

**PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA EMPRESA INCAMET  
S.A.S, PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESPACIO FÍSICO Y LA REDUCCIÓN DE  
RECORRIDOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO.**

**AUTORES**

**ALBERTO RESTREPO CORREA**

**JUAN DANIEL GONZÁLEZ MORENO**

**SANTIAGO RIVERA URREGO**

**TRABAJO PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MEDELLÍN**

**2023**

**PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA EMPRESA INCAMET  
S.A.S, PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESPACIO FÍSICO Y LA REDUCCIÓN DE  
RECORRIDOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO.**

**ASESOR PROYECTO DE GRADO**

**IVÁN DARÍO ROJAS ARENAS**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MEDELLÍN**

**2023**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
<b>1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>8</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>11</b>
<b>4 REFERENTES TEÓRICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 TIPOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA .....</b>	<b>13</b>
4.1.1 La distribución por proceso .....	13
4.1.2 La distribución en planta por producto .....	14
4.1.3 La distribución por posición fija .....	14
4.1.4 Distribución de planta hibrida o mixta .....	15
<b>4.2 MODELOS DE SOLUCIÓN APLICABLES AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA .....</b>	<b>17</b>
4.2.1 El método CRAFT.....	17
4.2.2 El método ALDEP.....	19
4. 2.3 El método CORELAP.....	20
4.2.4 El método Systematic Layout Planning (SLP).....	21
<b>4.3 INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS ANALIZADAS.....</b>	<b>25</b>
<b>5 METODOLOGÍA.....</b>	<b>35</b>
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
<b>6.1 LEVANTAMIENTO DE PLANOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE .....</b>	<b>37</b>
6.1.1 DIAGNOSTICO BODEGA DEL FRENTE - ACTUAL.....	38
6.1.2 DIAGNOSTICO PRIMER PISO – ACTUAL .....	44
6.1.3 DIAGNOSTICO SEGUNDO PISO - ACTUAL.....	58
6.1.4 DIAGNOSTICO SEGUNDO PISO – DENOMINADO LA CUEVA.....	64
6.1.5 DIAGNOSTICO TERCER PISO – ACTUAL.....	67
6.1.6 DIAGNOSTICO CUARTO PISO - ACTUAL.....	70

<b>6.2 LEVANTAMIENTO DE PLANOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN CONDICIONES PROPUESTAS SELECCIONADAS (PROPUESTA 3 DISEÑO EN LA BODEGA ACTUAL)</b> .....	79
<b>6.2.1 DIAGNOSTICO BODEGA DEL FRENTE – PROPUESTA</b> .....	79
<b>6.2.2 DIAGNOSTICO PRIMER PISO - PROPUESTA</b> .....	81
<b>6.2.3 DIAGNOSTICO SEGUNDO PISO - PROPUESTA</b> .....	84
<b>6.2.4 DIAGNOSTICO TERCER PISO - PROPUESTA</b> .....	89
<b>6.2.5 DIAGNOSTICO CUARTO PISO – PROPUESTA</b> .....	92
<b>6.3 MÉTODOS, TIEMPOS Y COSTOS DE PRODUCCIÓN</b> .....	98
<b>7 CONCLUSIONES</b> .....	100
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	104
<b>ANEXOS</b> .....	1

