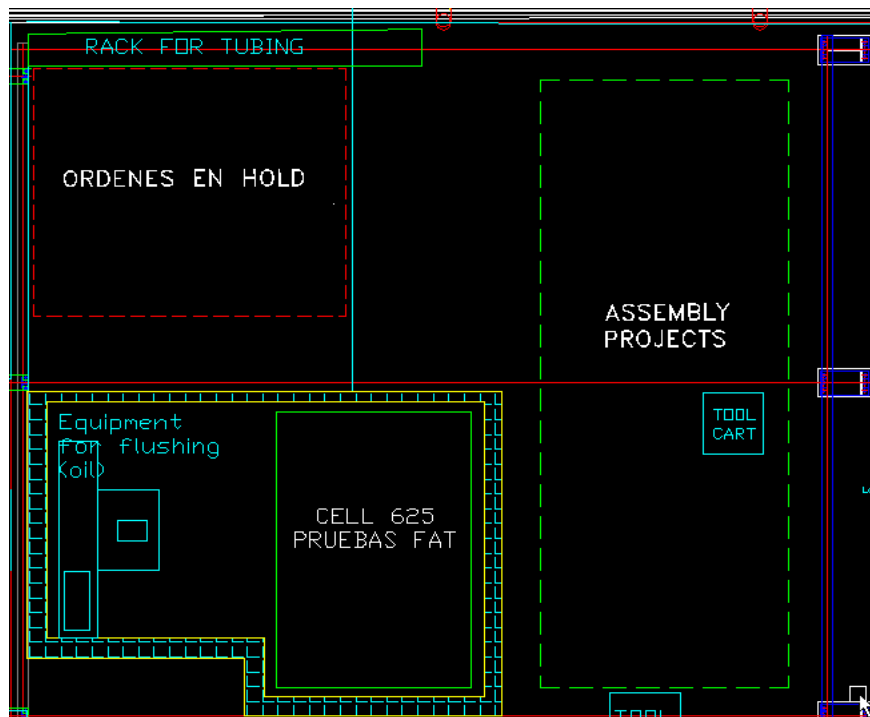


Figura 32 Dibujo delimitación en layout "Área para órdenes en Hold" Nave B SA.

IV. Área de inspección ASME/PED

Finalmente, se delimitó un espacio destinado exclusivamente a las órdenes que requieren inspección conforme a normativas ASME o PED, las cuales son fundamentales para el cumplimiento de estándares internacionales de calidad y seguridad.

Este espacio garantiza que las inspecciones se realicen en condiciones adecuadas, libres de interferencia con otros procesos, evitando daños o contaminación en los productos. Asimismo, mejora la coordinación entre el personal de producción y los inspectores, fortaleciendo el cumplimiento de normativas y facilitando auditorías externas.

Cada una de estas áreas fue señalizada mediante cintas de demarcación, letreros y simbología visual, siguiendo la metodología 5S, principalmente en los principios de Seiton (orden) y Seiso (limpieza). El uso de colores diferenciados permitió establecer una

identificación visual clara del flujo de trabajo, lo que contribuye a la eficiencia y a la seguridad del área.

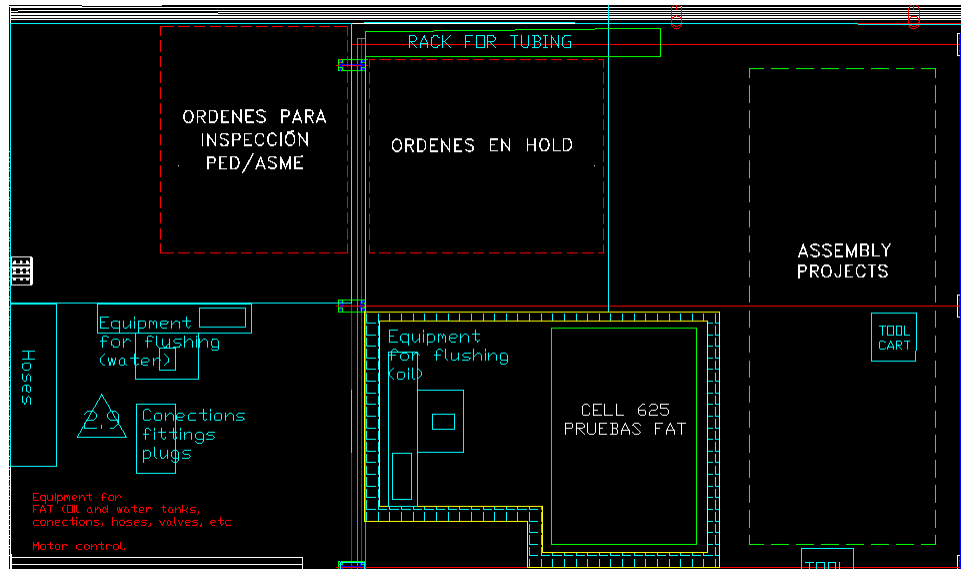


Figura 33 Dibujo delimitación en layout "Área de inspección PED/ASME" Nave B SA.



Figura 34 Delimitación en layout "Área de inspección PED/ASME" Nave B SA.

3.4.2.1 Comparación de layout “Nave B” antes y después de la delimitación de áreas

ANTES

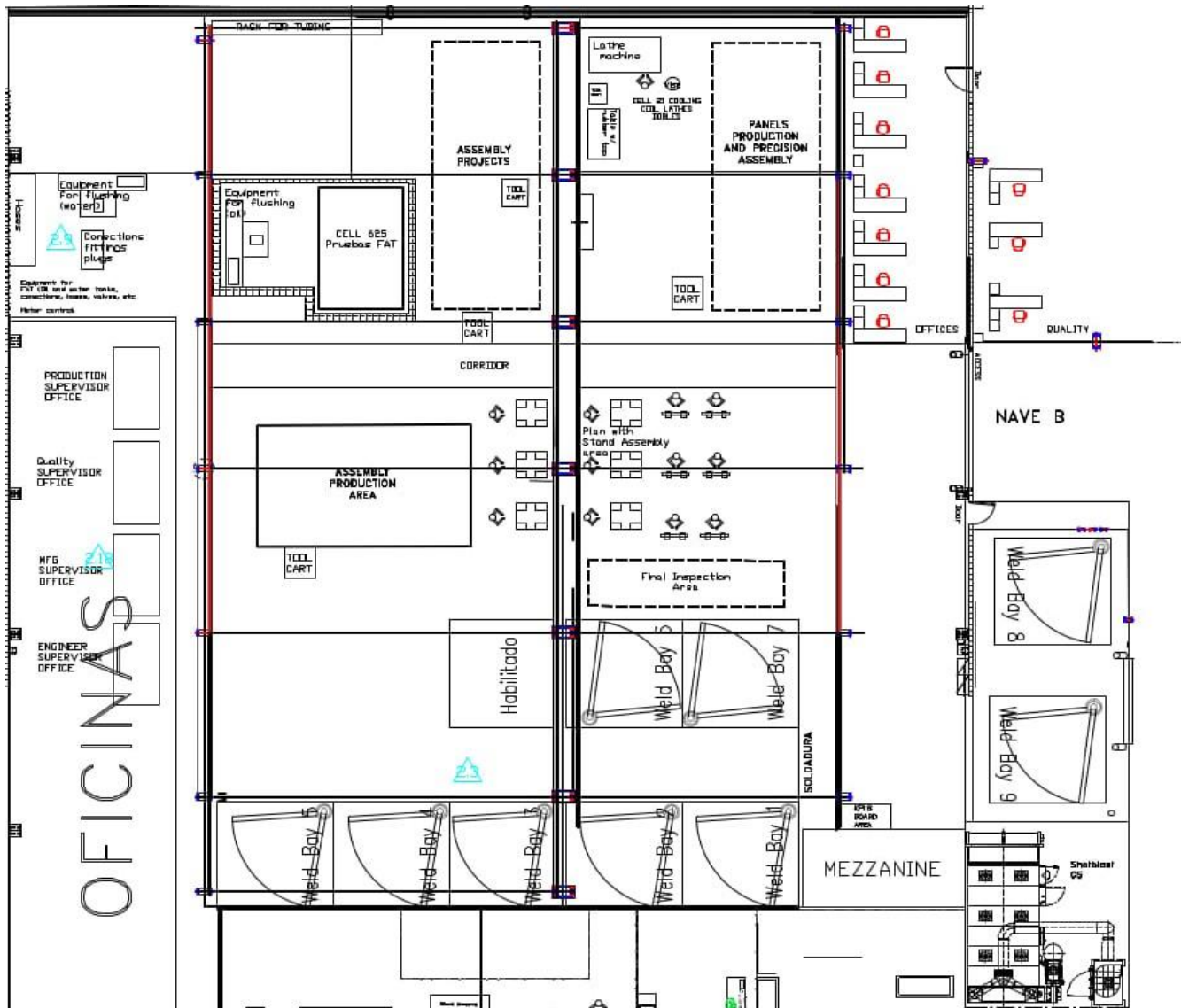


Figura 35 Layout Nave B antes de la delimitación de áreas.

DESPUÉS DELIMITACIÓN DE ÁREAS

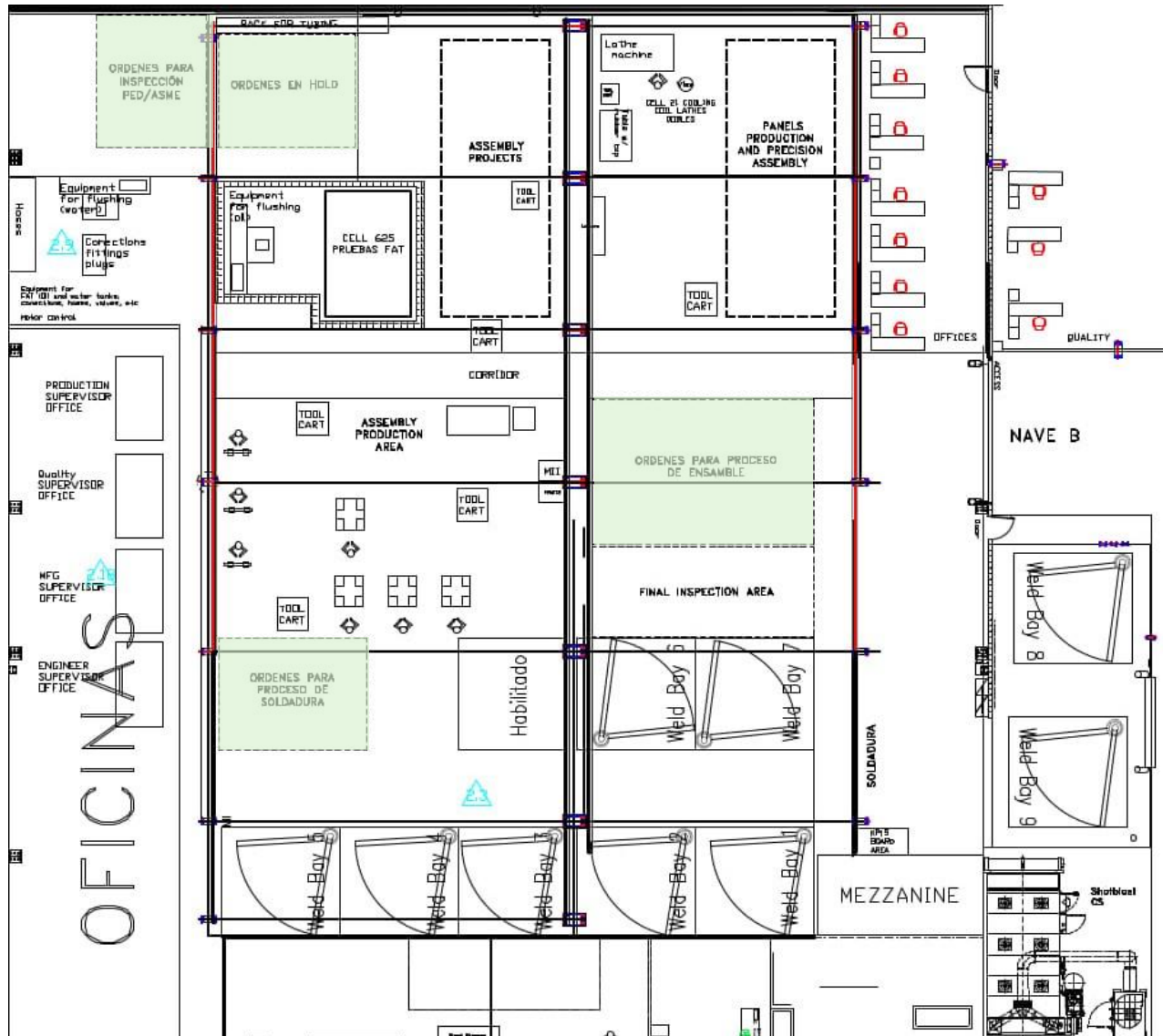


Figura 36 Layout Nave B después de la delimitación de áreas.

3.4.2.2 Diagrama de recorrido flujo común del producto “Ensamble” desde almacén

ANTES

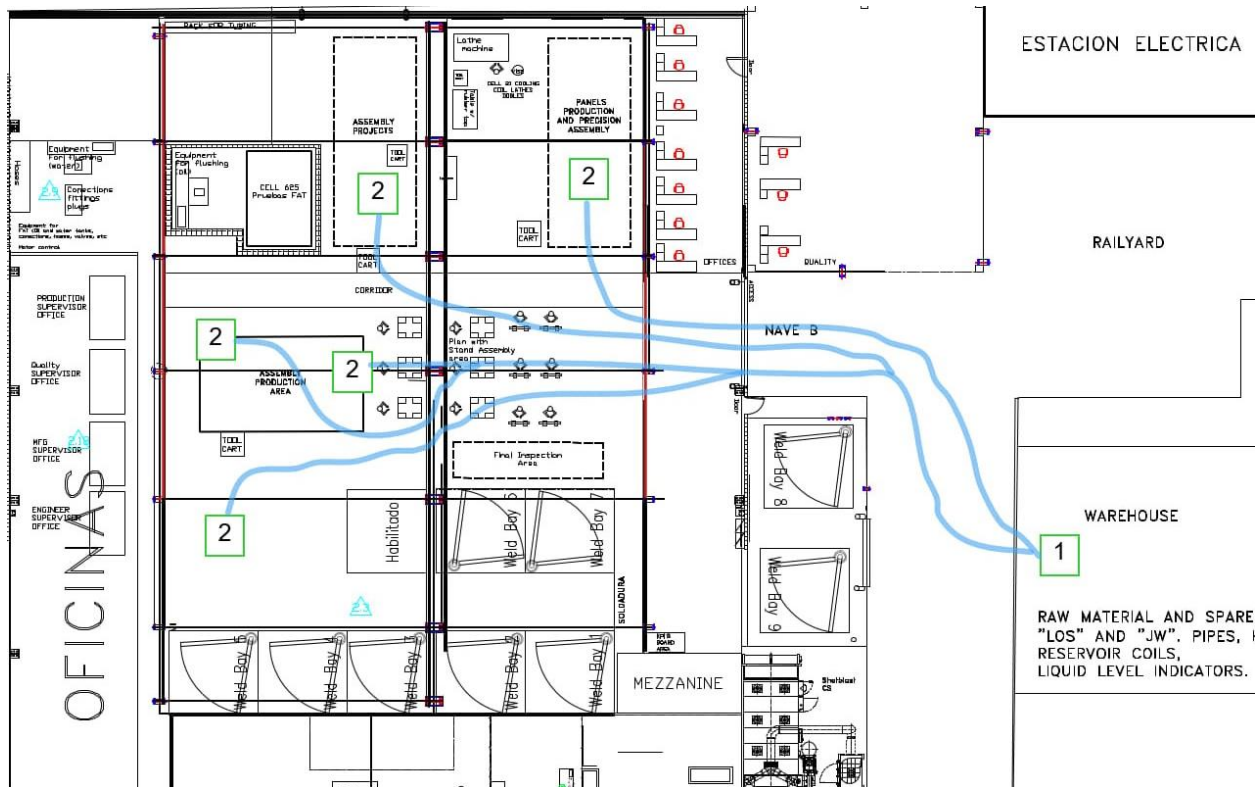


Figura 37 Diagrama de recorrido antes de la delimitación de áreas, flujo común del producto “Ensamble” desde almacén.

El flujo previo muestra un recorrido irregular, con cambios de dirección constantes debido a la ausencia de un área fija para recepción de materiales. El operador debía localizar manualmente las órdenes entre varios puntos, incrementando tiempos de búsqueda y generando cuellos de botella al inicio del proceso.

DESPUÉS

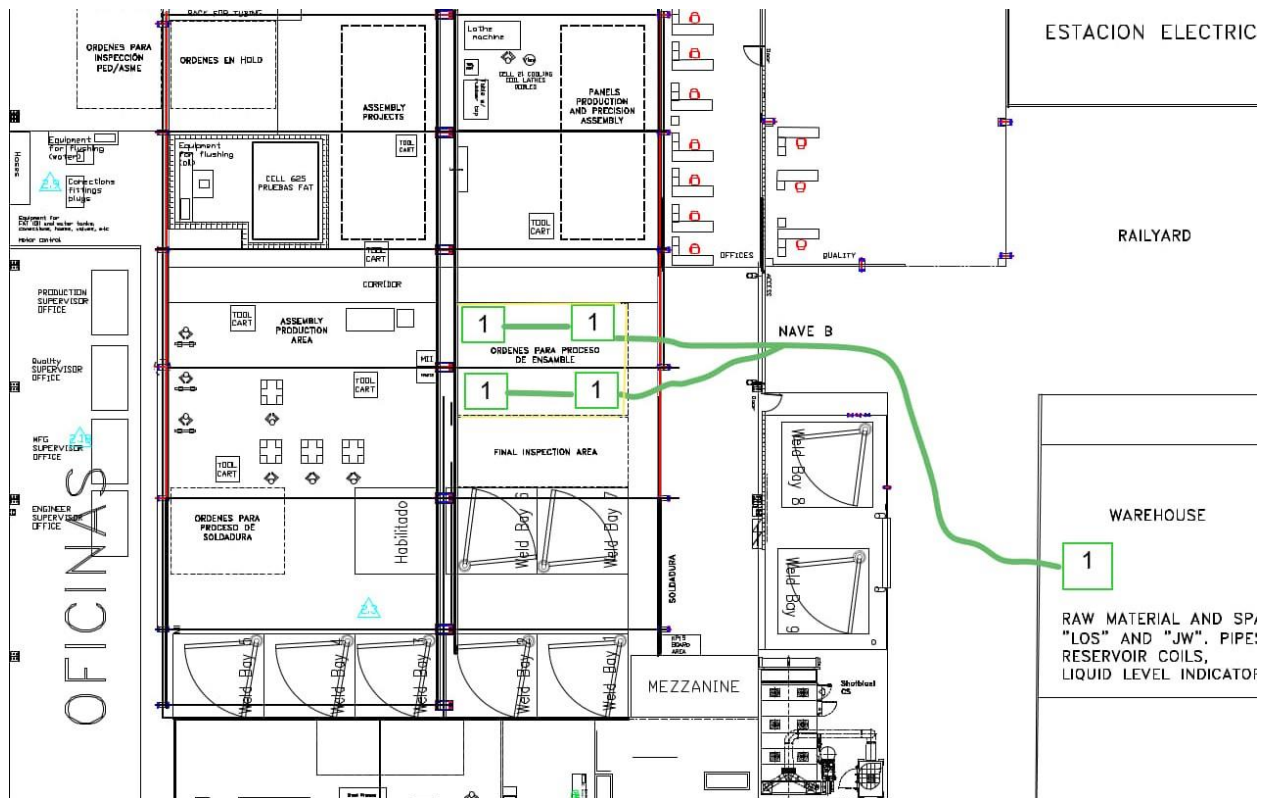
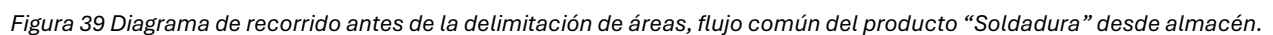


Figura 38 Diagrama de recorrido después de la delimitación de áreas, flujo común del producto "Ensamble" desde almacén.

En la imagen del recorrido actual, se muestra una ruta directa desde almacén hacia el área delimitada exclusivamente para órdenes de ensamble, lo que reduce desplazamientos innecesarios, elimina tiempos improductivos y da claridad sobre la secuencia de atención de órdenes.

ANTES



110

DESPUÉS

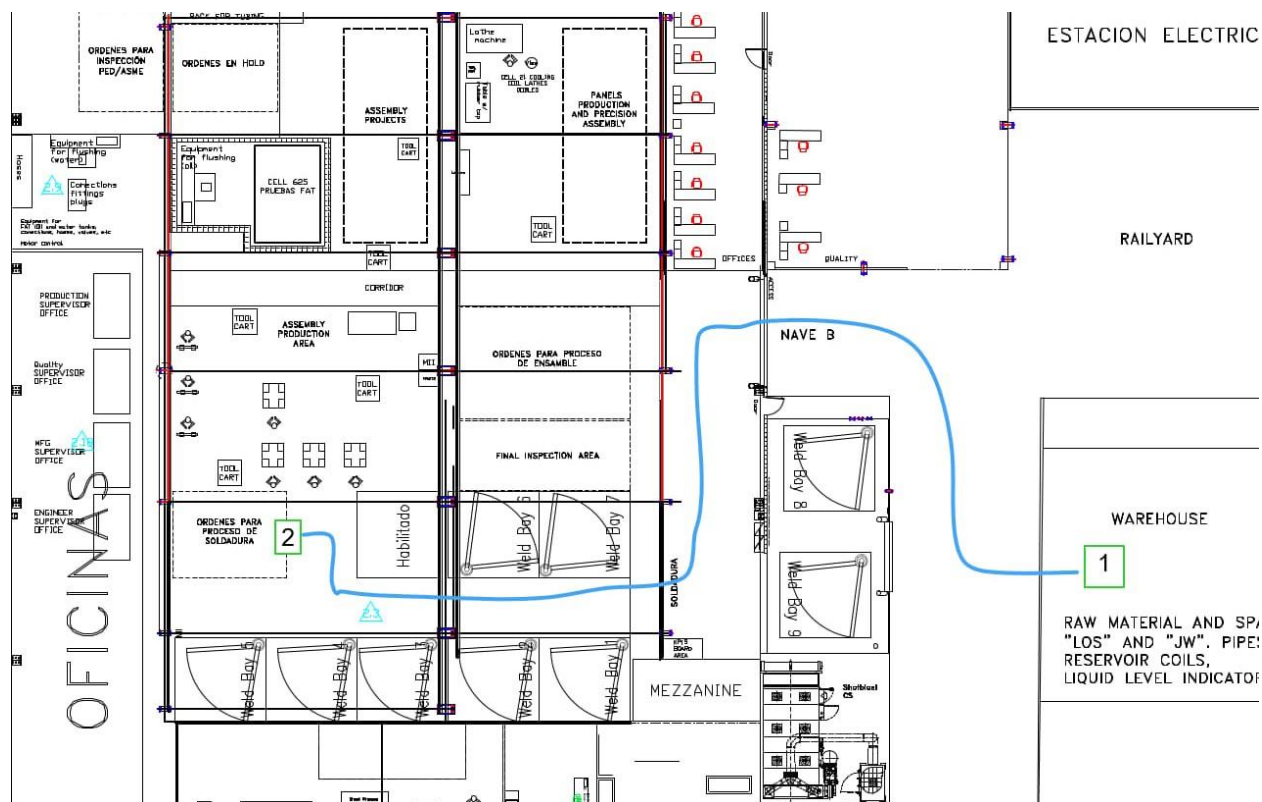


Figura 40 Diagrama de recorrido después de la delimitación de áreas, flujo común del producto "Soldadura" desde almacén.