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama Ishikawa para la identificación del problema.....	7
Ilustración 2 Análisis de los modelos de solución para la distribución de planta .....	31
Ilustración 3 Infraestructura exterior de INCAMET S.A.S.....	37
Ilustración 4 Bodega del frente 69 m <sup>2</sup> .....	38
Ilustración 5 Plano de Bodega del frente 69 m <sup>2</sup> .....	39
Ilustración 6 Proceso de corte - cizalla cortadora.....	40
Ilustración 7 Máquina Punzonadora.....	41
Ilustración 8 Troqueladora pequeña.....	42
Ilustración 9 Estantería de lamina.....	43
Ilustración 10 Dobladoras y Troqueladoras .....	44
Ilustración 11 Primer piso – dobladoras, troqueladoras y ensamble caja eléctrica 12x12x5cm.....	45
Ilustración 12 Tanques.....	46
Ilustración 13 Plano primer piso – lavado y pintura .....	47
Ilustración 14 Dobladora eléctrica .....	49
Ilustración 15 Colilladora.....	50
Ilustración 16 Soldador de punto .....	51
Ilustración 17 Troqueladora grande .....	52
Ilustración 18 Cabina de pintura grande .....	53
Ilustración 19 Cabina de pintura pequeña .....	54
Ilustración 20 Tanques de lavado .....	55
Ilustración 21 Horno de curado .....	56
Ilustración 22 Ensamble de cajas 12x12 y gabinetes de gas .....	58
Ilustración 23 Exterior del edificio principal y segundo piso arrendado.....	59
Ilustración 24 Lockers y zona de almuerzo de los colaboradores .....	60
Ilustración 25 habitaciones del cobre y cable .....	60
Ilustración 26 Zona de producto terminado y mantenimiento. ....	61
Ilustración 27 Plano segundo piso edificio principal - parte 1.....	62
Ilustración 28 Plano segundo piso edificio principal - parte 2.....	63
Ilustración 29 Zonas de soldadura MIG de subestaciones eléctrica. ....	64
Ilustración 30 Plano Distribución - zona de soldadura MIG.....	64
Ilustración 31 Barras de cobre y máquina cortadora de cobre para subestaciones eléctricas .....	65
Ilustración 32 cortadora de cable, dobladora de cobre, ensamble de tableros eléctrico.....	66
Ilustración 33 Plano zona de ensamble eléctrico de subestaciones .....	66
Ilustración 34 Almacén.....	67
Ilustración 35 Diseño industrial 3D .....	68
Ilustración 36 plano tercer piso del edificio principal – distribución .....	69
Ilustración 37 Plano cuarto piso edificio principal .....	71
Ilustración 38 Plano actual de toda la empresa .....	72
Ilustración 39 Plano propuesta 1 bodega Caribe .....	74
Ilustración 40 Plano propuesta 2 bodega Girardota.....	75
Ilustración 41 Plano propuesta 3 Bodega actual reformada .....	76
Ilustración 42 Plano bodega del frente propuesta.....	79
Ilustración 43 Troqueladoras grandes con la estantería de troqueles en la bodega del frente.....	80
Ilustración 44 Plano primer piso propuesto.....	81

Ilustración 45 soldadura MIG en el primer piso .....	82
Ilustración 46 zona destinada para productos lavados .....	83
Ilustración 47 Lockers remodelados y nuevos .....	84
Ilustración 48 Segundo piso nueva zona para el almacén.....	85
Ilustración 49 Plano zona de ensamble unificada.....	87
Ilustración 50 Implementación 5's zona de ensamble .....	88
Ilustración 51 Implementación 5's zona de producto terminado.....	89
Ilustración 52 Plano tercer piso .....	90
Ilustración 53 Plano cuarto piso .....	92

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de métodos para la optimización de la distribución en planta.....	32
Tabla 2 Diseño de la investigación .....	36
Tabla 3 Información de maquinaria (Cizalla).....	40
Tabla 4. Información de maquinaria (Punzonadora).....	41
Tabla 5 Información de maquinaria (Troqueladora Pequeña) .....	42
Tabla 6 Información de maquinaria (Dobladora hidráulica grande) .....	48
Tabla 7 Figura 9 Dobladora hidráulica grande .....	48
Tabla 8 Información de maquinaria (Dobladora eléctrica) .....	49
Tabla 9 Información de maquinaria (Colilladora).....	50
Tabla 10 Información de maquinaria (Soldador de punto) .....	51
Tabla 11 Información de maquinaria (Troqueladora grande).....	52
Tabla 12 Información de maquinaria (Taladro de banco).....	57
Tabla 13 Revisión de las propuestas de diseño presentadas para la distribución de planta implementada por la Empresa Incamet S.A.S .....	77
Tabla 14 análisis comparativo de ventajas y desventajas del diseño de distribución de planta en el proceso de producción actual y anterior .....	94

## GLOSARIO

**Distribución de planta:** La distribución en planta se define e implica la ordenación física de espacios, almacenamiento de los elementos que constituyen la empresa

**Metalmecánica:** Comprende maquinarias industriales siendo su insumo básico el metal y las aleaciones de hierro, para su utilización en bienes de capital productivo relacionados con la rama industrial, estudia todo lo relacionado con la industria metálica en la transformación de materia prima

**Metal eléctrico:** Es la industria especializada en la fabricación de subestaciones y tableros eléctricos de control y potencia, para baja tensión, media tensión y alta tensión.

**Distribución por proceso:** cada proceso se realiza en áreas diferentes. Este tipo de distribución emplea gran variedad de equipo de uso general. La fabricación se hace en lotes de bajo volumen. Por esta razón, es común que existan inventarios en proceso en cada uno de los departamentos.

**Gestión del talento humano:** conjunto de técnicas y estrategias aplicadas para retener, desarrollar y atraer a los empleados de una empresa, con el fin de alcanzar los objetivos de manera eficiente y efectiva.

**Reclutamiento:** proceso de identificación y selección de los candidatos más adecuados para ocupar los puestos de trabajo vacantes de una organización.

**Selección:** proceso de evaluación y elección del candidato más idóneo para el puesto vacante de una organización, mediante herramientas como pruebas psicológicas, verificación de referencias y entrevistas.

**Inducción:** proceso de incorporación del nuevo empleado en la organización, para familiarizarlo con la cultura empresarial, los procesos y las normas.

**Benchmarking:** proceso de comparación del rendimiento de una organización, proceso o producto con el de otras empresas similares, para identificar las mejores prácticas y oportunidades de mejora.

**Ciclo de vida del producto:** las fases que atraviesa un producto desde su concepción hasta su retirada del mercado, incluyendo el diseño, la producción, la distribución, el uso y la disposición final.

**Eficiencia:** medida de la capacidad de un proceso para lograr resultados con la menor cantidad posible de recursos utilizados.

**Efectividad:** medida de la capacidad de un proceso para alcanzar los resultados deseados, independientemente de los recursos utilizados.

**Empowerment:** proceso de delegación de responsabilidad y autoridad a los empleados de una empresa para mejorar su capacidad de respuesta y toma de decisiones.

**Muestreo:** proceso de selección de una muestra representativa de una población para su estudio.

**Técnicas de recolección de datos:** métodos utilizados para obtener información en una investigación, como encuestas, entrevistas, observación, entre otros.

**Análisis de datos:** proceso de examen, limpieza y transformación de los datos para descubrir patrones, relaciones y tendencias.

**Validación de instrumentos:** proceso para asegurarse de que los instrumentos utilizados para la recolección de datos sean confiables y válidos.

**Breakers:** dispositivo electromecánico utilizado para proteger los circuitos eléctricos de sobrecargas o cortocircuitos.

**Calibre:** medida del diámetro de un cable eléctrico.

**Consumibles:** materiales que se utilizan en el proceso de producción y que se consumen durante el proceso.

**Coordinación de la gestión del transporte:** proceso que involucra la planificación y el control de los envíos de los productos de una empresa, para asegurar su entrega en tiempo y forma adecuados.

**Diseño industrial:** proceso de creación y mejora de los productos, teniendo en cuenta tanto su funcionalidad como su estética.

**Explosión de materiales:** proceso que implica la desagregación de una lista de materiales de un producto en sus componentes individuales.

**AutoCAD:** programa de diseño asistido por computadora utilizado para crear dibujos técnicos en 2D y 3D.

**Bodega:** espacio de almacenamiento donde se guardan materiales o productos.

**Lámina:** hoja delgada de material, como metal o plástico.

**Cold rolled:** proceso de fabricación de láminas de acero que implica laminar el material a temperaturas bajas.

**Galvanizado:** proceso de recubrimiento de un metal con una capa de zinc para protegerlo contra la corrosión.

**Inventario:** registro de los bienes y materiales de una empresa, así como su cantidad y ubicación en el momento del registro.

**Just inTime (JIT):** método de gestión de inventarios que implica la recepción de materiales y productos justo a tiempo para su uso en el proceso de producción, con el objetivo de minimizar el costo de inventario y mejorar la eficiencia.

**Logística:** proceso de planificación, implementación y control del flujo de materiales y productos desde el punto de origen hasta el punto de consumo.

**Manejo de materiales:** proceso de manipulación y movimiento de materiales y productos en una planta de producción.

**Picking:** proceso de selección y recolección de los productos necesarios para un pedido.

**Packing:** proceso de embalaje de los productos seleccionados para un pedido.

**Rotación de inventario:** medida de la cantidad de veces que se venden y se reponen los productos en un período de tiempo determinado.

**Sistema de gestión de inventarios:** sistema informático utilizado para registrar y controlar el inventario de una empresa.

**Tarima:** plataforma de madera o metal utilizada para transportar y almacenar materiales y productos.

**Transporte:** proceso de desplazamiento de los materiales y productos desde el punto de origen hasta el punto de consumo.

**Warehousing:** proceso de almacenamiento y gestión de los productos en un almacén o bodega.

**Zonificación:** proceso de división de un almacén o bodega en zonas específicas para facilitar la ubicación y el acceso a los productos.

**ALDEP** (Automated Logistics Environment Planning): Metodología que se utiliza para planificar, diseñar y analizar sistemas logísticos complejos. Se basa en la recopilación y análisis de datos para la toma de decisiones y permite la evaluación de diferentes escenarios.

**CORELAP** (Computerized Resource Planning): Metodología que se utiliza para la planificación y programación de la producción. Permite la gestión de recursos y el control de los procesos de producción mediante el uso de herramientas informáticas.

**SLP** (Systematic Layout Planning): Metodología que se utiliza para el diseño de la distribución de plantas industriales y de servicios. Se basa en la identificación de los flujos de

trabajo y la ubicación óptima de los equipos y estaciones de trabajo para maximizar la eficiencia.

**CRAF** (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique): Metodología que se utiliza para la asignación de recursos y la planificación de la distribución de instalaciones. Se basa en la evaluación de diferentes alternativas y la selección de la mejor opción en función de criterios establecidos previamente.