El diagrama muestra una ruta clara hacia un único punto de entrega para soldadura, logrando una secuencia consistente en la entrada de materiales y mejorando la organización del área. Esto permite que el personal se enfoque en la operación sin interrupciones por búsqueda o reacomodo.

3.4.3 Delimitación de Áreas en Nave A

La Nave A concentra los procesos de ensamblaje estándar, soldadura de bajo costo, marcado láser, pruebas neumáticas e hidrostáticas, y pintura, por lo que también

requería un esquema de organización visual que permitiera mantener un flujo más controlado y ordenado.

I. Área WIP/PT (Work In Process / Producto Terminado)

Se definió un espacio específico para el almacenamiento temporal de productos en proceso o en etapa de prueba, evitando la saturación de pasillos o estaciones activas.

Esta área facilita el control de avance de producción y permite al personal de pruebas identificar fácilmente qué productos están listos para ensayo, reduciendo esperas y desorden.

También esta delimitada el área de producto terminado, el que pasa a la inspección final de calidad y por último a embarques.



Figura 41 Delimitación en layout "Área WIP/PT" Nave A SA.

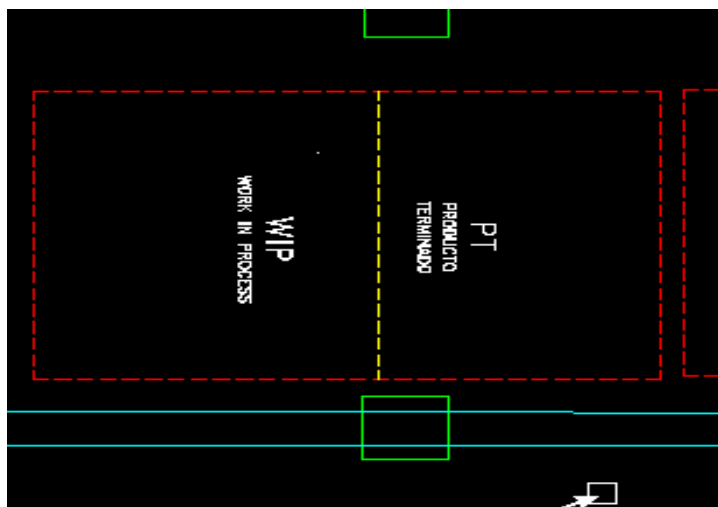


Figura 42 Delimitación en layout "Área WIP/PT" Nave A SA.

II. Área de Calidad

De igual forma, se estableció una zona exclusiva para las actividades de inspección de calidad, donde se concentran los productos terminados o aquellos que requieren revisión antes de su liberación.

Esto permite separar físicamente los productos aprobados de los no conformes, evitando mezclas y confusiones, y mejorando el control final de salida. Además, esta delimitación promueve la disciplina visual y el cumplimiento de estándares de calidad internos y externos.



Figura 43 Delimitación en layout "Área de calidad" Nave A SA.

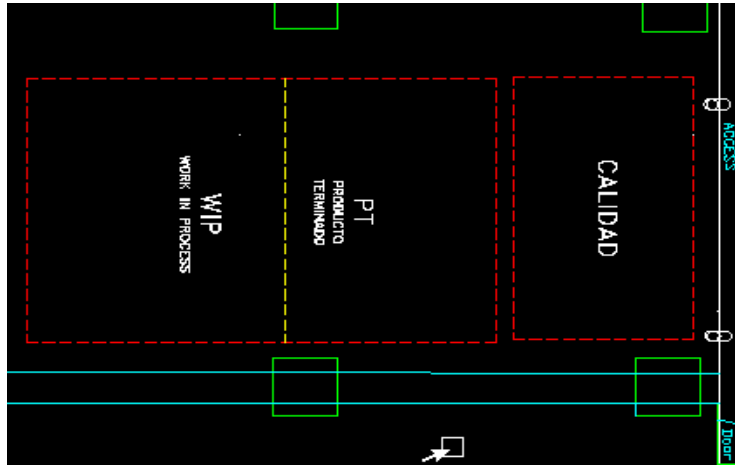


Figura 44 Dibujo delimitación en layout "Área de calidad" Nave A SA.

3.4.3.1 Comparación de layout "Nave A" antes y después de la delimitación de áreas

ANTES

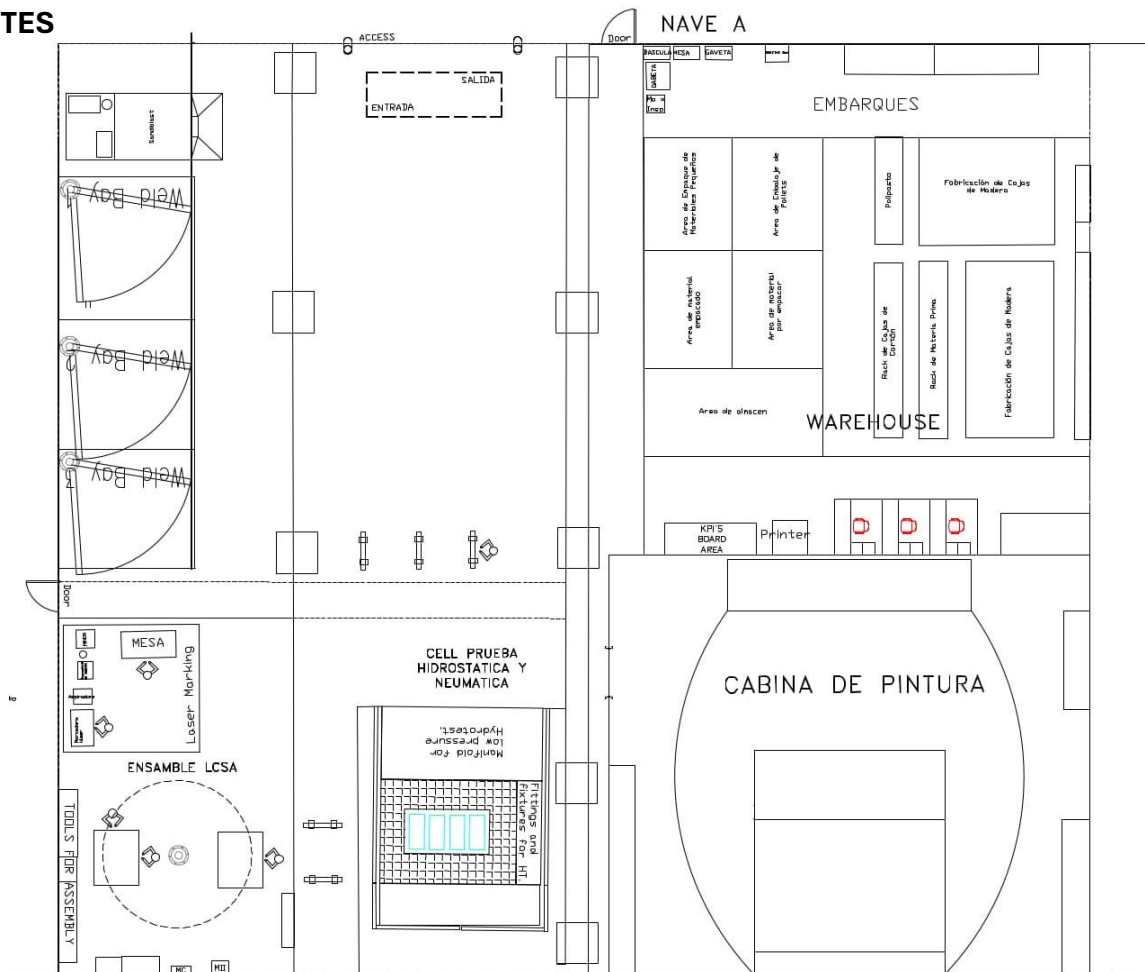


Figura 45 Layout Nave A antes de la delimitación de áreas.

DESPUÉS DELIMITACIÓN DE ÁREAS

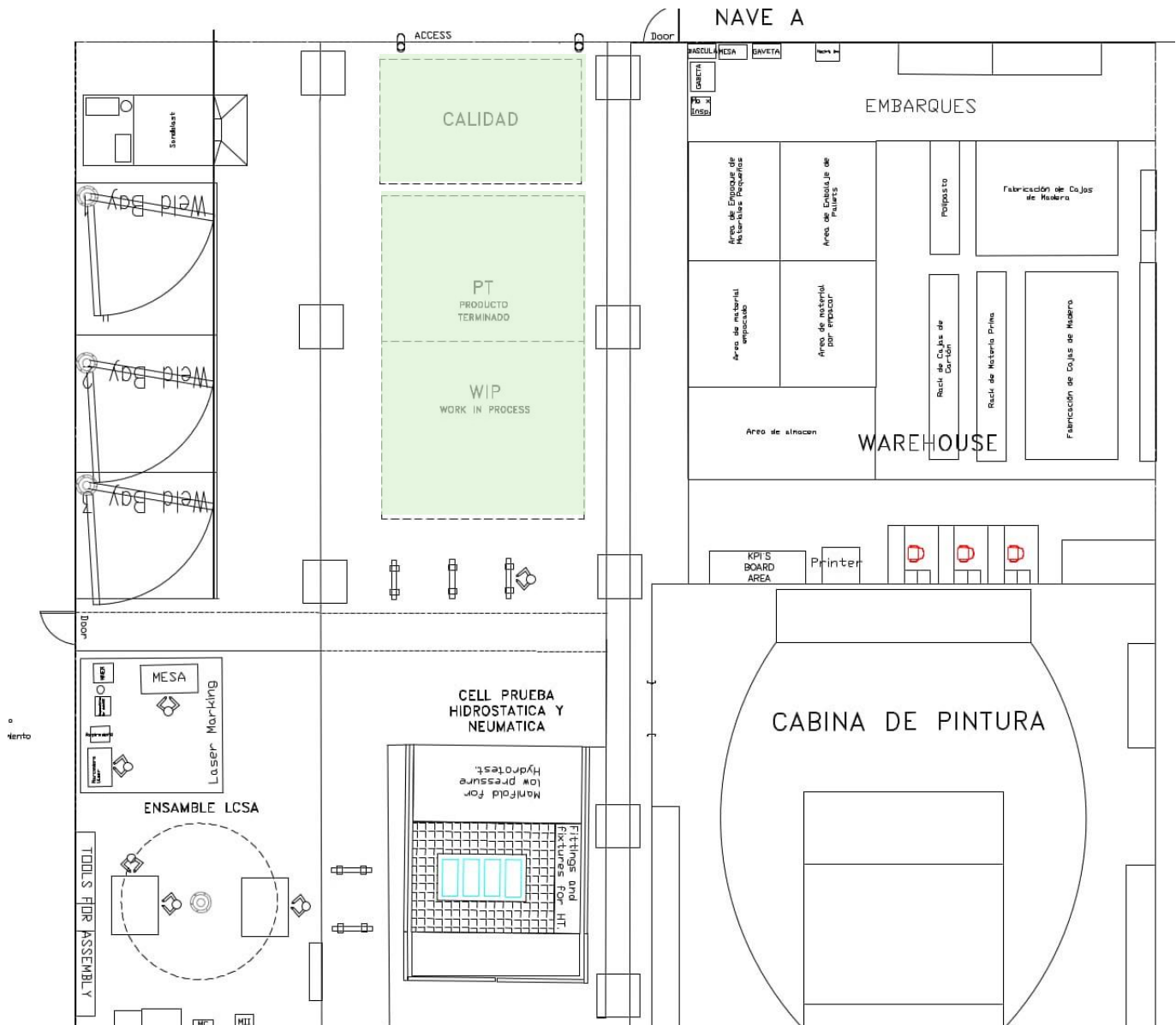


Figura 46 Layout Nave A después de la delimitación de áreas.

ANTES

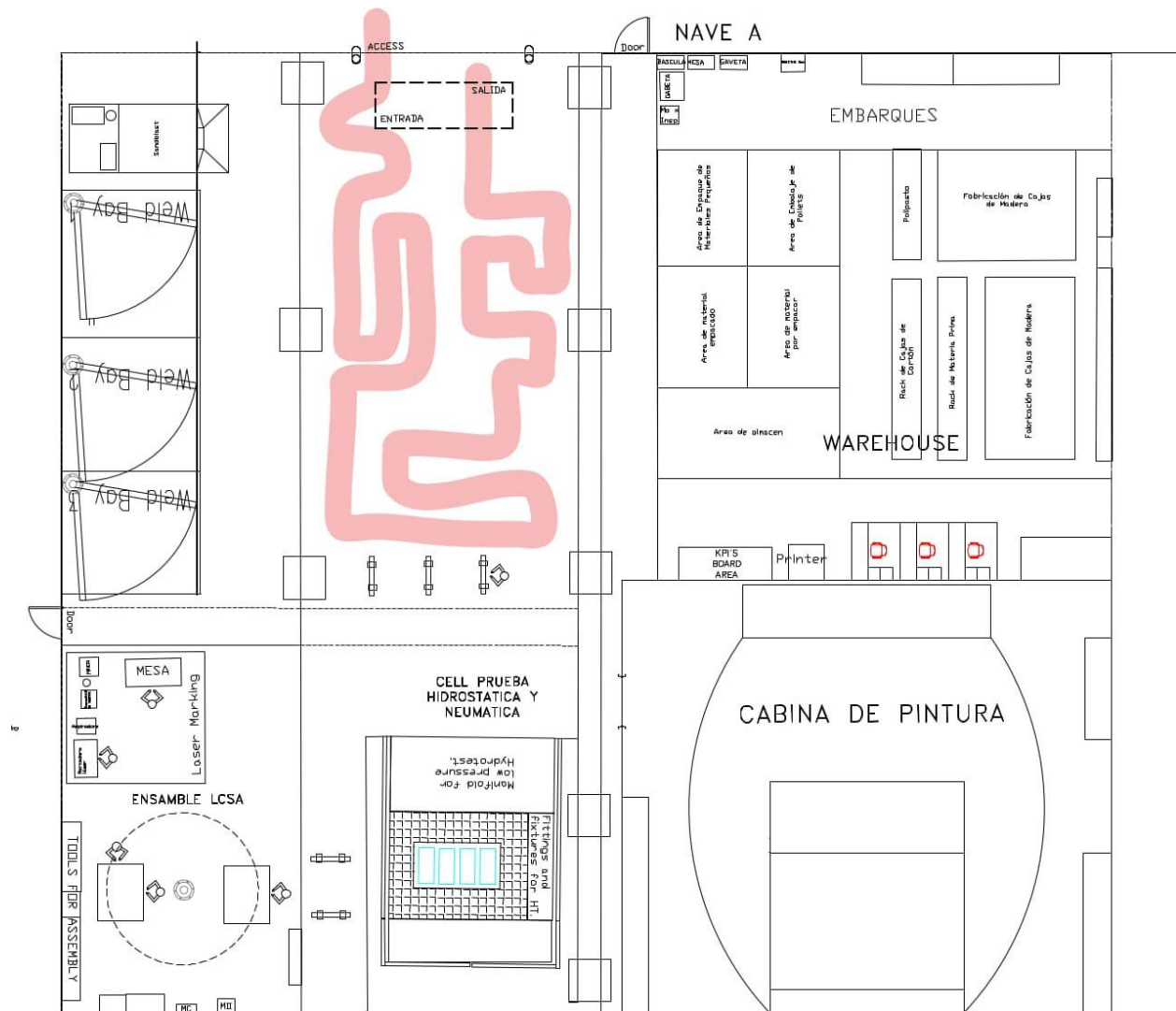


Figura 47 Diagrama de recorrido antes de la delimitación de áreas, flujo común del producto estándar desde almacén.

Como se muestra en la imagen, se ve un espacio sin delimitación alguna, por lo que se presentaban materiales ubicados en áreas de tránsito, productos en proceso sin una zona definida y cruces entre actividades de ensamble, pruebas y soldadura, afectando el flujo y la seguridad.

DESPUÉS

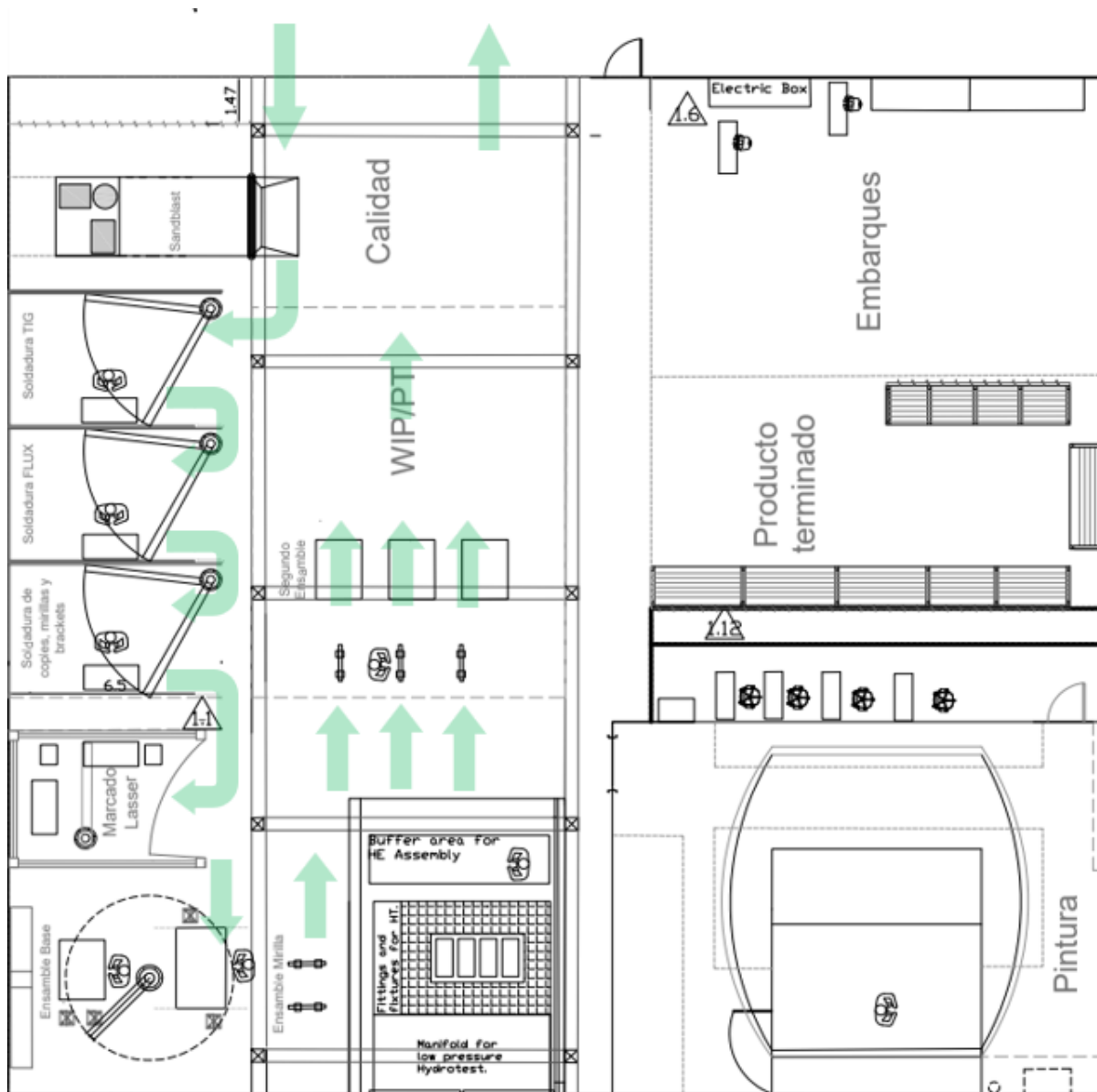


Figura 48 Diagrama de recorrido después de la delimitación de áreas, flujo común del producto estándar desde almacén.

Aquí se puede observar la delimitación de las áreas específicas, dando como resultado el flujo ordenado desde procesos intermedios hasta inspección final. Esto facilita el control, reduce acumulaciones y mejora la visibilidad del estatus de cada producto.

3.5 FASE 2: Gestión administrativa y planeación previa a la ejecución programada de los cambios estructurales

Antes de iniciar formalmente con la ejecución de los movimientos físicos programados del layout en ambas naves, fue necesario desarrollar una fase integral de planeación y gestión administrativa, cuyo propósito fue asegurar la viabilidad técnica, económica y operativa de cada modificación propuesta. Esta etapa constituyó la base que permitió organizar, validar y aprobar los cambios, garantizando que todos los departamentos involucrados trabajaran bajo una misma visión y con la información suficiente para ejecutar los ajustes con seguridad y eficiencia.

3.5.1 Actualización inicial del layout existente

Como punto de partida, se realizó la actualización del layout general de la planta, ya que los planos disponibles no reflejaban con precisión la distribución real al momento del inicio del proyecto. Esta actualización incluyó:

- **Levantamiento físico de áreas**, midiendo dimensiones reales de estaciones, pasillos, equipos y zonas operativas.
- **Identificación de estaciones activas y equipos fuera de uso**, para diferenciar las áreas relevantes del flujo productivo.
- **Revisión de accesos, rutas de movimiento y restricciones operativas.**
- **Digitalización del layout utilizando el software DraftSight**, generando una representación actualizada y completamente funcional como base para los rediseños posteriores.

Este layout actualizado permitió visualizar correctamente los espacios disponibles, los puntos de congestión y las oportunidades reales de reacomodo, siendo esencial para soportar la toma de decisiones de ingeniería.

3.5.2 Reuniones técnicas interdepartamentales para viabilidad de los cambios

Una vez definido el estado actual, se llevaron a cabo diversas juntas estratégicas con las áreas clave involucradas en los futuros cambios. Estas reuniones fueron fundamentales para asegurar la correcta coordinación del proyecto. Los departamentos participantes fueron:

- Producción (supervisores)
- Ingeniería de Manufactura
- Mantenimiento
- Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (EHS)
- Gerencia de Planta
- Almacén y Logística
- Planeación de la Producción

En estas reuniones se revisaron:

- La factibilidad de mover equipos mayores (sandblasteadora, estaciones de soldadura, torno, celdas).
- Riesgos asociados a energía, conexiones eléctricas, ventilación, extracción y manejo de materiales.
- Requerimientos de seguridad para la nueva cabina de sandblast.
- Validación de accesos y rutas de flujo tras los cambios.
- Evaluación de impacto en la operación diaria y estrategias para no detener la producción.

Estas juntas permitieron construir el mapa general de actividades, validado por todas las áreas involucradas.

FECHA: 16-Jul

OBJETIVO DE LA REUNION: Revisar las necesidades de layout de las diferentes áreas afectadas de SA

PUNTOS DE LA REUNION: Definir en Layout del movimiento (Simular Nueva Cabina y eliminar actual)

- *Quitar la actual cabina
- *Colocar estacion de soldadura de pedestales
- Pasar Bunker de Nave A a Nave B
- Pasar y Reducir la cabina de pruebas FAT de Nave B a Nave A
- Levantar Requisición
- Solicitar a proveedor DWG de la cimentación

NOMBRE DEL PARTICIPANTE	AREA	PUESTO	FIRMA
Erika Sánchez	Dirección	Director	
Manuel Flores	Sistemas Auxiliares	Manufacturing Manager	
Erik Castro	Mantenimiento	Maintenance Supervisor	
León Reyes	Seguridad e Infraestructura	SHEA & Maintenance Manager	
Gerardo Romero	Ingeniería de Manufactura	Manufacturing Engineer	
Pedro Cardona	Ingeniería de Manufactura	Manufacturing Engineer	
Aurelio Aguilar	Ingeniería de Manufactura	Manufacturing Engineering Supervisor	
Leopoldo Lumbreras	Embarques	Shipping Supervisor	
Marco Gutierrez	Produccion	Production Supervisor	
Jesus Silva	Produccion	Production Supervisor	
Stephany Vasquez	Produccion	CoOp-Intern	

Figura 49 Formato de Minuta de Junta de Layout.

3.5.3 Desarrollo de DELTAS para evaluación técnica y económica

Cada cambio estructural del layout se documentó formalmente mediante **DELTAS**, que son solicitudes internas para modificaciones significativas dentro de la planta. Las DELTAS incluyen información clave como:

- Descripción exacta del cambio solicitado (qué se mueve, por qué y hacia dónde).
- Justificación técnica (reducción de traslados, mejora del flujo, eliminación de riesgos, integración de procesos).
- Análisis de impacto en materiales, equipos y seguridad.

- Requerimientos de infraestructura (eléctrico, mecánico, piso, ventilación, extracción, etc.).
- Costo estimado del movimiento.
- Tiempo requerido de ejecución y si afecta la operación.
- Relación entre el cambio y los objetivos del proyecto.

Cada DELTA pasa un proceso de revisión y aprobación por Gerencia de Planta y EHS antes de poder ejecutarse.

ITEM	Formato GC	CONCEPTO
1		Desabilitado de estación de soldadura en anexo Nave "B"
2		Desmantelamiento de caseta obsoleta de Sand Blast en Nave "A"
3		Obra civil, eléctrica y especiales para caseta de Sand Blast nueva en anexo nave "B"
4		Montaje de caseta nueva de Sand Blast y puesta en marcha
5		Habilitado de polipasto para capacidad de carga de 1 tn. para caseta nueva de Sand Blast
6		Habilitar Celula de Soldadura estacion 8 Y 9 Nave B (Incluir Mamparas)
7		Habilitar Celula de HABILITADO Nave A
8		Pasar Buker de Nave A a la Nave B en Zona de FAT
9		Pasar y habilitar como Bunker C las mamparas de FAT de Nave B a Nave A
10		Pasar y habilitar Celula de Marcado de Nave A
11		Actualizacion de Celula de Ensamble Nave A
12		Ampliar entradas en cabina de pintura para skids

Tabla 2 Deltas del proyecto.

3.5.4 Clasificación financiera: CAPEX vs OPEX

Dentro de cada DELTA, fue necesario determinar si el cambio correspondía a:

a) OPEX (Operational Expenditure) – Gasto operativo

Son gastos relacionados con actividades necesarias para el funcionamiento diario, tales como:

- Movimientos internos de maquinaria cuando no implican compra de nuevos activos.
- Ajustes menores al layout.

- Instalación de protecciones o adecuaciones menores.
- Mano de obra del personal interno para reubicaciones.

En este caso, varios movimientos como reubicación de estaciones de soldadura, delimitación de áreas o movimientos internos pequeños entran dentro de OPEX.

b) CAPEX (Capital Expenditure) – Inversión de capital

Se refiere a gastos que generan un **nuevo activo** o una mejora significativa y duradera.

Aplicado al proyecto:

- Nueva cabina de sandblast (activo nuevo).
- Construcción del nuevo búnker de pruebas (Bunker C).
- Adecuaciones de infraestructura mayor, como obra civil, electricidad especializada, ductos de extracción.

Identificar correctamente si un movimiento era CAPEX u OPEX fue esencial para asignar presupuestos y avanzar con las aprobaciones.

En la siguiente imagen se muestran las actividades clasificadas en CAPEX y OPEX (gasto) y el costo aproximado de cada una de ellas.

PRESUPUESTO SUGERIDO PARA LAY-OUT P72 2025

ITEM	CONCEPTO	CAPEX	GASTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO APROX.(MXN)	CAPEX	GASTO
1	Desabilitado de estación de soldadura en anexo Nave "B"	X			1	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00	
2	Desmantelamiento de caseta obsoleta de Sand Blast en Nave "A"		X		1	\$ 35,000.00		\$ 35,000.00
3	Obra civil, eléctrica y especiales para caseta de Sand Blast nueva en anexo nave "B"	X			1	\$ -	\$ -	\$ -
4	Montaje de caseta nueva de Sand Blast y puesta en marcha	X			1	\$ -	\$ -	\$ -
5	Habilitado de polipasto para capacidad de carga de 1 tn. para caseta nueva de Sand Blast	X			1	\$ 209,000.00	\$ 209,000.00	
6	Habilitar Celula de Soldadura estacion 8 Y 9 Nave B (Incluir Mamparas)	X			1	\$ 325,000.00	\$ 325,000.00	
7	Habilitar Celula de HABILITADO Nave A		X		1	\$ 85,000.00		\$ 85,000.00
8	Pasar Buker de Nave A a la Nave B en Zona de FAT		X		1	\$ 69,700.00		\$ 69,700.00
9	Pasar y habilitar como Bunker C las mamparas de FAT de Nave B a Nave A		X		1	\$ 180,567.00		\$ 180,567.00
10	Pasar y habilitar Celula de Marcado de Nave A		X		1	\$ 75,000.00		\$ 75,000.00
11	Actualizacion de Celula de Ensamble Nave A		X		1	\$ -		\$ -
12	Ampliar entradas en cabina de pintura para skids		X		1	\$ 158,000.00		\$ 158,000.00
TOTAL						\$ 1,172,267.00	\$ 569,000.00	\$ 603,267.00

Tabla 3 Presupuesto sugerido para Layout SA, clasificación de CAPEX y OPEX.

3.5.5 Desarrollo del Rail de Actividades

Con base en las DELTAS aprobadas y las necesidades operativas, se elaboró un Rail de actividades, un documento de planificación secuencial donde se ordenaron todas las acciones requeridas para ejecutar los cambios estructurales.

Este Rail incluyó:

- Descripción detallada de cada actividad (reubicaciones, instalación, desmantelamiento, delimitación, obra civil, conexiones, pruebas).
- Responsables directos (departamento o persona asignada).
- Dependencias entre actividades (qué debe ocurrir antes de qué).
- Fecha tentativa de ejecución.
- Requerimientos de materiales y recursos.
- Riesgos asociados y medidas de mitigación.
- Aprobaciones necesarias.

Este Rail funcionó como el **cronograma maestro** que guía la fase ejecutiva del proyecto.

ACCIONES REQUERIDAS													
No. Delta	Start Date	Action	Owner	Due Date	%								Comentarios
1	16/Jun/25	Deshabilitado de estación de soldadura en anexo Nave "B"	Erik Castro	9/6/2025									
1.1	25/Aug/25	Enviar cotizaciones de CAPEX con copia a Manuel Flores	Erik Castro	9/6/2025									
1.2	25/Aug/25	Levantar requisiciones CAPEX	Leon Reyes	9/6/2025									
2	16/Jun/25	Desmantelamiento de caseta obsoleta de Sand Blast en Nave "A"	Erik Castro	TDB									
3	16/Jun/25	Obra civil, eléctrico y especiales para caseta de Sand Blast nueva en anexo Nave "B"	Erik Castro	9/20/2025									
4	16/Jun/25	Montaje de caseta nueva de Sand Blast y puesta en marcha	Erik Castro	11/7/2025	50%								
4.1	16/Jun/25	Cotización para Sandblasteadora	Leon Reyes	24/Jul/25	100%								
4.2	16/Jun/25	Dar de alta a proveedor SCITEEX para sandblasteadora	Jose Maria Rodriguez	22/Aug/25	100%								
4.3	7/Aug/25	Levantar Requisición para Sandblasteadora	Leon Reyes	22/Aug/25	100%								En espera de dar de alta al proveedor
4.4	25/Aug/25	Envío de PO	Jose Maria Rodriguez	28/Aug/25	100%								En negociacion de pagos anticipados
4.5	22/Sep/25	Instalacion de Nueva Cabina	Erik Castro	11/7/2025									
5	16/Jun/25	Habilitado de polipasto para capacidad de carga de 1tn. para caseta nueva de Sand Blast	Erik Castro	10/24/2025									
5.1	25/Aug/25	Cotizar adecuacion de la grua	Erik Castro	10/17/2025									
6	16/Jun/25	Habilitar Celula de Soldadura estación 8 Y 9 Nave B (Incluir Mamparas (4 DIAS)	Erik Castro	7/Oct/25									
6.1	7/Aug/25	Realizar el Formato de Gestion de cambios	Pedro Cardona	7/Aug/25	100%								
6.2	19/Aug/25	Enviar cotizaciones de CAPEX con copia a Manuel Flores	Erik Castro	28/Aug/25	100%								
6.3	19/Aug/25	Levantar requisiciones CAPEX	Leon Reyes	9/3/2025	100%								
6.5	21/Aug/25	Enviar cotizaciones de GASTO con copia a Manuel Flores	Erik Castro	19/Aug/25	100%								
7	7/Aug/25	Habilitar Celula de HABILITADO Nave "A"	Erik Castro	TDB									
8	16/Jun/25	Passar Bunker de Nave A a la Nave B en Zona de FAT	Erik Castro	TDB									
8.1	7/Aug/25	Realizar el Formato de Gestion de cambios	Pedro Cardona	7/Aug/25	100%								
8.2	7/Aug/25	Realizar carcamo para re-circulacion de agua	Erik Castro	TDB									
8.3	7/Aug/25	Re-Ubicar Celula de Coils	Erik Castro	TDB									
8.4	21/Aug/25	Enviar cotizaciones de CAPEX con copia a Manuel Flores	Erik Castro	21/Aug/25									
8.5	21/Aug/25	Enviar cotizaciones de GASTO con copia a Manuel Flores	Erik Castro	21/Aug/25									
9	16/Jun/25	Passar y habilitar como Bunker C las mamparas de FAT de Nave B a Nave A	Erik Castro	TDB									
9.1	7/Aug/25	Realizar el Formato de Gestion de cambios	Pedro Cardona	7/Aug/25	100%								
9.2	7/Aug/25	Evaluar el uso de pedestales para postes de Bunker C en Nave A	Erik Castro/Fco Vega	8/Aug/25	100%								
9.3	14/Aug/25	Revisión disponibilidad de pedestales para postes de Bunker C en Nave A	Fco Vega	18/Aug/25	100%								Se pueden tomar 20 pedestales
9.4	21/Aug/25	Enviar cotizaciones de CAPEX con copia a Manuel Flores	Erik Castro	19/Aug/25									
9.5	21/Aug/25	Enviar cotizaciones de GASTO con copia a Manuel Flores	Erik Castro	TDB									
10	16/Jun/25	Passar y habilitar Celula de Marcado de Nave "A"	Erik Castro	TDB									
11	16/Jun/25	Actualizacion de Celula de Ensamble Nave "A"	Erik Castro	TDB									
12	16/Jun/25	Ampliar entradas en cabina de pintura para skids	Erik Castro	TDB									
4.2.1	19/Aug/25	Confirmar la Orientacion de cabina de Sand-Blast (Tentativo derecha)	Pedro Cardona / Gerardo Romero/Erik Castro	21/Aug/25	100%								
4.2.2	19/Aug/25	Realizar el Formato de Gestion de cambios	Pedro Cardona	30/Aug/25	100%								

		SHF26	
Elabora:	Representante de Seguridad	FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIOS	
Revisa:	Representante de Seguridad		
Creado por proceso:	Representante de Seguridad		
Autoriza:	Facilities Manager		
Fecha de Alta: junio 2023		Revisión:	0

		SHF26	
Elabora:	Representante de Seguridad	FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIOS	
Revisa:	Representante de Seguridad		
Creado por proceso:	Representante de Seguridad		
Autoriza:	Facilities Manager		
Fecha de Alta: junio 2023		Revisión:	0

		SHF26	
Elaboró:	Representante de Seguridad	FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIO 9	
Revisó:	Representante de Seguridad		
Diseño de proceso:	Representante de Seguridad		
Autorizó:	Facilita Manager		
Fecha de Alta: junio 2023		Revisión:	0

Tipo de cambio que se va a gestionar. Determinación si es tipo de cambio a) o b) (o ambos) y su grado de cambio (menor, moderado, mayor).

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RIESGO		
	Valores	Puntuación
1) Sin consecuencias potenciales adversas.	0	0
2) Se introduce o se afecta una fuente importante de energía mecánica, térmica, química o eléctrica.	2	2
3) Se incrementa el potencial de exposición del personal a sustancias peligrosas existentes.	3	0
4) Se requiere de mejoras al equipo de protección personal para control de la exposición.	3	0
5) Gracias al cambio habrá un aumento o efecto negativo sobre las presiones, temperaturas, lubricación, emisiones, vibraciones o ergonomía del proceso.	3	0
6) Las personas requieren capacitación adicional para adaptarse al cambio.	3	0
7) Incremento de materiales peligrosos (Riesgo ≥ 3) > 20%	4	0
8) Se introducen sustancias peligrosas (Riesgo ≥ 3) que actualmente no están presentes en el proceso	4	0
9) Se reduce significativamente algún margen de seguridad existente, en favor de la calidad, costo, volumen de producción o tiempo disponible	4	0
10) No existe evidencia documentada de que el proceso opere en forma segura después del cambio.	5	0

Firmas de autorización del cambio de todos los involucrados (Todos los proyectos o cambios serán firmados por el coordinador del elemento)

CONFIDENTIAL - Property of The Flowserve Corp., Uncontrolled - Print from Controlled source, Title: FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIOS Ref: SHE28 Rev: 0 Printed: 8/4/2025 2 of 12

CONFIDENTIAL - Property of The Flowserve Corp., Uncontrolled - Print from Controlled source, Title: 3 of 12
FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIOS Ref: SH-F26 Rev: 0, Printed: 8/4/2025

		SH-F-26	
Elaboro:	Representante de Seguridad	FORMATO DE GESTION DE CAMBIOS	
Reviso:	Representante de Seguridad		
Duño de proceso:	Representante de Seguridad		
Autorizo:	Facilities Manager		
Fecha de Alta: junio 2023		Revisor:	0

13.	Nuevas refacciones por dar de alta. <i>Leer Anexo 2 a seguir (100%)</i>	SI	☒	N/A	☒
14.	Mantenimiento Preventivo por dar de alta. <i>Leer Anexo 2 a seguir (100% de todas)</i>	SI	☒	N/A	☒
15.	Ordenes de Trabajo requeridas. Mantenimiento, reparaciones, modificaciones a una actividad que se le quiere que hacer o mejorar. <i>Leer Anexo 2 a seguir (100% de OT's)</i>	SI	☒	N/A	☒
16.	Modificación al Control de Proceso. Cambio de como o donde se está abasteciendo con el tiempo, en cuanto a controles de salud y seguridad. <i>Leer Anexo 6 a seguir (100% de ABC)</i>	SI	☒	N/A	☒
17.	Se hará actualización del Plan de Emergencia del Departamento y/o de la Planta.	SI	☒	N/A	☒
18.	Personal controlado requerido. INTERVENCIONES INMEDIADAS / PREVENCIÓN (ESTANDARIZADO REQUERIDO)	SI	☒	N/A	☒
19.	Controles y botones accesibles para la operación, así como paros normales y de emergencia	SI	☒	N/A	☒
20.	El proyecto o modificación requiere un ECO (prueba de equipos en vacío/presión) y un PGO (prueba de equipos con materiales) <i>ANEXAR PLAN DE INSTALACIÓN, ECO, PGO Y REQUERIR</i>	SI	☒	N/A	☒
21.	¿Se requiere verificar que el producto cumpla la especificación, después de la modificación? <i>(Estado de Validación)</i>	SI	☒	N/A	☒
22.	¿Se requiere actualizar algún documento regulado?	SI	☒	N/A	☒
23.	¿Se requiere incrementar la inspección in línea o en laboratorio para identificar cambios en los atributos del producto?	SI	☒	N/A	☒
24.	¿Se requiere modificar la leyenda de los empaques del producto por el cambio realizado?	SI	☒	N/A	☒
25.	¿Se requiere modificar el procedimiento de sanitización? <i>REVISAR PLAN DE SANITIZACIÓN DE SU INSTALACIÓN</i>	SI	☒	N/A	☒
26.	Si se requieren controles y reentrenamiento para la evaluación del cambio o proyecto en términos de salud y seguridad <i>(después de la modificación)</i> . <i>OTRAS MEDIDAS RECOMENDADAS</i>	SI	☒	N/A	☒

GRADO DE CAMBIO		NIVEL DE CAMBIO		
		Menor ☒	Moderado ☐	Mayor ☐
GRADO DE RIESGO	Bajo ☒	0	1	2
	Alto ☐	3	4	5

1.	Presentación de todas las pruebas evidenciales del problema o la razón del cambio			
2.	Presentación de la descripción de la modificación			
3.	Definir los Objetivos y Metas que se persiguen con el cambio.			
4.	Análisis de Riesgos en el proceso. CHECK LIST EN ANEXO I, Parte 1.	S	☒	N/A
5.	Justificación Costo-Beneficio de la Modificación o proyecto.	S	☒	N/A
6.	Actualización / elaboración de documentación de ingeniería. Aplicable a cambios de equipo, movimiento de equipo, especificaciones y condiciones de proceso.	S	☒	N/A
7.	Hojas de datos de seguridad de materiales nuevos (SDGs) FORMULARIO DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES NUEVOS, SECCION 8. REQUISITOS PARA DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES NUEVOS			
8.	Si requiere redefinición, modificación o alguna acción al área donde se efectuará la gestión de cambio. LISTADO DE MODIFICACIONES Y ACCIONES EN ANEXO I, Parte 2.	S	☒	N/A
9.	Comunicación del cambio al personal involucrado. PERSONAL INVOLUCRADO COMPLETAR: ÁREA 10-11-12-13	S	☒	N/A
10.	Entrenamiento y/o Instrucción de Trabajo que recibirá el personal involucrado. PERSONAL INVOLUCRADO COMPLETAR: ÍTEM 14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100	S	☒	N/A
11.	Se requiere Verificación de Pre-Análisis.	S	☒	N/A
12.	Se requiere Notificación / Permiso / Licencia Legalitas. Notificar a empresas con impacto ambiental potencial; autorizar actividades legales; registro de tratamiento de residuos peligrosos; autorización para exportar, importar, almacenar, etc.	S	☒	N/A

CONFIDENTIAL - Property of The Flowserve Corp., Uncontrolled - Print from Controlled source, Title: FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIOS Ref: SHE28 Rev: 0 Printed: 8/4/2025 4 of 12

CONFIDENTIAL - Property of The Flowserve Corp., Uncontrolled - Print from Controlled source, Title: FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIOS Ref: 34.528 Rev: 0. Revisado: 3/18/2025 5 of 12

125

		SH-F26	
Elaborado:	Representante de Seguridad	FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIO 1	
Revisado:	Representante de Seguridad		
Diseño de proceso:	Representante de Seguridad		
Autorizado:	Facilities Manager		
Fecha de Alta: junio 2023		Revisión:	0

ANEXO 1
CONSIDERACIONES DE LA EVALUACIÓN / ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO

Parte 1.

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA EN EL PROYECTO			
1. ¿Se requieren nuevos sistemas de alerta con el cambio?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
2. ¿Se requiere incrementar el número de extintores en la zona?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
3. ¿El cambio requiere que se agreguen detectores de sustancias químicas peligrosas?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
4. ¿Las indicaciones y alarmas de la planta existentes son adecuadas para la modificación?	Sí ☒	No ☐	N/A ☐
5. ¿Los equipos, sistemas o procesos de seguridad en la planta o área donde será el cambio son adecuados para la modificación?	Sí ☒	No ☐	N/A ☐
6. ¿El cambio altera la validez de alguna certificación, ley o permiso? (se puede especificar)	Sí ☒	No ☐	N/A ☐
7. ¿El cambio requerirá o involucrará alguna excavación, contaminación del suelo y/o contaminación del agua subterráneas?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
8. ¿Para efectuar el cambio se necesita el movimiento o carga de equipos?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
9. ¿El cambio atraerá que se tengan elementos apilados a nivel (mayor a 2 m)?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
10. ¿Habrá manejo con equipos que emitan radiación no ionizante? (soldadura, cóscorte, etc.)	Sí ☒	No ☐	N/A ☐
11. ¿Habrá un aumento en los decibeles debido a máquinas o equipos?	Sí ☒	No ☐	N/A ☐
12. ¿El cambio requiere trabajo a la intemperie?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
13. ¿El cambio requiere trabajo en altura?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
14. ¿El cambio requiere trabajo en espacios confinados?	Sí ☐	No ☒	N/A ☐
15. ¿El cambio requiere del uso de herramientas pulso cortantes?	Sí ☒	No ☐	N/A ☐

Parte 2.

LISTADO DE MODIFICACIONES			
CLASE	MODIFICACIÓN	ESTATUS	RESPONSABLE
1.	Desconexión de estación 8 y 9		Erik Castro
2.	Instalación de equipos y servicios de nueva área de estación 8 y 9		Erik Castro
3.	Preparación de nueva área de estación 8 y 9		Erik Castro
4.	Actualización del JSEA		Jesus Silva / Marco Gutierrez
5.	Instalación y certificación de polipastos		Erik Castro

CONFIDENTIAL - Property of The Flowserve Corp., Uncontrolled - Print from Controlled source, Title: FORMATO DE GESTIÓN DE CAMBIOS Ref: SH-F26 Rev: 0, Printed: 8/4/2025

0 of 12

Figura 52 Anexo Formato de Gestión de cambios, delta habilitado de célula de soldadura “Estación 8 y 9”.

3.6 FASE 3: Ejecución programada de cambios en el layout

Tras completar la fase de gestión administrativa y validación técnica del proyecto que incluyó reuniones, se procedió a consolidar el layout, con el fin de obtener una representación precisa y aprobada de cada uno de los movimientos planeados.

Este conjunto de gestiones permitió garantizar que todos los cambios estructurales cumplieran con los requisitos operativos, de seguridad, ergonomía y viabilidad técnica, dejando establecido un plan de ejecución claro, secuenciado y autorizado.

Para garantizar precisión y confiabilidad en la representación del nuevo diseño, como se mencionaba, se utilizó el software DraftSight, una herramienta profesional de dibujo

asistido por computadora que permite elaborar planos en 2D con medidas reales y representaciones fieles de los elementos físicos de la planta.

Esta fase abarca tanto la Nave B, donde se concentran los proyectos de gran volumen, como la Nave A, que alberga los procesos estándar y de bajo costo. Los movimientos propuestos fueron definidos con base en los análisis previos de flujo, ergonomía, seguridad y factibilidad técnica, asegurando que cada modificación contribuya al incremento de la productividad y a la continuidad operativa del área de Sistemas Auxiliares.

3.6.1 Cambios estructurales en Nave B

La Nave B representa el área más extensa y dinámica dentro del departamento de Sistemas Auxiliares, por lo que las modificaciones realizadas en su layout buscan consolidar **un flujo de producción lineal y eficiente** que integre soldadura, ensamble y pruebas dentro de un mismo espacio operativo.

I. Reubicación de estaciones de soldadura

Actualmente, la Nave B cuenta con siete estaciones principales y dos adicionales en un anexo separado. Esta separación provoca **interrupciones en la secuencia de producción**, pérdida de tiempo en la transferencia de piezas y un control visual limitado sobre el proceso.

La nueva disposición contempla **alinear las nueve estaciones de soldadura en una sola línea productiva**. Estas dos estaciones serán **trasladadas a la nave principal**, integrándose con las siete estaciones ya existentes para conformar un **bloque lineal de nueve estaciones consecutivas (1 a 9)**. Al eliminar la estación de habilitado intermedia, se consigue liberar el espacio necesario para la expansión del flujo lineal y mejorar el acceso de materiales. La estación de habilitado será redistribuida en la Nave A.

Este cambio permitirá que los proyectos avancen bajo un **flujo progresivo y ordenado**, incrementando la eficiencia operativa, la comunicación entre operadores y la visibilidad

de los avances. La supervisión y el control de calidad se vuelven más ágiles, ya que todo el proceso podrá observarse de un solo vistazo, reduciendo tiempos de detección de fallas o retrabajos.

Resultados y beneficios esperados:

- Aumento del control visual y reducción de tiempos de espera entre operaciones.
- Flujo de producción continuo, con menor manipulación de piezas pesadas.
- Disminución de movimientos innecesarios y sobrecarga física del personal.
- Facilita la implementación de controles visuales, tableros y señalización de estado de trabajo.

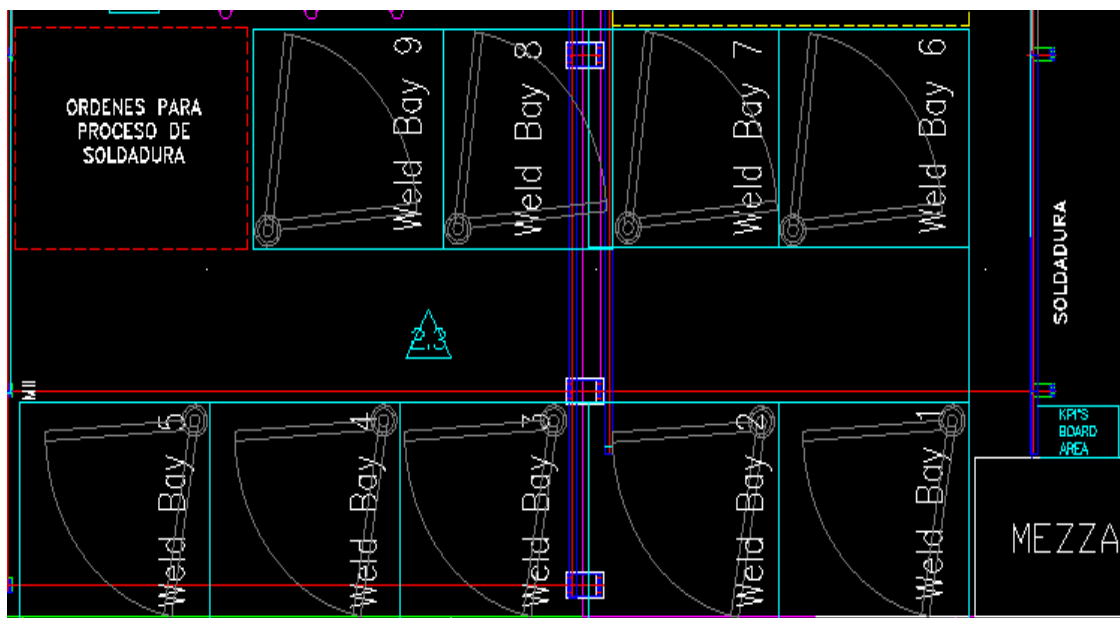


Figura 53 Dibujo reubicación de estaciones de soldadura.

II. Instalación de la nueva cabina de sandblast

El espacio liberado por el traslado de las estaciones del anexo será aprovechado para **instalar la nueva cabina de sandblast**, la cual reemplazará a la antigua unidad ubicada en la Nave A.

Previo a esta decisión, se realizó un **análisis técnico de factibilidad**, confirmando que el área cuenta con las dimensiones, accesos y condiciones adecuadas para albergar la cabina, así como la infraestructura necesaria para ventilación, extracción de polvo y suministro eléctrico.

Este movimiento representa uno de los cambios más significativos del proyecto, ya que implica tanto obra civil y adecuación de infraestructura, como mejoras sustanciales en **seguridad y ergonomía**.

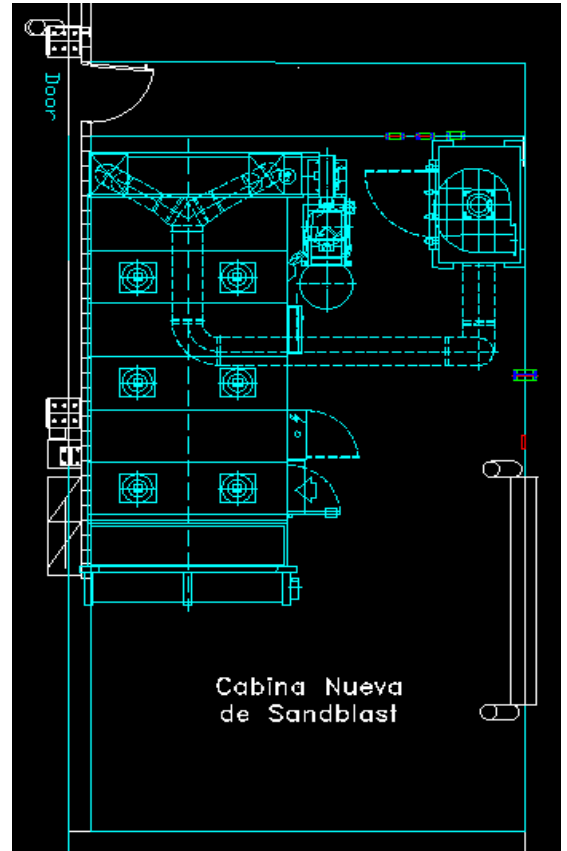


Figura 54 Dibujo de la nueva cabina de Sanblast.

La nueva cabina permitirá realizar el tratamiento superficial con **mayor capacidad, ventilación controlada, iluminación adecuada y equipos más modernos**, reduciendo la exposición del operador a partículas, calor y posturas incómodas.

Además, su ubicación cerca de la línea de soldadura permitirá **recibir directamente los productos recién terminados**, evitando traslados entre naves y optimizando el tiempo de ciclo total de producción.

Resultados y beneficios esperados:

- Integración de procesos dentro de la misma nave, evitando traslados externos.
- Mejora notable de las condiciones de trabajo y seguridad ocupacional.
- Mayor seguridad y confort para el operador al sustituir la cabina antigua.

- Reducción de distancias recorridas y tiempos de espera en el proceso de sandblast.
- Reducción del tiempo total de ciclo por eliminación de movimientos inter-nave.
- Cumplimiento con estándares de ventilación y limpieza industrial.
- Aumento en la productividad de la etapa de tratamiento superficial.

III. Reubicación de la célula de Coils y del torno

La **celda de fabricación de serpentines (coils)** y el **torno** se reorganizarán para liberar espacio y optimizar la interacción entre procesos.

Ambos se moverán hacia la zona donde actualmente se encuentra el ensamble de centrales y paneles, lo que mejora el acceso al flujo de materiales y ayuda a que la distribución mejore y en parte de esa área pueda estar el bunker de pruebas hidrostáticas y neumáticas.

Beneficios esperados:

- Mayor aprovechamiento del espacio productivo.
- Reducción de interferencias.
- Organización visual más limpia y funcional.

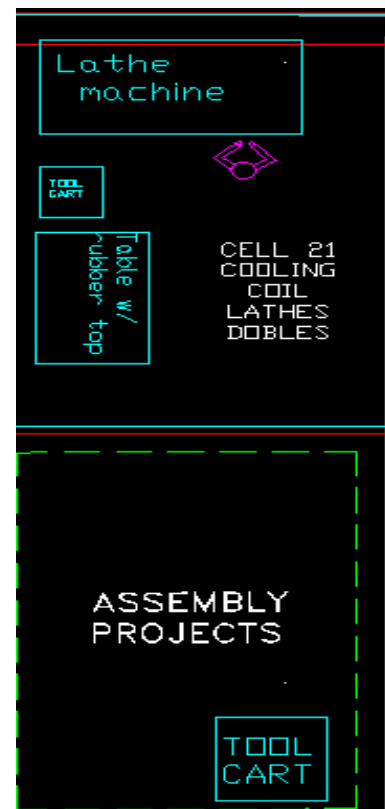


Figura 55 Dibujo reubicación de célula de coils y torno.

IV. Instalación del Bunker de pruebas neumáticas e hidrostáticas

Otro de los cambios relevantes en esta nave será la **instalación de una celda de pruebas neumáticas e hidrostáticas dentro de la propia Nave B**, lo que permitirá **eliminar el traslado de productos hacia la Nave A**.

Actualmente, las piezas debían transportarse entre naves para someterse a pruebas, lo que implicaba esfuerzo físico, tiempos muertos y riesgo de daño a componentes grandes o pesados.

La nueva celda estará ubicada cerca del área de ensamble y paneles, aprovechando el espacio liberado por la reubicación de coils.

Esto permitirá **realizar las pruebas inmediatamente después del ensamble**, manteniendo la secuencia productiva y evitando cuellos de botella.

Con la nueva ubicación, todas las etapas del proceso soldadura, ensamble, pruebas y sandblast, quedarán integradas en una misma nave, logrando un **flujo productivo completamente continuo**.

Beneficios esperados:

- Integración de soldadura, ensamble, sandblast y pruebas dentro de una sola nave.
- Eliminación del traslado entre naves para pruebas.
- Aumento de la productividad por reducción de tiempos improductivos.
- Reducción del tiempo total de producción en más del 20%.
- Mayor ergonomía al evitar movimientos de carga pesada entre edificios.
- Fortalecimiento del control de calidad y trazabilidad del producto.

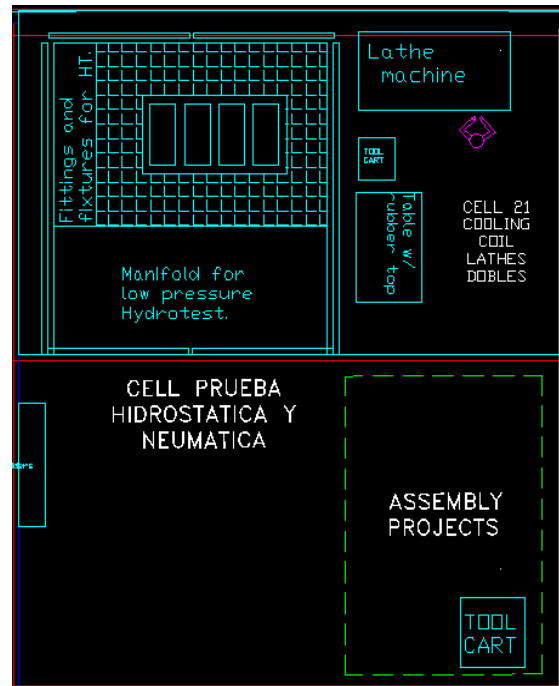


Figura 56 Dibujo Bunker de pruebas.

3.6.1.1 Comparación de layout “Nave B” antes y después de los movimientos mayores programados

LAYOUT ACTUAL

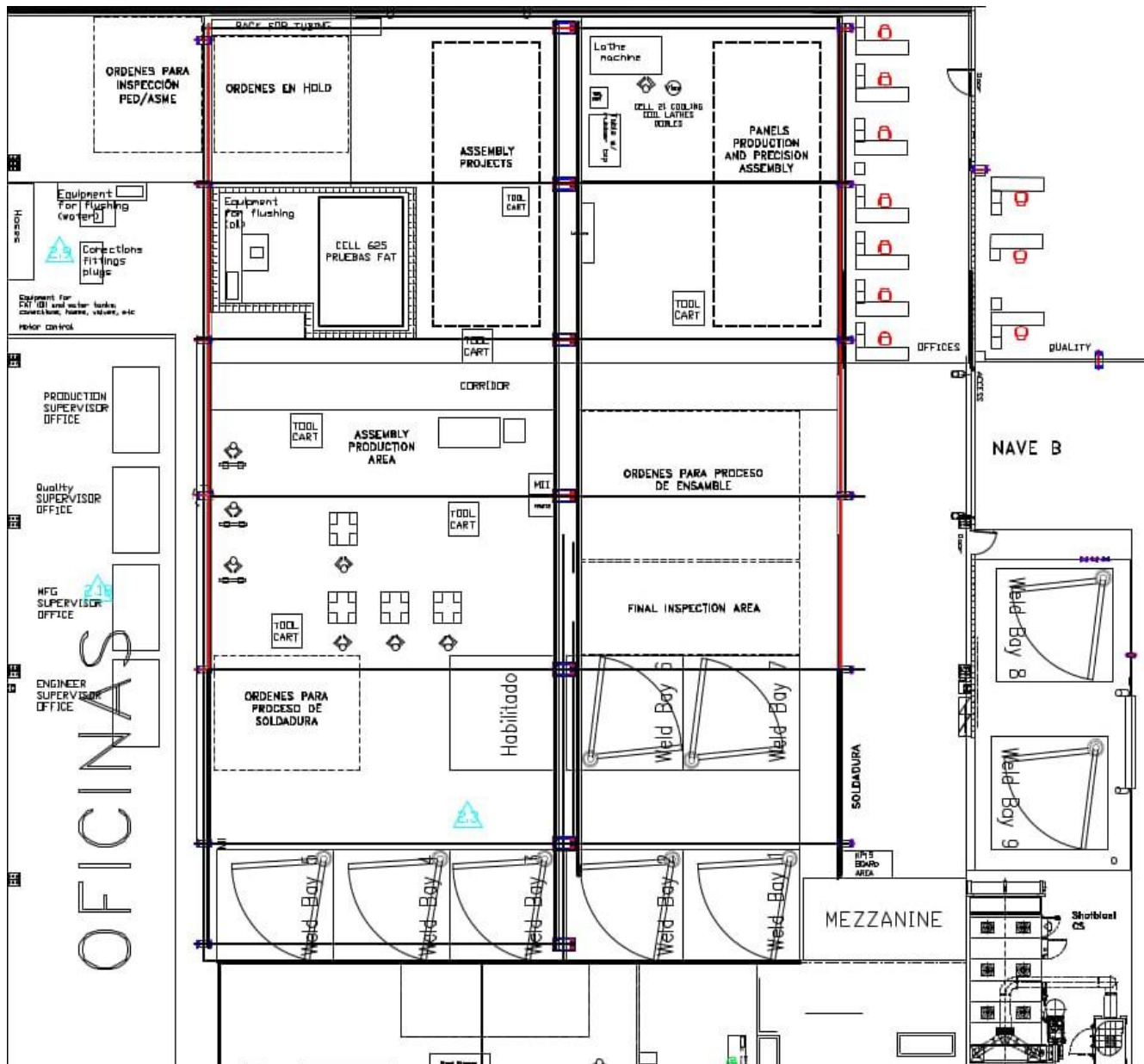


Figura 57 Layout actual Nave B.

LAYOUT FINAL CON CAMBIOS PROGRAMADOS

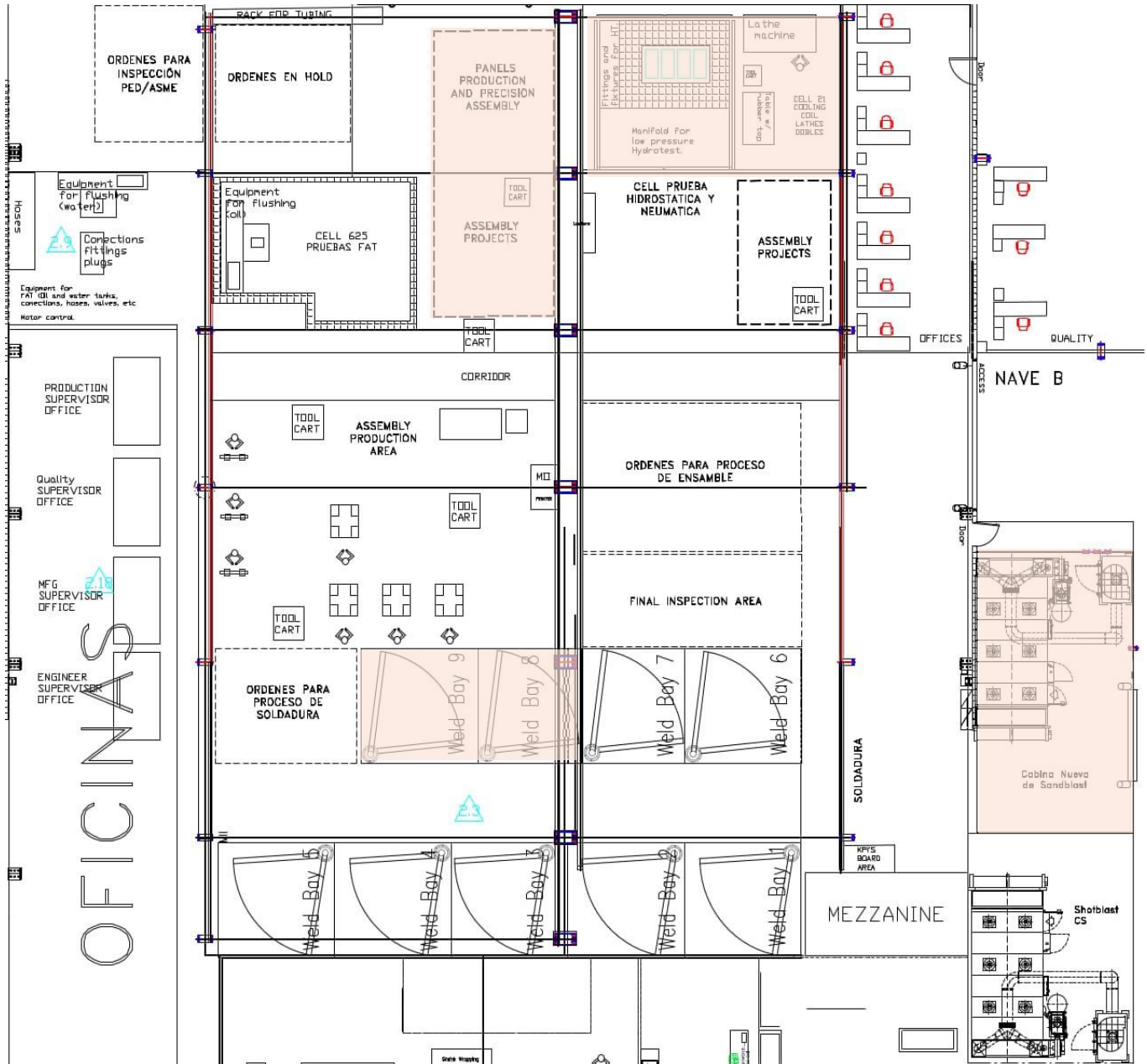


Figura 58 Layout final con cambios programados Nave B.

3.6.1.2 Diagrama de recorrido flujo común del producto solo ensamble

ANTES

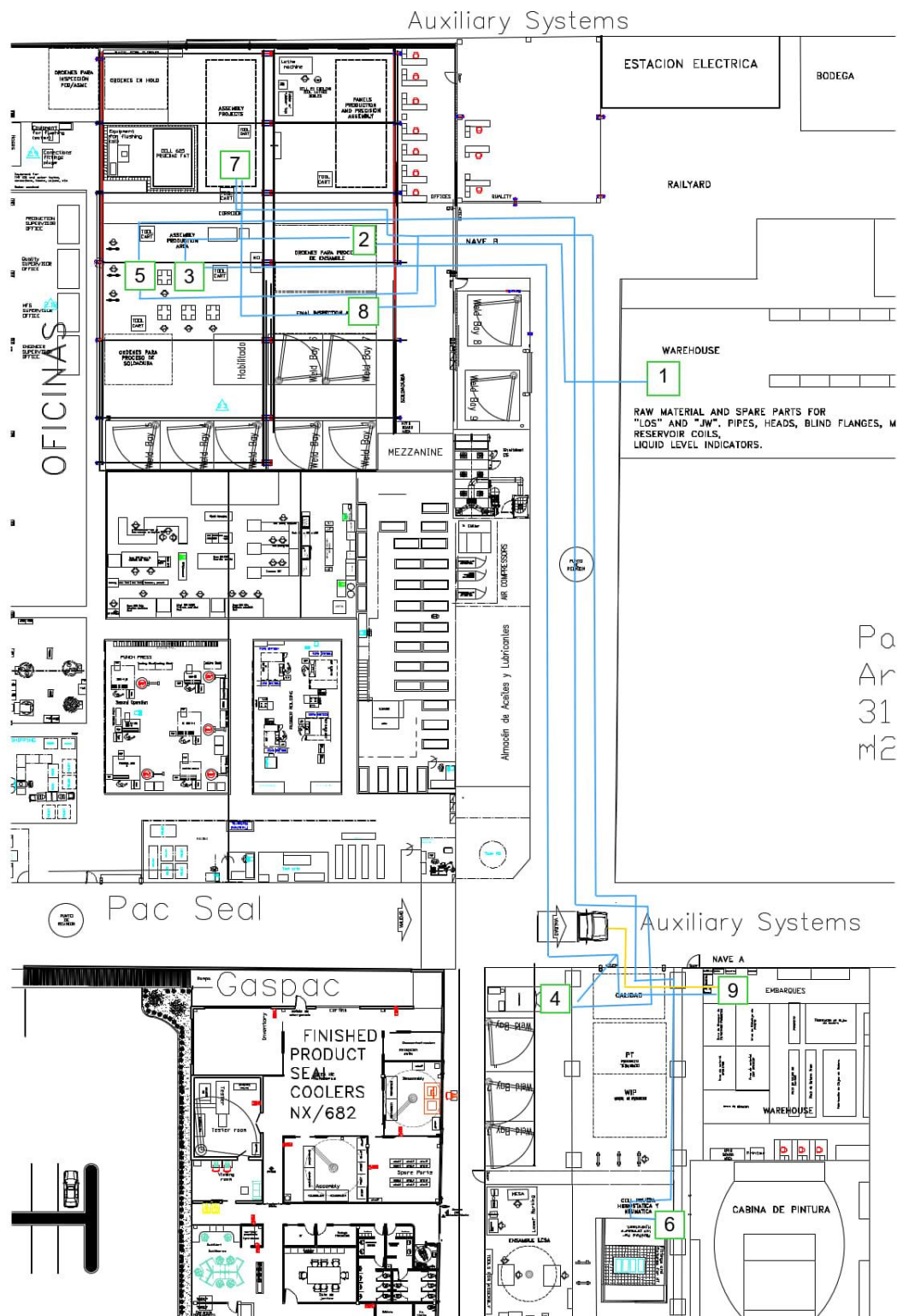


Figura 59 Diagrama de recorrido antes de los cambios programados, flujo común del producto solo ensamble.

Descripción:

1. Sale de almacén
2. Órdenes para proceso de ensamble.
3. Primer ensamble
4. Sandblast
5. Segundo ensamble
6. Prueba hidrostática
7. Ensamble final
8. Área de inspección final
9. Embarque (Traslado a Nave A para salida)

Previo al cambio estructural, el producto debía desplazarse a través de diferentes naves para completar el proceso. Esto generaba largos movimientos, duplicación de maniobras y mayores tiempos de ciclo, afectando la productividad en proyectos de gran volumen. Como se puede observar en la imagen uno de los recorridos más largos es al momento que debe de cambiar de Nave para realizar el proceso de sandblasteo y la prueba hidrostática, recorriendo alrededor de 88 metros debido a la distancia.

DESPUES

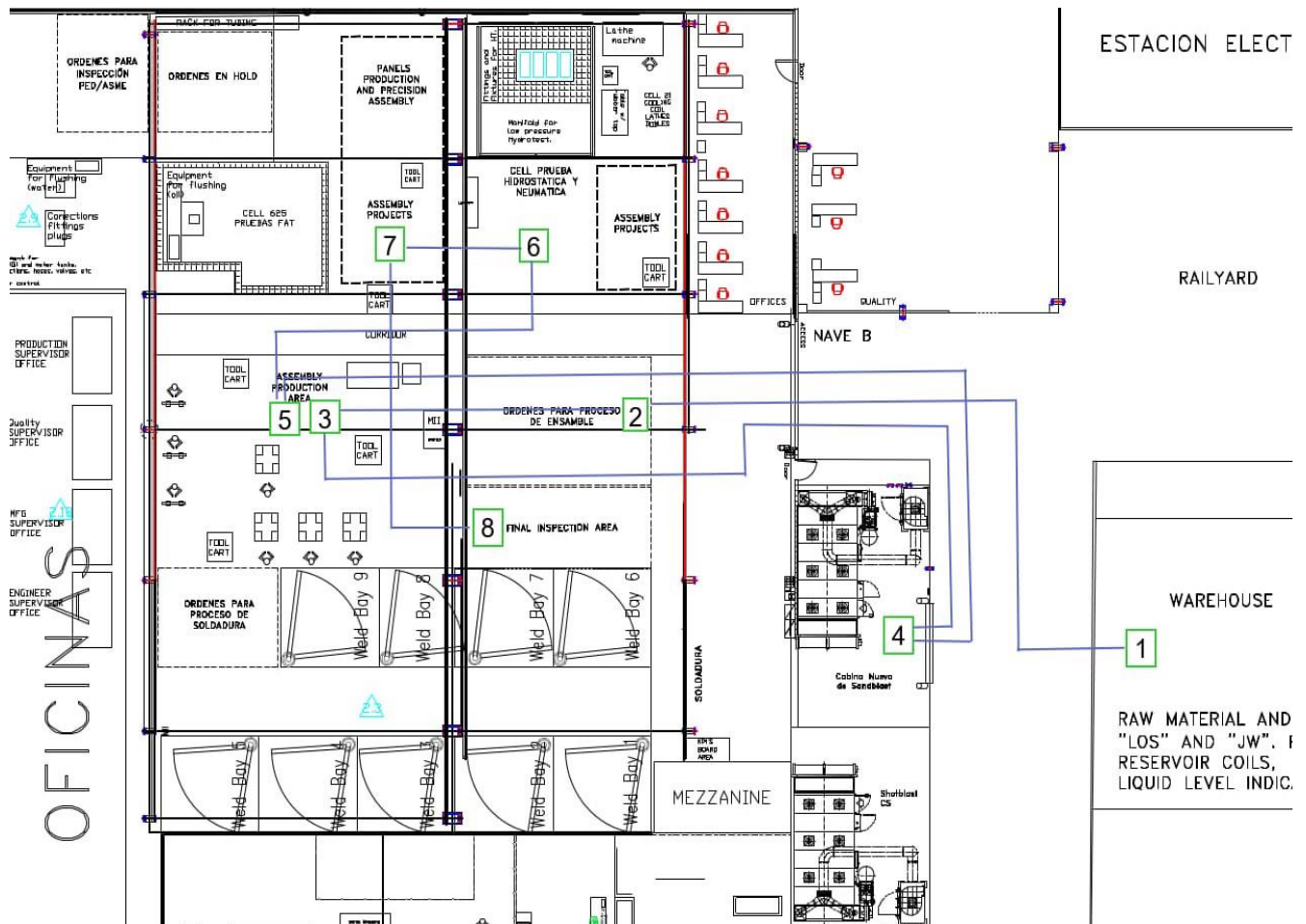


Figura 60 Diagrama de recorrido después de los cambios programados, flujo común del producto solo ensamble.

El nuevo recorrido muestra un flujo continuo dentro de la misma nave: ensamble, sandblast, pruebas y acabado se encuentran integrados. Con ello se reduce drásticamente el tiempo total del recorrido y se mejora la trazabilidad del producto. El recorrido al realizar esos cambios reduce significativamente la distancia, por lo que se elimina el recorrido más largo al no cambiar de nave.

3.6.1.3 Diagrama de recorrido flujo común del producto con soldadura

ANTES

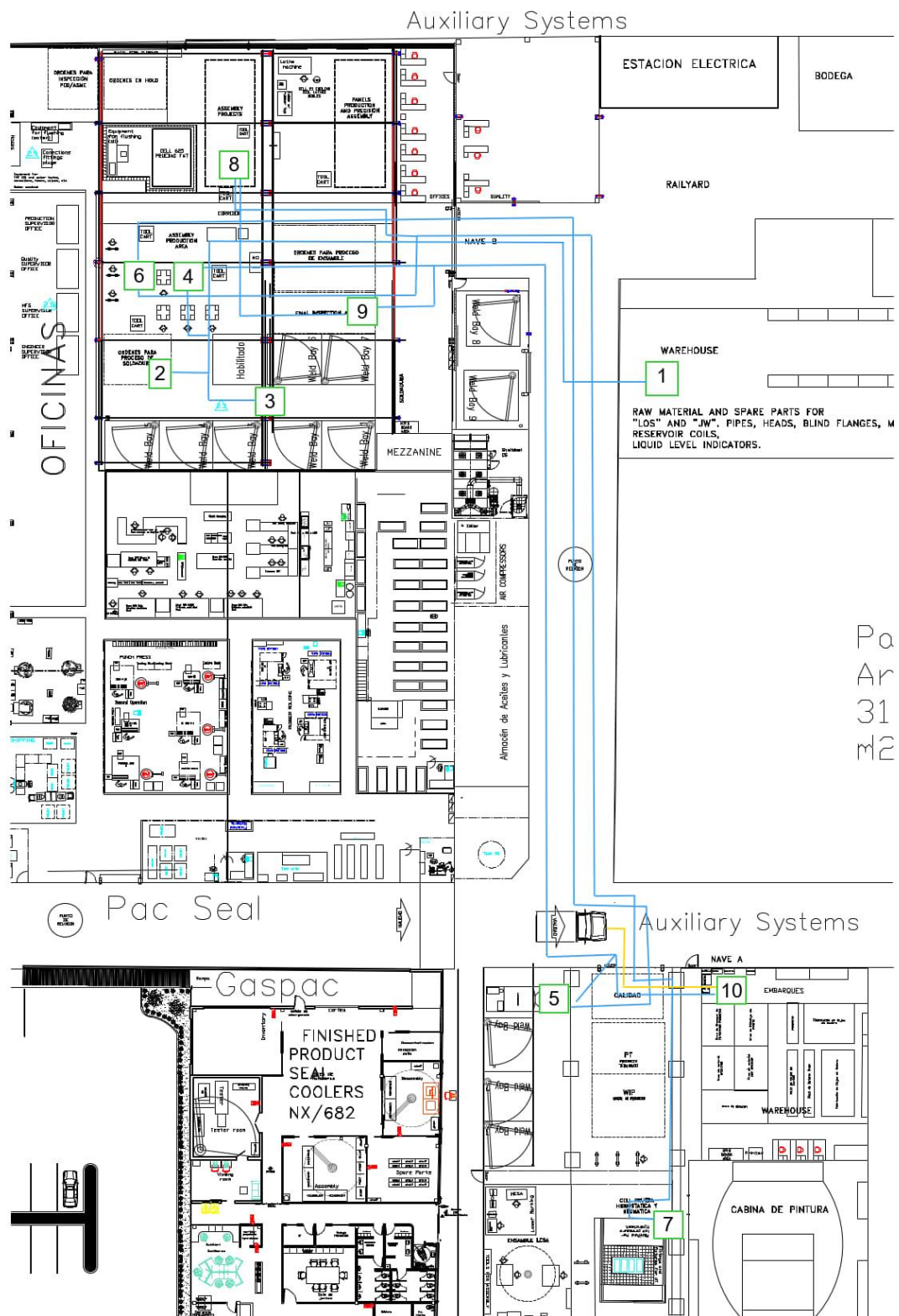


Figura 61 Diagrama de recorrido antes de los cambios programados, flujo común del producto con soldadura.

Descripción:

1. Sale de almacén
2. Órdenes para proceso de soldadura
3. Soldadura
4. Ensamble
5. Sandblast
6. Segundo ensamble
7. Prueba hidrostática
8. Ensamble final
9. Área de inspección final
10. Embarque (Traslado a Nave A para salida)

Antes del rediseño, al pasar directo a soldadura, el proceso se realizaba de manera fragmentada entre estaciones de la nave principal y el anexo, obligando a trasladar componentes hacia otras áreas y generando interferencias en el proceso. En este caso se suma un paso más debido a que el producto necesita pasar a soldadura y de la misma forma se nota el recorrido largo de los mismos procesos que son sandblast y la prueba hidrostática.

DESPUES

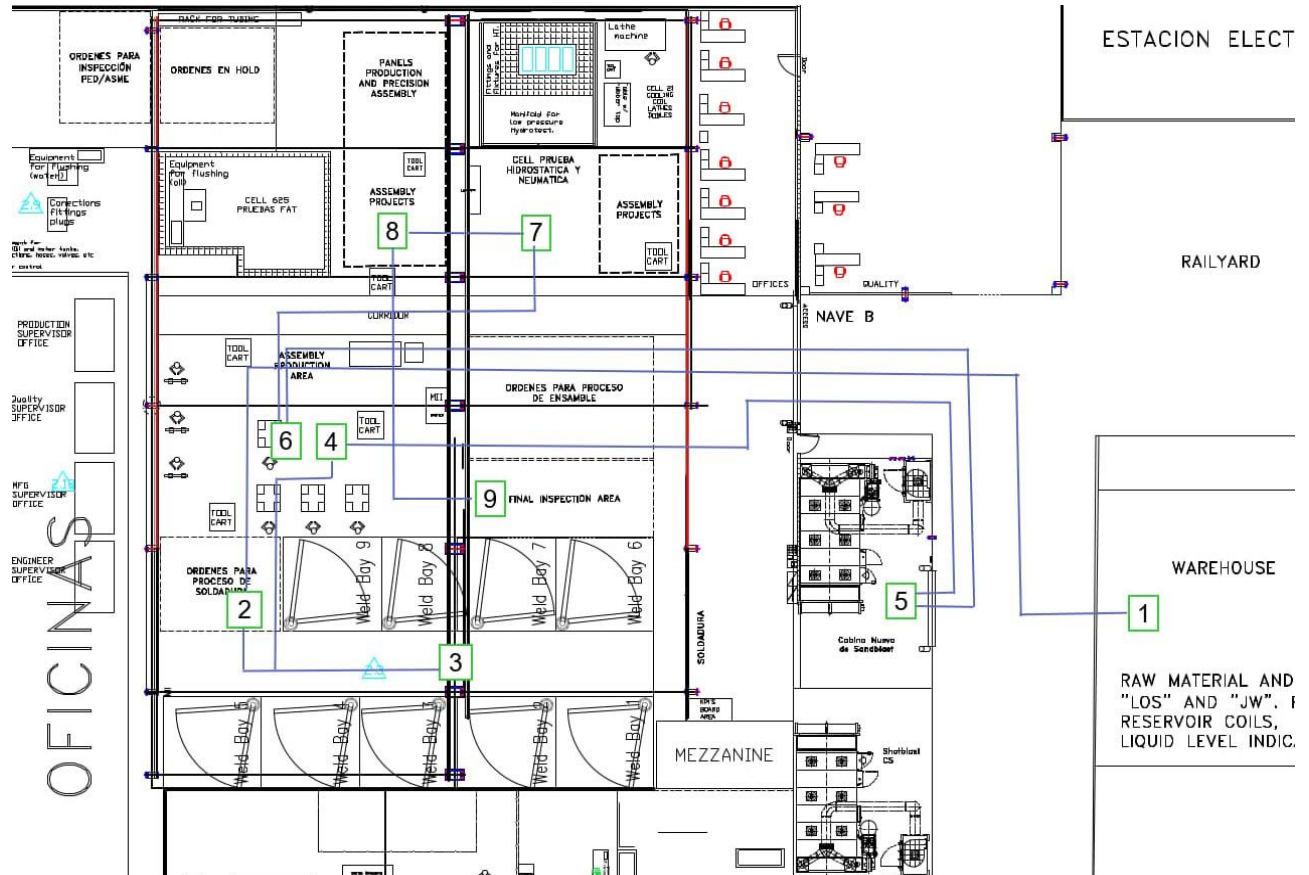


Figura 62 Diagrama de recorrido después de los cambios programados, flujo común del producto con soldadura.

Descripción:

1. Sale de almacén
2. Órdenes para proceso de soldadura
3. Soldadura
4. Ensamble
5. Sandblast
6. Segundo ensamble
7. Prueba hidrostática
8. Ensamble final
9. Área de inspección final
10. Embarque (Traslado a Nave A para salida)

Como se puede observar en la imagen, tras la alineación de las nueve estaciones, el producto avanza de manera progresiva sin desvíos. La soldadura, ensamble y pruebas están dentro de una ruta directa, lo que disminuye retrabajos y tiempos no productivos.

3.6.2 Cambios estructurales en Nave A

Esta fase se enfoca en los ajustes mayores realizados en la **Nave A**, orientados a optimizar el flujo de producción, mejorar la ergonomía de trabajo, integrar procesos complementarios dentro de una misma zona y fortalecer la seguridad operativa. Los cambios incluyen: la reorganización de estaciones de soldadura y habilitado, el desmantelamiento de la antigua cabina de Sandblast, la construcción de un nuevo búnker de pruebas, la reubicación del área de marcado láser y la ampliación del área de ensamble LCSA.

I. Reubicación de la estación de habilitado y organización de soldadura

La primera intervención consistió en reorganizar las tres estaciones de soldadura existentes y agregar una estación adicional proveniente de Nave B destinada al habilitado, con el objetivo de disponerlas en una distribución lineal continua. Esta alineación permite una transición más fluida entre actividades, reduce los tiempos de traslado entre estaciones y favorece una secuencia lógica del proceso productivo.

La incorporación de la estación de habilitado en la Nave A fue viable debido al espacio liberado tras el retiro de la antigua cabina de Sandblast. Además, su ubicación estratégica junto al área de soldadura facilita la atención inmediata de componentes requeridos por los soldadores, lo que reduce esperas y refuerza la colaboración entre operaciones.

Resultados esperados

- Reducción del tiempo de desplazamiento entre habilitado–soldadura–ensamble.
- Flujo lineal del proceso, disminuyendo tiempos muertos.
- Mayor ergonomía operativa, al tener estaciones conectadas entre sí.
- Simplificación de la supervisión y administración del personal.

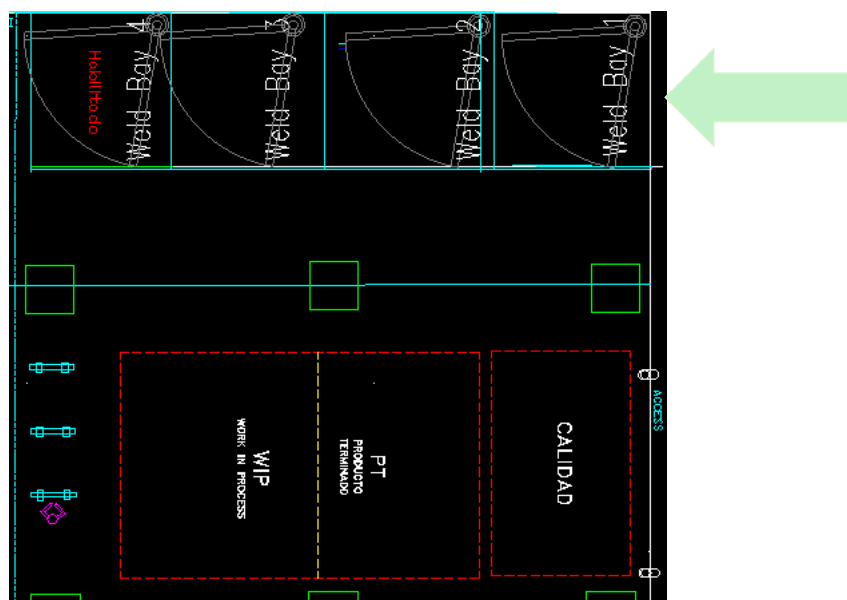


Figura 63 Dibujo reubicación de la estación de habilitado y organización de soldadura

II. Desmantelamiento de la cabina antigua de sandblast

La cabina de sandblast instalada en Nave A representa actualmente uno de los principales focos de ineficiencia y riesgo. Su diseño obsoleto provoca condiciones inseguras de trabajo, mala ergonomía para el operador y un manejo ineficiente de las partículas y residuos. Además, el proceso genera un elevado nivel de exposición a polvo abrasivo, dificulta la contención y requiere limpieza manual constante, incrementando los tiempos muertos y el desperdicio.

Problemas de la cabina:

- **Falta de ergonomía:** el operador debía manejar la pieza dentro de un espacio incómodo y con posturas forzadas.
- **Acumulación de rebaba:** el sistema no contaba con una adecuada succión ni extracción, lo que obligaba a retirar residuos con pala, generando esfuerzos físicos innecesarios y condiciones inseguras.
- **Baja eficiencia del proceso:** el material no siempre quedaba en las condiciones requeridas, afectando calidad y tiempos.
- **Riesgos por polvo suspendido,** afectando visibilidad y salud respiratoria.

En función de estos problemas, se determinó su **retiro definitivo** para habilitar el espacio necesario para la reorganización de estaciones y la instalación futura de un flujo productivo más seguro y moderno. La empresa ya aprobó la incorporación de una **nueva cabina de sandblast en Nave B**, equipada con sistemas de extracción, iluminación adecuada, ergonomía mejorada y mejores condiciones ambientales.

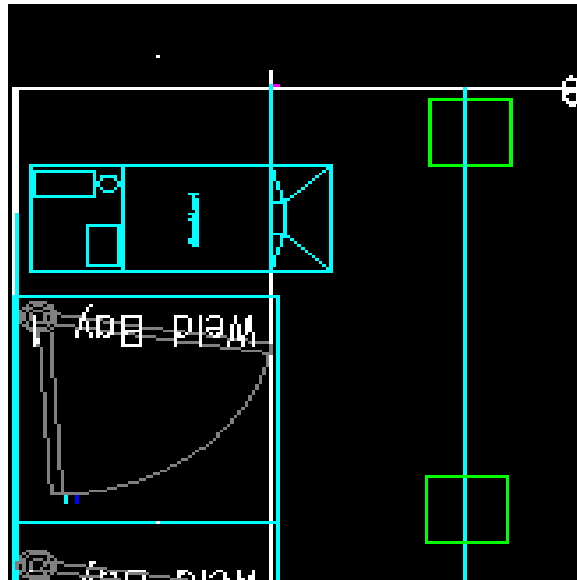
Ventajas del desmantelamiento y sustitución:

- Eliminación de un punto crítico de inseguridad.
- Reducción significativa de riesgos por partículas abrasivas.
- Liberación de espacio para redistribución productiva.
- Sustitución por un equipo más eficiente.

Resultados esperados:

- Mejora en la seguridad y salud del operador.
- Reducción de tiempos de limpieza y retrabajos.

- Procesos de acabado superficial más consistentes y controlados.



III. Construcción del nuevo Bunker de Pruebas (Bunker C)

Aunque será más pequeño que el original, el nuevo bunker tendrá las condiciones adecuadas para realizar pruebas controladas, seguras y con un flujo más eficiente, dado que estará ubicado directamente dentro de la línea del proceso en Nave A.

- Aprovechamiento óptimo del espacio disponible.
- Mejor cercanía con estaciones de soldadura y habilitado.
- Pruebas más rápidas y menor tiempo de espera entre operaciones.
- Adecuación a estándares de seguridad y aislamiento.

Resultados esperados:

- Disminución de tiempos de ciclo al integrar pruebas en el mismo entorno.
- Mayor control del producto probado y trazabilidad.
- Incremento en la productividad gracias a un proceso más compacto.

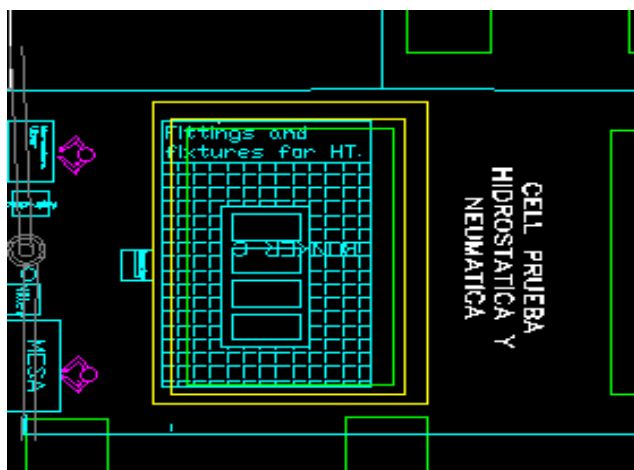


Figura 65 Dibujo nuevo Bunker de Pruebas (Bunker C).

IV. Reubicación del área de marcado láser

La celda de marcado láser será trasladada a la parte posterior del nuevo Bunker C. Esta reubicación permite reorganizar de manera lógica las etapas finales del proceso y da oportunidad a que se aproveche el espacio para la ampliación de ensamble.

Además, el nuevo espacio ofrece mejores condiciones para instalar equipo especializado, mantener orden y mejorar el flujo de producto terminando.

Ventajas del cambio:

- Proximidad a pruebas.
- Mayor seguridad y control del material terminado.
- Optimización del área, favoreciendo un flujo secuencial
- Mejor organización de instrumentos y accesorios.

Resultados esperados:

- Mayor organización del proceso.
- Eliminación de rutas innecesarias y cruces dentro de la nave.

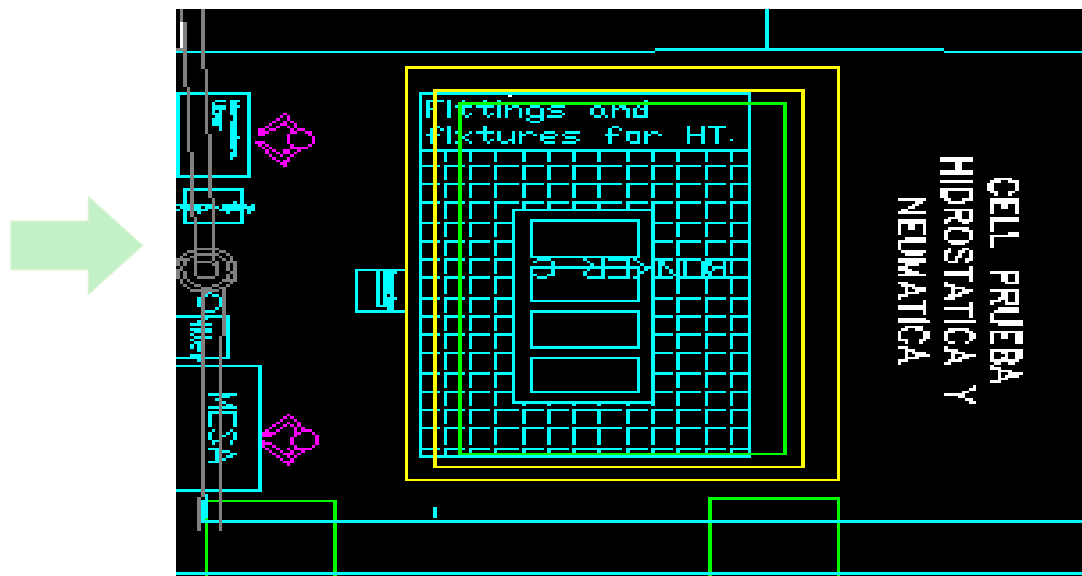


Figura 66 Dibujo reubicación del área de marcado láser.

V. Ampliación del área de ensamble LCSA

Una vez que el área de marcado láser quede reubicada, su espacio original será destinado a la **ampliación del área de ensamble LCSA**, que corresponde al ensamble de bajo costo o estándar.

Este ensamble requiere mayor superficie debido a la naturaleza de los productos, que pueden variar en geometría, dimensiones y volumen, lo que demanda áreas amplias para maniobras, preparación de herramientas y desplazamiento seguro.

La ampliación permite mejorar la ergonomía, reducir el hacinamiento y facilitar un flujo más ordenado del producto terminado.

Ventajas operativas:

- Mayor superficie para la manipulación segura de equipos.
- Flujo continuo desde pruebas y marcado hacia ensamble.
- Mejor acondicionamiento para productos de diferentes tamaños.
- Incremento del orden visual y almacenamiento temporal de WIP.

Resultados esperados:

- Reducción de retrabajos y errores por falta de espacio.
- Mejora en la velocidad de armado y acondicionamiento final.
- Incremento en la capacidad de producción en LCSA.

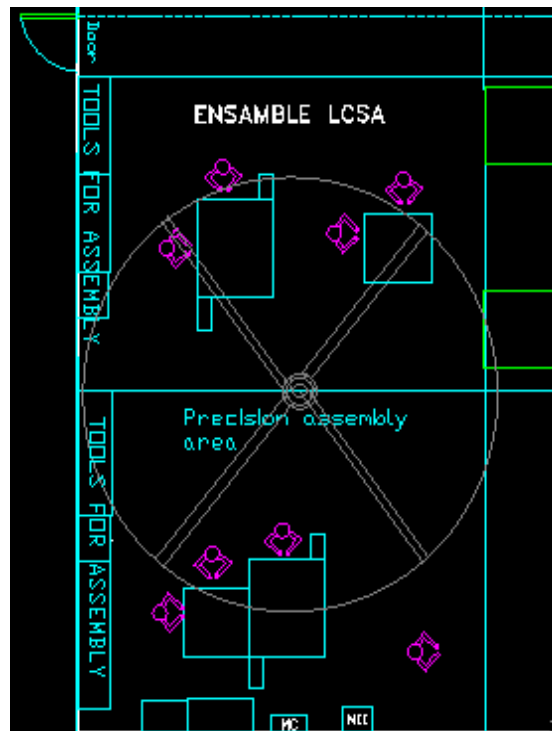


Figura 67 Ampliación del área de ensamble LCSA.

3.6.2.1 Comparación de layout “Nave A” antes y después de los movimientos mayores programados

LAYOUT ACTUAL



Figura 68 Layout actual Nave A.

LAYOUT FINAL CON CAMBIOS PROGRAMADOS



Figura 69 Layout final con cambios programados Nave A.

3.6.2.2 Diagrama de recorrido producto estándar

ANTES

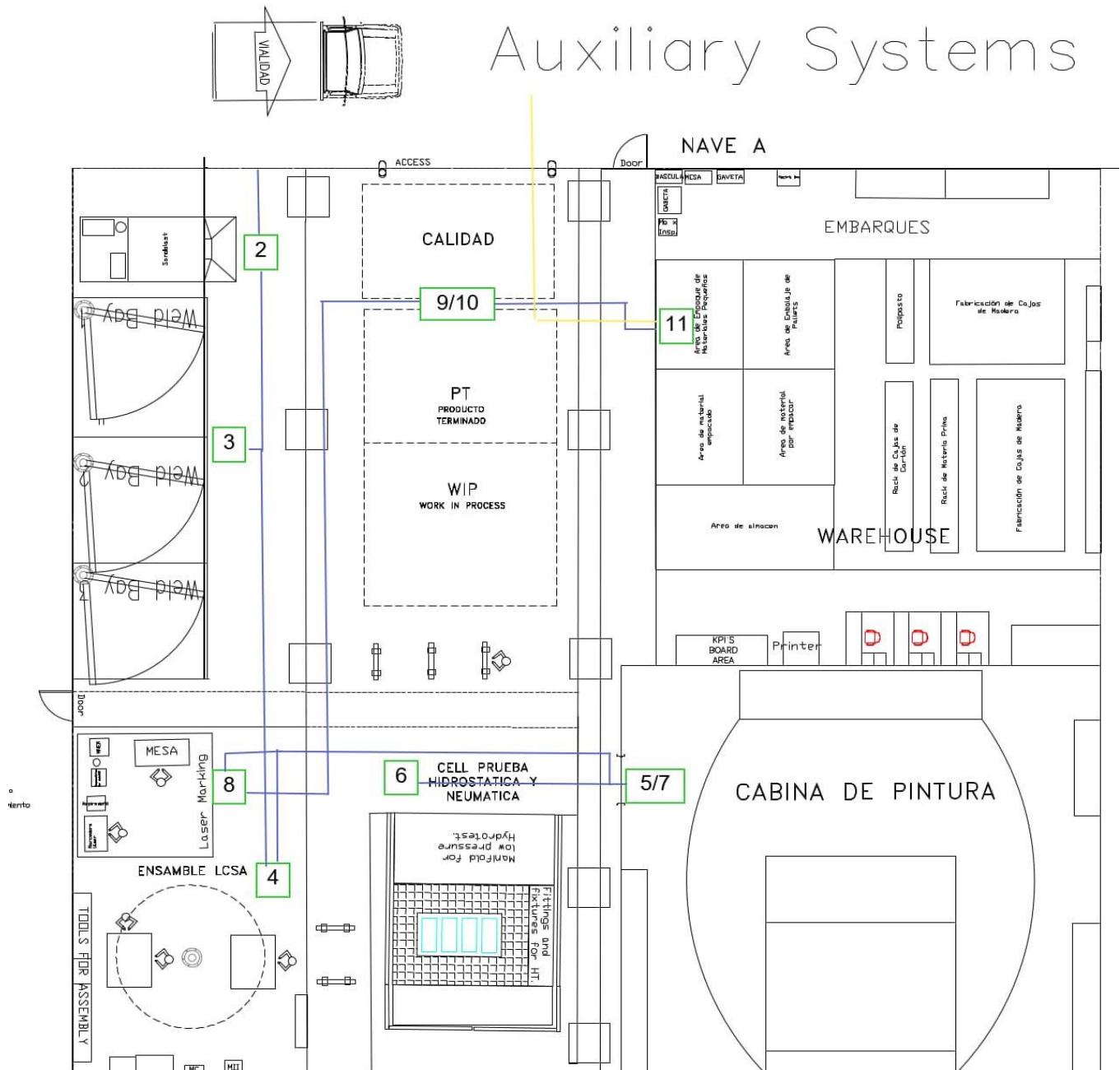


Figura 70 Diagrama de recorrido antes de los cambios programados, producto estándar.

Descripción:

1. Sale de almacén
2. Sandblast
3. Soldadura
4. Ensamble
5. Pintura
6. Prueba hidrostática
7. Curado
8. Marcado Laser
9. Área de inspección final
10. Embarque

Como se puede observar en esta Nave el flujo del proceso es continuo y lineal y se tiene una buena distribución, sin embargo, la principal limitación operativa se encontraba en la cabina de sandblast, cuyo bajo desempeño y diseño obsoleto generaban tiempos prolongados, esfuerzos adicionales para el operador y atrasos en la secuencia productiva, convirtiéndose en el principal punto crítico del proceso, ya que esta etapa se convertía en un cuello de botella que afectaba la eficiencia general.

DESPUES

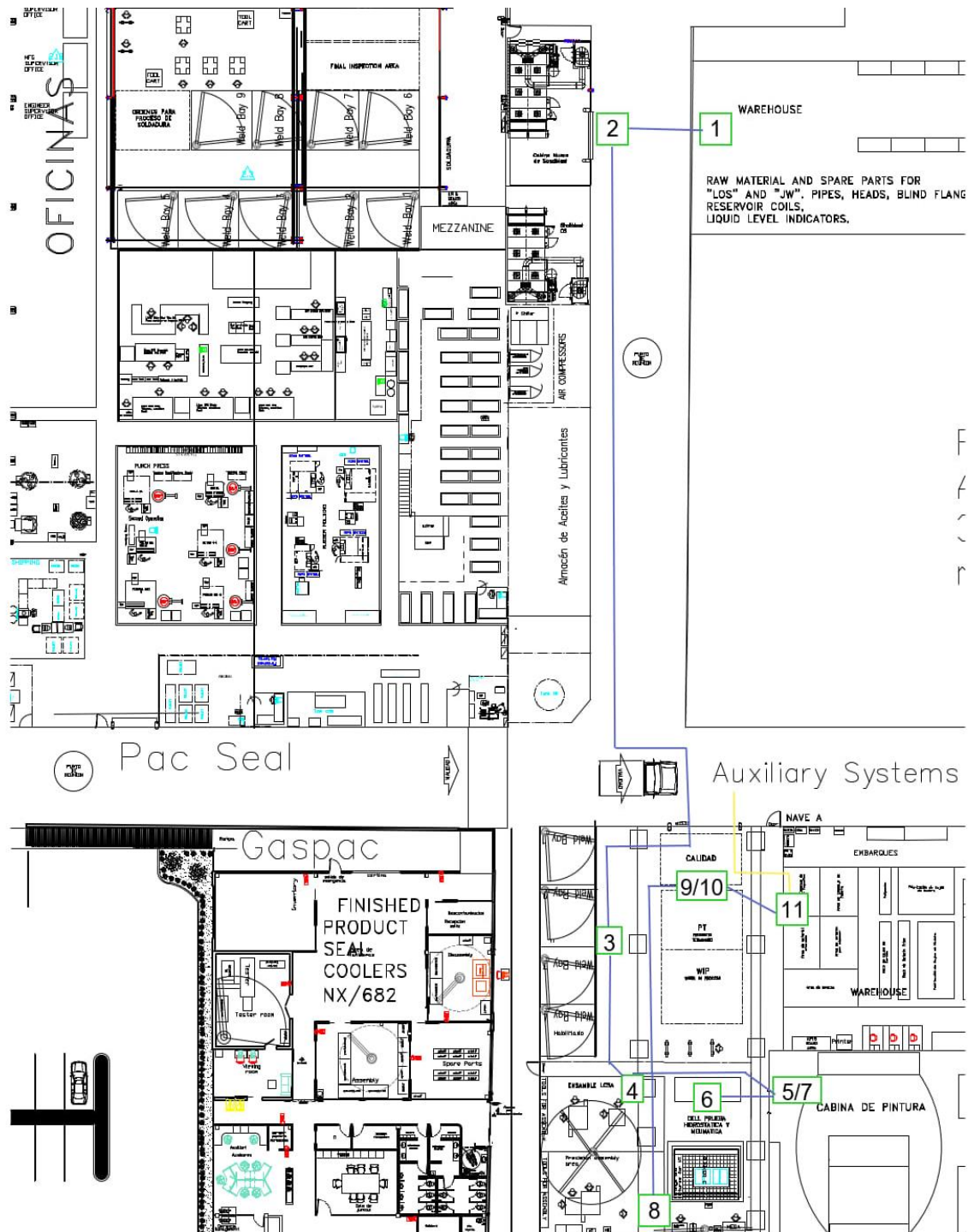


Figura 71 Diagrama de recorrido después de los cambios programados, producto estándar desde almacén.

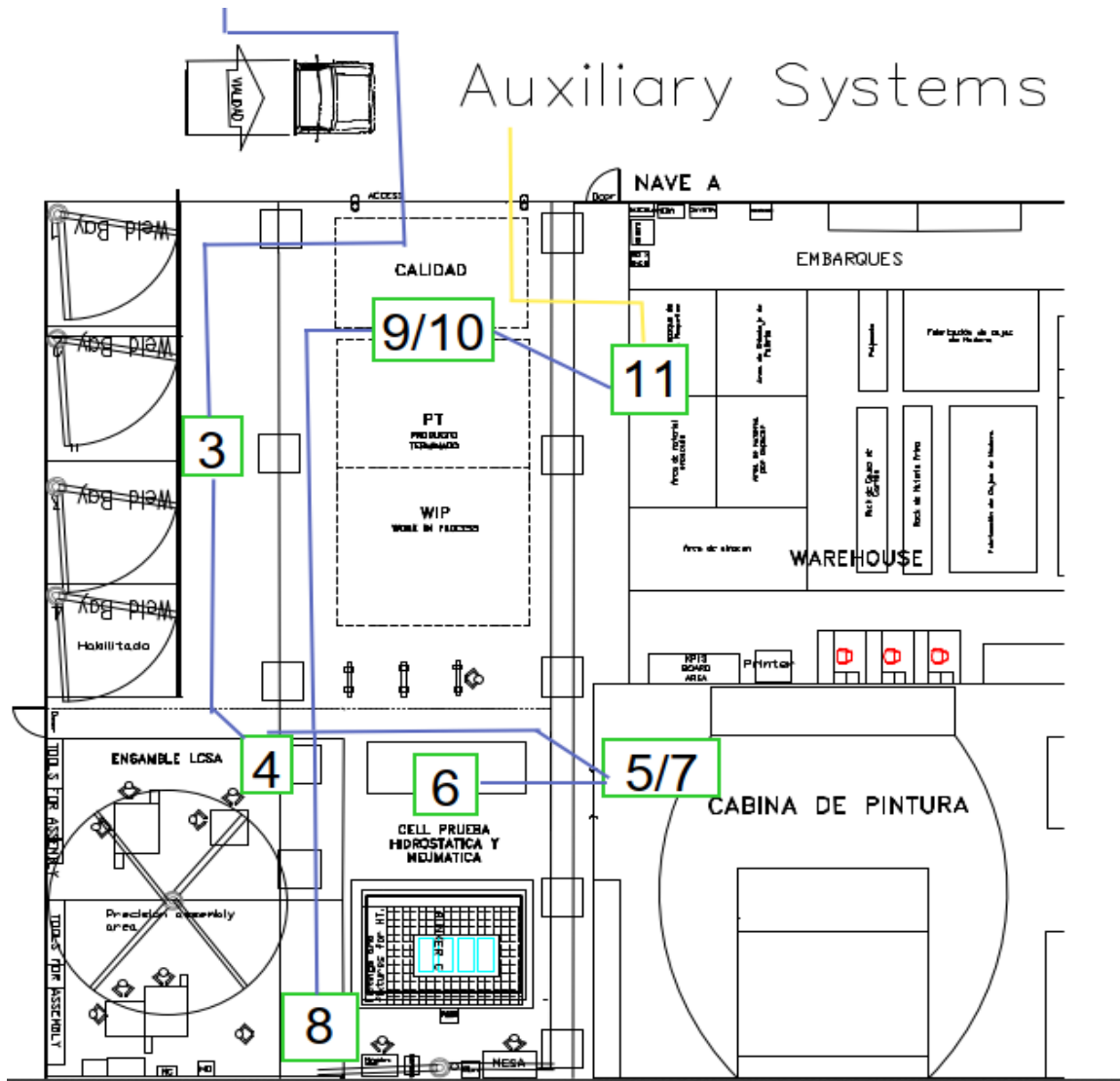


Figura 72 Diagrama de recorrido después de los cambios programados, producto estándar.

Con la reubicación de la nueva cabina de sandblast hacia Nave B y la reorganización interna de estaciones, Nave A conserva un flujo continuo, pero ahora libre del cuello de botella anterior, ya que se vuelve más ágil. La mejora se ve reflejada en tiempos significativamente menores, mayor limpieza del proceso y una operación más ergonómica. Además, la ampliación del área de ensamble LCSA y la reubicación del marcado láser fortalecen la capacidad operativa, permitiendo un acomodo más funcional que incrementa la eficiencia y productividad del área sin afectar el recorrido natural del material.

3.7 FASE 4: Implementación del tablero de gestión visual de producción

Como parte del desarrollo del proyecto, se implementó un **tablero de gestión visual** diseñado específicamente para el **control, planificación y seguimiento de las órdenes** de trabajo en las **estaciones de soldadura de la Nave B**. Esta herramienta surgió como una respuesta a la necesidad de mejorar la visibilidad del flujo de trabajo, reducir los tiempos de espera entre operaciones y mantener un control más preciso del avance real de producción.

El tablero consiste en una hoja de planificación semanal, donde se registra de forma visual y estandarizada la información clave de cada estación: número de orden de producción, operación, centro de trabajo, horas planeadas, horas ganadas, progreso acumulado y distribución horaria de las actividades. Cada estación cuenta con su propio formato, que es actualizado de manera diaria, permitiendo identificar de un solo vistazo el estatus de los proyectos en curso y su cumplimiento respecto al plan establecido.

El diseño del tablero está alineado con los principios de la gestión visual y del Lean Manufacturing, los cuales buscan que la información relevante del proceso sea visible, accesible y comprensible para todo el personal, sin necesidad de recurrir constantemente a reportes o consultas digitales. Esta metodología mejora la comunicación entre supervisores, ingenieros de manufactura y operadores, favoreciendo una **toma de decisiones más ágil y sustentada en datos reales de producción**.

Antes de su implementación, la planeación de las actividades en soldadura se llevaba a cabo de forma dispersa, con registros no estandarizados y comunicación limitada entre las celdas de trabajo. Esto generaba reprocesos, confusión en la asignación de órdenes y pérdida de tiempo al ubicar materiales o confirmar avances. Con la introducción del tablero visual, se logró centralizar toda la información operativa, facilitando el seguimiento de las cargas de trabajo, la verificación del cumplimiento diario y la asignación eficiente de recursos humanos y materiales.

El tablero también permitió vincular la planeación de producción con el layout mejorado del área, ya que su ubicación estratégica en piso permite que tanto supervisores como operadores visualicen el estatus de cada orden en tiempo real. Esto fomenta la responsabilidad compartida, la disciplina operativa y la participación activa del personal en el control de su propio desempeño.

Entre los principales beneficios obtenidos tras la implementación se destacan:

- **Reducción de tiempos improductivos** asociados a la búsqueda de órdenes o falta de información.
- **Mayor coordinación entre estaciones**, evitando interrupciones por falta de planeación o secuencia incorrecta.
- **Incremento en la trazabilidad y transparencia** del proceso, al mantener un registro visual actualizado de las órdenes en ejecución.
- **Apoyo al análisis de productividad**, mediante la comparación entre horas planeadas y horas ganadas.
- **Facilitación de la supervisión y control visual**, fortaleciendo la comunicación directa entre piso y administración.

Además, el tablero se integró como una herramienta de **seguimiento y mejora continua**, complementando la información del sistema digital de planeación con un medio físico visible en el entorno de trabajo. De esta forma, se alinea con la filosofía **Lean** y con el principio de **Gestión Visual (Visual Management)**, que busca hacer evidente el estado de cada proceso, detectar desviaciones y promover la acción inmediata para corregirlas.

En conclusión, la implementación del tablero de gestión visual para órdenes de soldadura representa un avance significativo en la organización, control y productividad del área de

Sistemas Auxiliares, consolidando un sistema de trabajo más claro, eficiente y enfocado en la mejora continua.

3.7.1 Diseño conceptual del tablero

El diseño del tablero comenzó analizando qué información era indispensable para mejorar la claridad del flujo productivo. Con base en ello, se estructuró un nuevo formato denominado “Hoja de Plan de Producción”, el cual reúne los elementos críticos para la gestión diaria de las estaciones.

El diseño siguió los principios Lean de Gestión Visual, cuyo objetivo es que cualquier colaborador pueda entender el estado del proceso “de un vistazo”. Por ello, el tablero se compone de secciones muy claras y diferenciadas:

a) Datos iniciales

- Nombre del operador
- Estación asignada
- Centro de trabajo (Indicando soldadura)
- Horas planeadas
- Fecha de inicio
- Fecha de termino

b) Información clave

La sección frontal del tablero de gestión visual concentró la información operativa esencial para el seguimiento de cada orden de producción asignada a las estaciones de soldadura. Esta parte funciona como el “resumen ejecutivo” del turno, permitiendo que cualquier persona supervisor, ingeniero, operador o auditor entienda **qué orden se está trabajando, cuánto avance presenta y cómo se comporta contra lo planeado**.

- Se indican los días de la semana
- Identificación de la orden de producción
- Operación
- Horas planificadas (planeación)
- Horas reales del turno
- Horas acumuladas
- Gap entre horas planeadas y reales

c) Progreso de orden

- Se registra cada progreso del operador: se debe de marcar el porcentaje que corresponda al avance que se lleve.

d) Registro horario en la parte posterior del tablero

La sección posterior del tablero cuenta con una cuadrícula horaria que va desde las 07:00 hasta las 23:00 horas. En esta matriz, cada cruz o marca realizada por el operador indica el momento exacto en que inició y/o terminó una operación dentro de la orden de producción asignada.

Este registro visual permite identificar con precisión:

✓ Hora de inicio de la orden u operación

El operador marca el punto exacto en la cuadrícula cuando comienza a trabajar en la orden. Esta información complementa las horas planeadas y permite validar el uso real del tiempo productivo.

✓ Hora de término o pausa de la operación

Al finalizar la actividad ya sea corte, tack, alineación, soldadura o cualquier etapa del proceso se marca nuevamente la cuadrícula. Si la operación se interrumpe por falta de material, inspección, cambio de prioridad o cualquier contingencia, también se registra con una marca de pausa.

✓ Duración real del trabajo en tiempo visible

Al observar las marcas dentro de la línea de tiempo, el supervisor puede identificar de forma inmediata cuánto tiempo tomó realmente la operación, si hubo tiempos muertos y cómo se distribuyó el esfuerzo durante la jornada.

✓ Trazabilidad del turno y evidencia del progreso diario

Este formato funciona como una bitácora rápida y precisa del día, permitiendo tener evidencia visual del desempeño sin necesidad de abrir un sistema digital.

e) Responsables y control

- Supervisor que valida
- Observaciones relevantes (falta de material, retrabajos, calidad, cambios de prioridad)

Este formato se diseñó inicialmente en Excel, pero su versión física se presenta en hojas plastificadas montadas en un panel visible en el área de trabajo, lo que permite su actualización diaria, el operador utiliza un plumón adecuado para su llenado.

3.7.2 Proceso de diseño y aprobación del tablero

La construcción del tablero incluyó:

1. Revisión de necesidades operativas

Reuniones con planeación, supervisión y soldadores para identificar qué información era indispensable y qué datos causaban confusión o falta de control.

2. Desarrollo de un prototipo

Se generaron los primeros modelos del tablero, probando diferentes estructuras, colores, tamaños de tabla, tipo de campos y orden de la información.

3. Validación con supervisores

El formato se presentó, se realizaron ajustes respecto a:

- Cómo registrar actividades
- Manejo de horas planeadas vs horas reales
- Distribución del espacio visual
- Criterios para actualizar estatus

4. Aprobación final

El gerente de planta autorizó el uso del tablero como herramienta oficial de seguimiento de órdenes para el área de Sistemas Auxiliares.

3.7.3 Descripción completa del funcionamiento del tablero

El tablero opera bajo una rutina estandarizada que garantiza la disciplina operativa:

1. Inicio del turno

Planeación para la información correspondiente a supervisión sobre las órdenes activas con horas planeadas y prioridad.

2. Durante el turno

Cada soldador registra:

- Horas trabajadas,
- Problemas encontrados (falta de material, retrabajo, inspección, etc.).

3. Cierre del turno

Se actualizan:

- Horas acumuladas
- % de avance
- Gap entre lo planeado y lo real
- Observaciones

4. Validación del supervisor

El supervisor verifica la información, reasigna prioridades y registra cualquier cambio en el flujo.

5. Revisión semanal

Planeación, ingeniería de manufactura, calidad y supervisión analizan:

- Cargas de trabajo
- Órdenes atrasadas
- Consumo real de horas
- Estaciones saturadas
- Causas de retraso

El tablero funciona como un **punto central de información** que vincula la planeación digital con la operación real en piso.

3.7.4 Implementación del tablero en planta

La implementación se planeó en tres etapas:

Etapla 1. Prueba piloto

- Uso en 2 estaciones de soldadura.
- Registro diario de desempeño.
- Retroalimentación directa de operadores y supervisores.

Etapla 2. Ajustes al formato (en el caso de requerirlos)

- Mejora en registro de horas.
- Optimización de espacios.

Etapla 3. Implementación total

- Instalación en las nueve estaciones de la Nave B + habilitado.
- Instalación en las tres estaciones de soldadura de la Nave A.
- Integración con almacén para el aviso de surtido.
- Integración con calidad para inspecciones ASME/PED.
- Integración con layout para ubicación estratégica del tablero.

La implementación del tablero de gestión visual representó un elemento clave dentro del proyecto integral de optimización. No solo mejora el control operativo y la disciplina visual, sino que conecta directamente los cambios del layout con un sistema de seguimiento que garantiza que la productividad continúe aumentando y que la planta mantenga un flujo ordenado y medible.

El tablero se consolida, así como una herramienta estratégica para:

- Mejorar el desempeño
- Fortalecer la organización del taller
- Promover la toma de decisiones basada en datos
- Impulsar una cultura de mejora continua

CAPITULO IV. RESULTADOS

El desarrollo del proyecto de optimización del área de Sistemas Auxiliares en la planta Flowserve Tlaxcala permitió obtener resultados significativos en materia de organización, eficiencia operativa, visibilidad del proceso y productividad. Los resultados alcanzados se derivan directamente de las acciones ejecutadas durante las fases del proyecto, las cuales estuvieron alineadas con el objetivo general: incrementar la productividad mediante la reducción de tiempos no productivos, la mejora del flujo operacional y la implementación de herramientas de control visual.

Los resultados se presentan de manera integral, agrupados conforme a los ejes de impacto del proyecto: organización y control del espacio físico, eficiencia operacional y mejora del flujo, optimización del proceso productivo, fortalecimiento de la planeación y seguimiento de la producción, y finalmente consolidación de sistemas de gestión visual.

4.1 Mejoras logradas en el orden, delimitación y estandarización del espacio

La delimitación física y visual de todas las áreas de trabajo representó el primer resultado concreto del proyecto. Se logró:

- Organización visual total de ambas naves.
- Rutas peatonales y de montacargas claramente definidas.
- Identificación estandarizada de áreas operativas, almacenamiento, scrap, circulación y seguridad.

- Eliminación de puntos muertos y zonas sin control visual.

Estas acciones mejoraron el ambiente de trabajo, redujeron tiempos de desplazamiento y permitieron que el layout sirviera como base para los cambios estructurales implementados posteriormente.

Efectos de la delimitación y ordenamiento de áreas

Aspecto evaluado	Antes de la delimitación	Después de la delimitación
Identificación de áreas	No existían límites claros; áreas solapadas.	Áreas delimitadas con pintura, señalización y nomenclaturas.
Flujo de materiales	Flujo confuso, interrupciones y recorridos innecesarios.	Flujo continuo y visible en ambas naves.
Orden y limpieza	Acumulación de materiales y objetos fuera de lugar.	Aplicación de 5S, áreas limpias y libres de obstrucciones.
Seguridad operativa	Riesgos por materiales en pasillos y zonas de paso.	Zonas de tránsito claras, reducción de riesgos.
Tiempos de búsqueda	Altos por falta de organización.	Reducción significativa en tiempos de localización y entrega.

Tabla 4 Efectos de la delimitación y ordenamiento de áreas.

4.2 Optimización del flujo productivo a partir de los cambios estructurales del layout

En la fase 2 se realizaron todos los estudios técnicos, análisis, validaciones, pruebas de factibilidad y desarrollo del layout final para ambas naves. Aunque la ejecución física iniciará en febrero 2026, se completaron:

- El levantamiento actualizado del layout real de planta (DraftSight).
- El diseño del layout optimizado posterior a delimitación.
- El diseño del layout con los **cambios mayores programados**.
- El análisis de flujo, recorrido, ergonomía, seguridad y eficiencia.
- El desarrollo de *Deltas*, minutas, aprobaciones y presupuesto.
- La autorización de inversión (Capex) por parte de la empresa.
- Calendario de ejecución alineado con la llegada de la nueva cabina de Sandblast en **febrero 2026**.

El retraso en la ejecución se debió a la alta carga de proyectos en 2025, temas administrativos y disponibilidad del proveedor de la cabina; no obstante, toda la planeación y diseño quedó concluido, aprobado y programado, permitiendo que el arranque de los trabajos comience sin contratiempos.

Los cambios estructurales programados en ambas naves permiten mejorar el flujo de materiales y reducir la fragmentación de procesos. Entre los logros esperados principales destacan:

Nave B

- Reubicación estratégica de estaciones de soldadura.
- Reducción de interrupciones y cruces entre rutas.
- Integración de procesos secuenciales en un corredor lineal y continuo.
- Disminución significativa de desplazamientos innecesarios.

Nave A

- Sustitución de la cabina de sandblast por un equipo más eficiente y con una nueva ubicación funcional.
- Reducción drástica del tiempo total de sandblast, lo cual compensa la mayor distancia física respecto a su ubicación anterior.
- Ampliación del área de ensamble, aumentando la capacidad operativa y facilitando el flujo.
- Consolidación de un flujo continuo desde que salen de almacén.

Nave	Cambio estructural	Descripción del cambio	Impacto esperado
Nave A	Sustitución y reubicación de cabina de sandblast	Nueva cabina externa, más eficiente y con menor tiempo de operación.	Reducción de tiempos de proceso y mejora del flujo.
	Ampliación del área de ensamble	Expansión para aumentar capacidad y facilitar maniobras.	Mayor productividad y manejo de proyectos grandes.
Nave B	Reubicación de celdas de soldadura	Agrupación lógica por proceso y prioridad.	Reducción de recorridos y mayor continuidad operativa.
	Acomodación del área de habilitado	Cercanía estratégica con soldadura.	Menores esperas entre etapas.
	Ordenamiento y centralización de materiales	Área más accesible y con mejor flujo hacia estaciones.	Reducción de tiempos improductivos.

Tabla 5 Resumen de modificaciones estructurales.

4.2.1 Resultados en eficiencia del flujo y reducción de tiempos

Los diagramas de recorrido antes-después evidencian una reducción considerable de distancias y movimientos innecesarios.

Entre los resultados más relevantes destacan:

- Eliminación de traslados externos entre P52 y las naves principales.
- Reducción del recorrido promedio del producto en soldadura (Nave B) al conectar procesos consecutivos en un mismo flujo.
- Menor manipulación del producto y disminución del riesgo de daño.
- Disminución de tiempos de espera entre procesos.
- Con la nueva cabina de sandblast, los tiempos de preparación disminuyen de forma sustancial gracias a la eficiencia del equipo nuevo, lo cual resulta crítico para el cumplimiento de lead times.

4.2.2 Layout actual y programado Sistemas Auxiliares

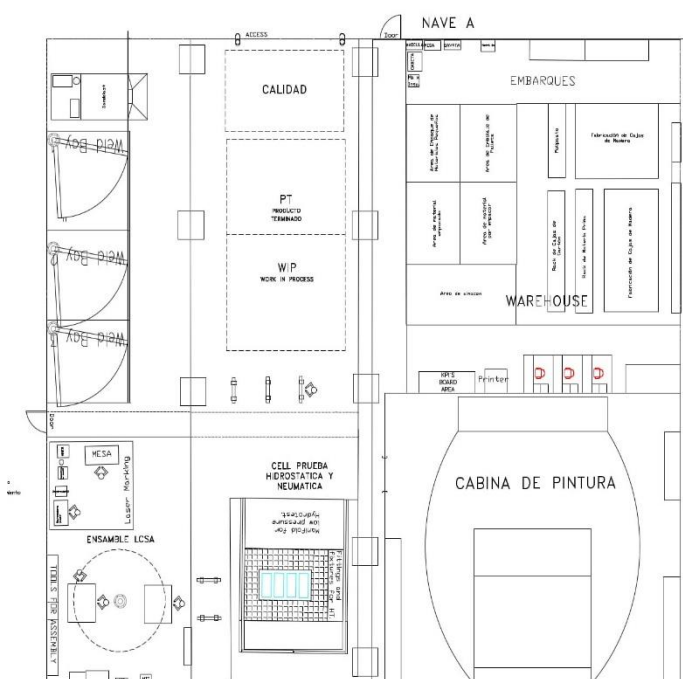


Figura 75 Layout actual Nave A Sistemas Auxiliares.

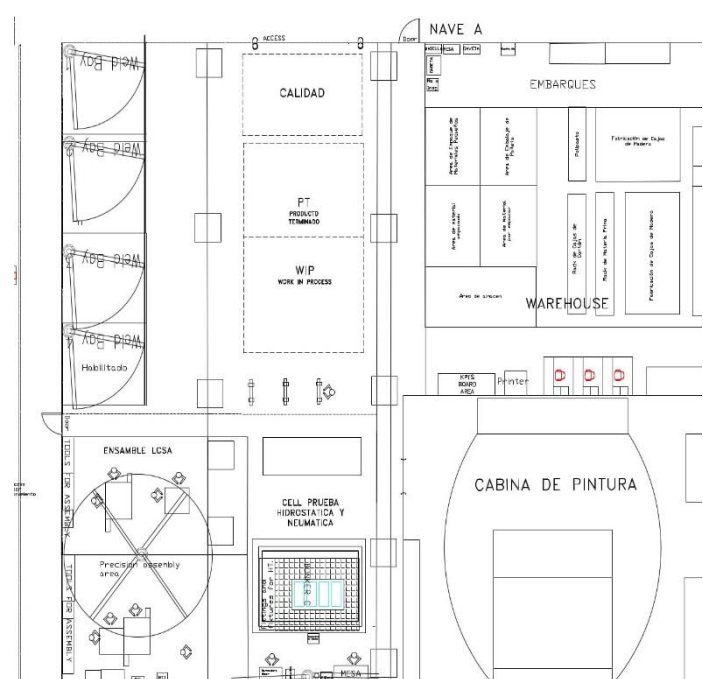


Figura 76 Layout programado Nave A Sistemas Auxiliares.

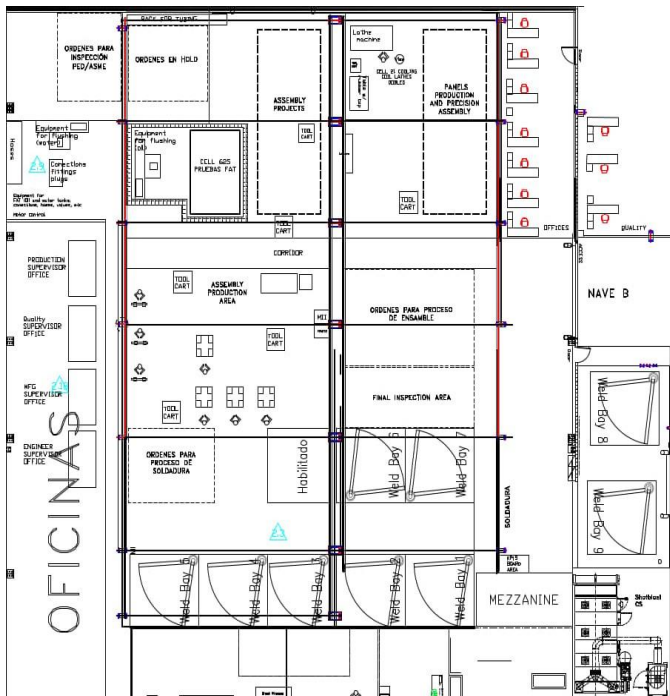


Figura 78 Layout actual Nave B Sistemas Auxiliares.

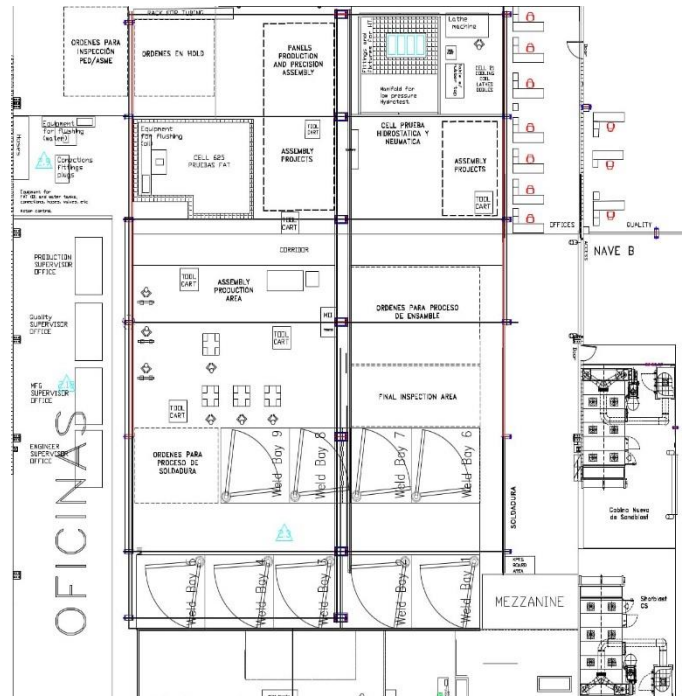


Figura 77 Layout programado Nave B Sistemas Auxiliares.

4.3 Implementación del tablero de gestión visual y efectos inmediatos en el control operativo

La puesta en marcha del tablero de gestión visual generó resultados inmediatos en términos de organización, comunicación y monitoreo del avance real de producción:

- Visibilidad total del estado de las órdenes de producción.
- Control diario y acumulado de horas planeadas vs. horas reales.
- Disminución del tiempo perdido buscando órdenes, estatus o prioridades.
- Mayor alineación entre supervisión, soldadores, calidad y planeación.
- Mejor toma de decisiones basada en información diaria y verificable.

La herramienta se consolidó como un punto central de control en piso, integrando la operación con el nuevo layout y fortaleciendo la disciplina visual bajo principios Lean.

4.4 Evidencia cuantitativa: análisis de productividad

En Flowserve, el monitoreo y control de los indicadores operativos se realiza mediante el sistema **MII** (Manufacturing Integration and Intelligence), una plataforma corporativa diseñada para integrar la información proveniente de producción, calidad, tiempos, mano de obra y datos de ejecución en planta. MII actúa como un puente entre los registros generados en piso (horas productivas, horas pagadas, actividades indirectas, paros, retrabajos, entre otros) y los sistemas administrativos superiores, permitiendo obtener indicadores confiables de manera automatizada y en tiempo real. Gracias a esta herramienta, la planta puede visualizar KPIs clave como Labor Utilization, Labor Efficiency, Labor Productivity, así como el porcentaje de Horas Ganadas vs. Horas Pagadas, lo que facilita identificar desviaciones, analizar tendencias mensuales y evaluar el desempeño de cada área operativa.

En el caso de Planta 72 “Sistemas Auxiliares”, MII constituye la base para el análisis cuantitativo del proyecto, ya que proporciona los datos oficiales que reflejan el comportamiento real de productividad durante los meses evaluados, asegurando objetividad y trazabilidad en los resultados obtenidos.

4.4.1 Comportamiento de KPIs clave

Para los fines del proyecto, se seleccionaron los siguientes indicadores:

- **Labor Efficiency (%)**
- **Labor Utilization (%)**
- **Labor Productivity (%)**
- **Earned Hours vs. Paid Hours (%)**
- **Horas pagadas, horas ganadas y horas no ganadas**

Estos KPIs permiten evaluar la situación operativa real del área y constituyen una referencia objetiva para medir los impactos esperados cuando la reorganización del layout y la llegada de la nueva cabina de Sandblast entren en operación en 2026.

I. Utilización de la mano de obra (Utilization)

Mide el porcentaje del tiempo en que el recurso (soldador, ensamble, cabina, estación) estuvo **realmente trabajando** respecto al tiempo total disponible.

Mes	Labor Utilization (%)
Julio	90%
Agosto	92%
Septiembre	94%
Octubre	94%
Noviembre	92%

Tabla 6 Porcentaje Labor Utilization.

Interpretación

- La utilización se mantuvo estable y dentro del estándar corporativo (90–95%).
- La delimitación de áreas en Naves A y B redujo tiempos improductivos relacionados con búsqueda de materiales y ubicación de órdenes.
- En noviembre, pese a aumento de cargas indirectas por fin de año, el indicador se conserva en **92%**, mostrando control operacional.

II. Eficiencia de trabajo (Efficiency)

Mide qué tan rápido se ejecuta una tarea en comparación con el estándar definido por ingeniería o manufactura.

Permite evaluar el impacto de los cambios en estaciones, secuencia de trabajo y reorganización del layout.

Mes	Labor Efficiency (%)
Julio	98%
Agosto	99%
Septiembre	99%
Octubre	99%
Noviembre	98%

Tabla 7 Labor Efficiency.

Interpretación

- La eficiencia se mantiene casi perfecta a lo largo del periodo.
- Esto confirma que **el desempeño del personal no es el problema principal**, sino el **layout, los desplazamientos y los cuellos de botella**, especialmente la cabina actual de Sandblast.
- Al eliminar esos elementos mediante los cambios estructurales, se espera que productividad y utilización aumenten sin necesidad de incrementar mano de obra.

III. Productividad (Productivity)

Es un indicador integral que combina utilización y eficiencia para medir la contribución real del área al cumplimiento de metas productivas.

Relevancia: **KPI principal del proyecto**; permite evaluar si las mejoras reducen desperdicios y aumentan valor agregado.

Mes	Labor Productivity (%)
Julio	90%
Agosto	94%
Septiembre	90%
Octubre	93%
Noviembre	91%

Tabla 8 Pocentaje Labor Productivity.

Interpretación

- El promedio del periodo es **91.6%**, que se encuentra por debajo de la meta corporativa del **95%**.
- A pesar de que el flujo de trabajo aún opera bajo el layout antiguo, la fase de delimitación de áreas permitió estabilizar la productividad en un rango alto, evitando caídas por desorden operacional.
- La llegada e instalación de la nueva cabina en 2026 proyecta un incremento directo al eliminar el cuello de botella actual del proceso de sandblast.

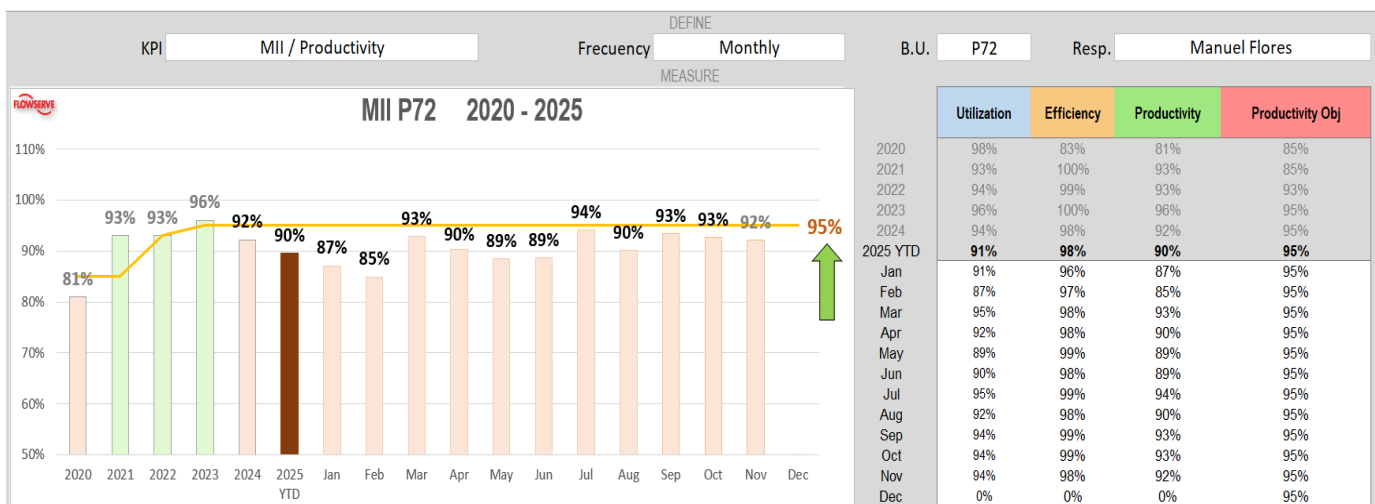


Figura 79 Dashboard MII P72 SA 2025, productividad.

IV. Horas planificadas vs. horas reales

Se integran como KPI operativo del área, permite medir disciplina operativa, carga real de trabajo y desviaciones.

Este indicador muestra cuánto tiempo productivo real se generó respecto a las horas pagadas.

Mes	Earned Hours	Paid Hours	% Earned / Paid	Horas no ganadas
Julio	3,688	6,459	57%	2,771
Agosto	3,467	6,443	54%	2,976
Septiembre	4,230	6,079	70%	1,849
Octubre	5,228	7,241	72%	2,013

Tabla 9 Horas planificadas vs. horas reales.

Interpretación

- De julio a agosto, el indicador mostró bajos niveles por problemas operativos y distribución del flujo.
- La delimitación de áreas implementada en septiembre coincide con un aumento notable al 70%.
- Octubre mantiene un 72%, confirmando estabilización del proceso.

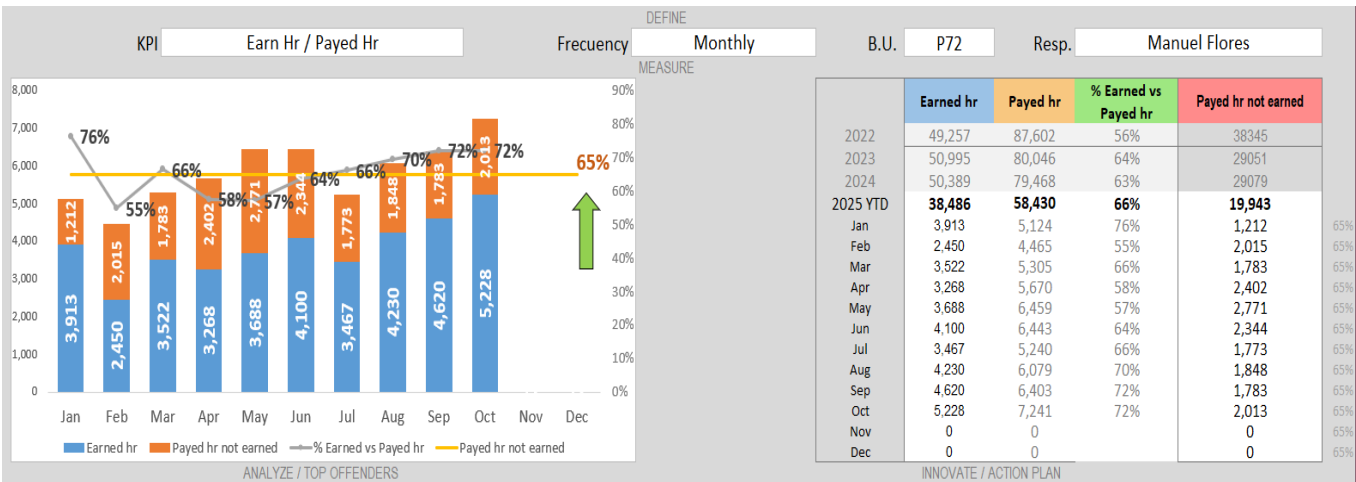


Figura 80 Dashboard MII P72 SA 2025, Earn Hr/ Payed Hr.

✓ **Horas operativas complementarias del sistema MII**

En la tabla también se muestran:

- Logged In Hours
- Break Hours
- Available Hours
- Productive Hours
- Indirect Hours
- Setup Hours
- NPT Hours (no productivas)
- Rework Hours
- Idle Hours

Estas variables permiten identificar las causas específicas que afectan productividad.

PLANT	Platform	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	YTD
Tlaxcala 72	Logged In Hours	4,543	2,965	3,924	3,767	4,370	4,832	3,892	4,867	5,191	5,921.77			44,271
	Break Hours	253	180	245	232	256	305	236	262	299	347.96			2,616
	Available Hours	4,289	2,784	3,679	3,534	4,114	4,528	3,656	4,605	4,891	5,573.81			41,654
	Productive Hours	3,913	2,450	3,522	3,268	3,688	4,100	3,467	4,230	4,620	5,228.36			38,486
	Indirect Hours													0
	Setup Hours				0									0
	NPT Hours	236	215	81	84	64	90	53	102	64	88.45			1,076
	Rework Hours	54	41	14	113	267	281	76	203	151	172.66			1,372
	Idle Hours	87	79	65	69	91	60	66	75	62	93.73			748
	Labor Utilization	91%	87%	95%	92%	89%	90%	95%	92%	94%	94%			92%
	Routed Hours	3,477	2,483	2,821	3,114	3,961	4,077	3,449	3,627	4,694	5,490.88			37,195
	Actual Hours	3,615	2,550	2,886	3,170	4,004	4,163	3,487	3,699	4,748	5,555.30			37,877
	Labor Efficiency	96%	97%	98%	98%	99%	98%	99%	98%	99%	99%			98%
	Labor Productivity	87%	85%	93%	90%	89%	89%	94%	90%	93%	93%	0%	0%	91%
	Horas Pagadas	5,124	4,465	5,305	5,670	6,459	6,443	5,240	6,079	6,403	7,241	0	0	58,430
	% Hrs Ganadas vs Pagadas	76%	55%	66%	58%	57%	64%	66%	70%	72%	72%	#DIV/0!	#DIV/0!	66%

Figura 81 Detalles MII P72 SA 2025.

MONTH

November 2025

DATE

11/1/2025

11/30/2025

SUB AREA

All

COST CENTER

Multiple selections

SUB AREA BREAKDOWN

Platform	Logged In Hours	Break Hours	Available Hours	Productive Hours	Indirect Hours	Setup Hours	NPT Hours	Rework Hours	Idle Hours	Labor Utilization	Routed Hours	Actual Hours	Labor Efficiency	Labor Productivity
☐ AMSS	3,276.18	198.48	3,077.7	2,892.7			57.22	77.68	52.61	94%	3,335.28	3,404.34	98%	92%
☐ NSAM	3,276.18	198.48	3,077.7	2,892.7			57.22	77.68	52.61	94%	3,335.28	3,404.34	98%	92%
☐ Tlaxcala	3,276.18	198.48	3,077.7	2,892.7			57.22	77.68	52.61	94%	3,335.28	3,404.34	98%	92%
☐ WELDING	1,499.55	102.48	1,397.1	1,325.3			20.23	38.19	13.50	95%	1,370.93	1,397.89	98%	93%
☐ ASSEMBLY	1,481.63	74.34	1,407.3	1,322.5			35.54	20.16	31.48	94%	1,158.15	1,180.56	98%	92%
☐ PAINTING	295.01	21.66	273.3	244.9			1.45	19.33	7.63	90%	344.15	342.74	100%	90%
☐ MACHINING											158.29	162.24	98%	
☐ TESTING											303.76	320.90	95%	
Total	3,276.18	198.48	3,077.7	2,892.7			57.22	77.68	52.61	94%	3,335.28	3,404.34	98%	92%

Figura 82 Detalles MII P72 SA, noviembre 2025.

4.5.2 Interpretación general de los resultados a partir de los indicadores de desempeño

El análisis global permite identificar varios puntos clave:

I. La planta ya opera con alta eficiencia antes del rediseño de layout

Con valores superiores al 90% en eficiencia y utilización, se demuestra que el personal funciona con un nivel de ejecución sólido. Esto es un buen punto de partida para los cambios estructurales que se implementarán el próximo año.

II. La delimitación de áreas (fase 1) ya generó impacto medible

La mejora del indicador **% horas ganadas vs. pagadas**, que aumentó de 64% en julio a 72% en octubre, refleja que eliminar pérdidas por búsqueda de material, falta de orden o confusión en la asignación de órdenes **sí generó beneficios inmediatos**.

III. Los cambios mayores del layout incrementarán aún más la productividad

Aunque los grandes cambios físicos (fase 3) comenzarán en 2026, los datos muestran que:

- La cabina nueva de Sandblast reducirá drásticamente los tiempos respecto a la sandblasteadora.
- Reacomodos como la integración del bunker en la misma nave evitarán movimientos largos.
- La unificación del proceso facilitará cumplir o incluso superar la meta del 95% de productividad.

IV. El tablero visual permitirá reducir gaps y estabilizar variaciones

El tablero permitirá identificar rápidamente las desviaciones de horas planeadas vs. reales, lo que ayudará a estabilizar la productividad mensual y mantenerla cerca del objetivo corporativo del **95%**.

Los KPI actuales evidencian que la planta 72 opera dentro de niveles aceptables y estables; sin embargo, muestran también que existe una oportunidad clara de mejora, especialmente en el indicador de **horas ganadas vs. pagadas**, directamente vinculado con la eficiencia de los flujos físicos y las condiciones del layout.

Estos resultados respaldan la necesidad del proyecto y establecen la base para comparar el impacto real una vez implementados los cambios en 2026.

4.5 Consolidación de mejoras y contribución global al sistema productivo

La suma de todas las acciones implementadas permitió generar un impacto integral en la operación del área de Sistemas Auxiliares. Los beneficios obtenidos no solo cumplen con los propósitos definidos del proyecto, sino que fortalecen la estructura operativa de la planta hacia una visión de trabajo más eficiente, ordenada y alineada con los principios de mejora continua.

Entre los logros consolidados destacan:

- Mayor productividad en soldadura y procesos subsecuentes.
- Operaciones más rápidas y con menos tiempos de espera.
- Flujos más estables y sin interrupciones.
- Estaciones de trabajo mejor organizadas y visualmente controladas.
- Proceso más transparente, medible y sencillo de supervisar.
- Fundamento sólido para futuras iniciativas Lean y digitalización.

Este conjunto de mejoras refuerza la competitividad de la planta y establece una base operativa más robusta, sostenible y estandarizada para los próximos años.

4.6 Perspectiva y continuidad del proyecto

Para 2026 se espera una mejora aún más notable debido a:

- Entrada en operación de la nueva cabina de Sandblast (tiempos hasta 70–80% menores).
- Reacomodo total de estaciones en flujo lineal.
- Integración de pruebas hidro y neumáticas en la misma nave.
- Reducción significativa de traslados, esperas y movimientos de material.
- Mejora sustancial del aprovechamiento del espacio.

Con ello, la productividad del área tendrá un impacto directo y medible, que se reflejará en los indicadores que se continuarán monitoreando mediante el sistema que incluye los KPIs del área.

CONCLUSIONES

La ejecución del proyecto de optimización integral en el área de Sistemas Auxiliares permitió consolidar una visión más clara sobre el funcionamiento operativo de la planta y evidenció cómo la reorganización física del espacio, combinada con herramientas de control visual, puede transformar la productividad de un taller. La fase de delimitación y ordenamiento de áreas fue un punto de partida fundamental, pues generó las condiciones necesarias para mejorar el flujo de materiales, disminuir interferencias y fortalecer la disciplina operativa. Este primer paso estructuró el entorno para que los cambios mayores del layout programados para ejecutarse al inicio del año siguiente puedan implementarse de forma ordenada, segura y con alto impacto en eficiencia.

Aunque los movimientos estructurales del layout iniciarán formalmente con la llegada de la nueva cabina de Sandblast en febrero de 2026, el proyecto dejó establecidas todas las bases técnicas, diagramas, planos y aprobaciones necesarias para asegurar su correcta ejecución.

Por otro lado, la implementación del tablero de gestión visual marcó un avance clave en materia de control y monitoreo de la producción. Más allá de su utilidad inmediata, el tablero sentó un precedente importante sobre la importancia de contar con sistemas simples pero robustos que permitan tomar decisiones basadas en información real.

La sinergia entre ambos elementos un layout reorganizado y un tablero de control visual efectivo establece una plataforma sólida que permitirá a la planta mejorar su productividad en el corto y mediano plazo. La reorganización espacial optimiza el flujo físico, mientras que el tablero regula el flujo de información; esta combinación es esencial para lograr operaciones más ágiles, previsibles y sustentadas en principios Lean.

Desde la perspectiva profesional, el desarrollo de este proyecto representó una experiencia formativa integral. La interacción con diversas áreas producción, ingeniería,

seguridad, mantenimiento, calidad y planeación fortaleció habilidades de comunicación, coordinación interdisciplinaria y resolución de problemas. Asimismo, participar en levantamientos de layout, análisis de procesos, elaboración de diagramas, estudios de flujo, gestión administrativa y uso de herramientas de diseño CAD permitió consolidar competencias técnicas propias de la ingeniería industrial. La oportunidad de aportar soluciones reales que la planta adoptará en su continuidad operativa reafirmó la relevancia práctica del enfoque metodológico y del trabajo realizado.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante el desarrollo del proyecto fortalecí de manera significativa mis competencias profesionales como ingeniera industrial. A lo largo de los distintos análisis del layout, diagnósticos operativos y propuestas de reorganización, consolidé habilidades técnicas relacionadas con el estudio de flujos de trabajo, el análisis de recorridos, la ergonomía y la gestión visual. Este proceso me permitió aplicar herramientas avanzadas como diagramas de recorrido, análisis de flujo, principios Lean y fundamentos de distribución de planta, logrando una comprensión más profunda de cómo las decisiones de ingeniería impactan directamente en la productividad, la seguridad y la eficiencia operativa.

Asimismo, desarrollé competencias sólidas en gestión de proyectos, ya que participé en reuniones multidisciplinarias con mantenimiento, seguridad, planeación, calidad y supervisión de planta. Aprendí a integrar información, coordinar criterios técnicos y elaborar propuestas viables considerando restricciones de presupuesto, tiempos de implementación y prioridades operativas. Esta interacción fortaleció mis capacidades de comunicación profesional, liderazgo técnico y toma de decisiones basada en datos, especialmente en la construcción del tablero de gestión visual y la preparación de los cambios estructurales del layout.

El uso de herramientas como DraftSight para la actualización, rediseño y validación de los planos oficiales de la planta permitió que reforzara mis competencias digitales y de

diseño asistido por computadora, llevando la información técnica a un nivel de exactitud necesario para su futura ejecución. De igual forma, la interpretación de indicadores y el análisis de KPIs fortalecieron mi capacidad de medición y evaluación del desempeño, habilidades esenciales para la mejora continua.

Finalmente, el proyecto favoreció el desarrollo de competencias personales como pensamiento crítico, adaptabilidad, organización y responsabilidad profesional. Aprendí a gestionar situaciones reales de operación, adaptarme a cambios en tiempos, priorizar actividades según impacto y responder a requerimientos de un entorno industrial dinámico. En conjunto, estas experiencias consolidaron mi formación como ingeniera industrial, permitiéndome adquirir una visión integral del funcionamiento de un sistema productivo y de las acciones necesarias para optimizarlo.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bedworth, D. D., Henderson, M. R., & Yeatts, L. R. (1991). *Computer-Integrated Design and Manufacturing*. McGraw-Hill.

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2006). *Administración de operaciones* (11.^a ed.). McGraw-Hill.

Fogarty, D. W., Blackstone, J. H., & Hoffman, T. R. (1991). *Production & Inventory Management*. South-Western Publishing.

Galsworth, G. D. (2005). *Visual Workplace: Visual Thinking*. Visual-Lean Enterprise Press.

Greif, M. (1991). *The Visual Factory*. Productivity Press.

Harrington, H. J. (1990). *The Improvement Process: How America's Leading Companies Improve Quality*. McGraw-Hill.

Heizer, J., & Render, B. (2014). *Principios de administración de operaciones*. Pearson.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (12th ed.). Pearson.

Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace*. Productivity Press.

Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business Press.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99.

Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time* (4th ed.). CRC Press.

Muther, R. (1978). *Systematic Layout Planning*. Cahnerns Books.

- Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (1995). Performance measurement system design. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(4), 80–116.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial y de métodos de trabajo* (11.^a ed.). McGraw-Hill.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Organización Internacional del Trabajo. (2017). *Medición de la productividad laboral*. OIT.
- Parmenter, D. (2015). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs* (3rd ed.). Wiley.
- Parry, G., & Turner, C. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control*, 17(1), 77–86.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). *Human Factors in Engineering and Design* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System*. CRC Press.
- Sink, D. S. (1985). *Productivity Management: Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement*. John Wiley & Sons.
- Sink, D. S., & Tuttle, T. C. (1989). *Planning and Measurement in Your Organization of the Future*. Industrial Engineering and Management Press.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2013). *Administración de operaciones*. Pearson.
- Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R. (2005). *Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management*. McGraw-Hill.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.