**5S:** es una metodología de gestión de la calidad que se enfoca en la organización y limpieza del lugar de trabajo para mejorar la eficiencia y reducir los riesgos de seguridad.

## RESUMEN

En la empresa Incamet S.A.S el principal problema es la distribución de planta que tiene implementada de forma empírica, en los últimos años ha aumentado significativamente la demanda en sus productos, lo que conlleva a aumentar la capacidad de producción para cubrir todos los pedidos en solicitud que procesan actualmente, la secuencia establecida en los procesos de producción ocasiona un incremento en el tiempo al momento de fabricar un producto aumentando los costos en toda su cadena productiva.

Esta situación se ha dado ya que conforme a ido creciendo la empresa las maquinas se fueron ubicando de acuerdo como se iban adquiriendo sin haber realizado un estudio previo en su distribución. Que es necesario, según Niebel (2009) “La distribución física constituye un elemento importante de todo sistema de producción, Todos los elementos deben estar cuidadosamente integrados para cumplir con el objetivo establecido”. p. (86-87).

Para realizar esta investigación se priorizo en la optimización del espacio dentro de la fábrica y la reducción de recorridos en el proceso productivo, para la cual se diagnosticó las fallas que presenta en el proceso de producción y así poder proponer un diseño de distribución en planta por proceso que permita evaluar el impacto que tendría contra el sistema de producción actual. Destacando las ventajas para la empresa al ejecutar a futuro sus procesos con una mejor eficiencia, eficacia y rentabilidad. Porque la distribución en planta incluye decisiones que definen la disposición física de los recursos dentro de una instalación. Y, por tanto, aunque sólo sea por un principio de cercanía física ayuda a los superiores a dirigir mejor el proceso cuando se tiene un panorama de toda la planta.

La presente investigación es viable porque se dispone de los recursos económicos, humanos y de información necesaria para llevarla a cabo. Se debe desarrollar para que la empresa

reduzca sus gastos de producción y administración principalmente en el arriendo haciendo posible la entrega de una bodega que tiene alquilada, la cual genera un costo anual de \$24.000.000, espacio que no es necesario y que se puede adecuar dentro de las instalaciones actuales para reducir área de trabajo de 890mts<sup>2</sup> a 680mts<sup>2</sup>. Haciendo la empresa más compacta y productiva.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad para las organizaciones es de vital importancia contar una óptima distribución de planta porque de esta manera se puede incorporar los factores esenciales en un proceso productivo, como el recurso humano, materias primas y maquinaria con la finalidad de aprovechar mejor el espacio y reducir los tiempos operativos, garantizando una fábrica más segura y eficiente.

INCAMET S.A.S. una empresa metal eléctrica ubicada en el barrio guayabal carrera 54 # 25 -71 fabrica una gama de productos para uso del sector eléctrico, metalmecánico, industrial, construcción y gas. Es una organización constituida en el año 1997 respondiendo eficientemente a las expectativas y necesidades de los clientes con altos estándares de calidad de acuerdo con la norma técnica NTC. - 2050 “Código Eléctrico Colombiano” y el RETIE “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas”.

La empresa ha investigado constantemente sobre los nuevos desarrollos que generan las grandes empresas de energía de la ciudad de Medellín y a nivel nacional, Así mismo cuenta con productos homologados por E.P.M. en el cumplimiento de las especificaciones técnicas exigidas por la misma; productos eléctricos certificados por el CIDET bajo el RETIE y certificados.

Este proyecto se enfocará en diseñar una propuesta de mejora en la distribución de todas las instalaciones de la empresa, ya que se han evidenciado retrasos en la producción y un claro desconocimiento por parte de la gerencia y la parte administrativa de la importancia y los beneficios que conllevan la planificación y orden en la planta.

Se pretende proponer alternativas de solución a través del software ProModel y AUTOCAD para una simulación en la cual se pueda visualizar lo planificado dentro de la investigación con una prueba piloto de la opción que genere mayor impacto y cambio en la organización para posteriormente hacer una evaluación que permita medir los resultados antes de implementarla en la empresa.

Para realizar un correcto diagnóstico y proponer una propuesta de la distribución de planta las variables que se analizan son la optimización del espacio y la reducción de los recorridos que tienen que hacer los operarios y las materias primas dentro del proceso de fabricación de un producto, Asimismo, se tiene en cuenta las relaciones que existen entre estas y la demora que se genera en la entrega del producto al cliente.

## **1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La industria metalúrgica es un sector empresarial muy importante para el desarrollo de un país, en Colombia En las 2 últimas décadas el sector metal eléctrico ha tenido un claro crecimiento en el terreno comercial y empresarial en los últimos años. Esta situación se puede ver reflejada en torno a las cifras oficiales del sector industrial suministradas por el DANE (2022) para junio del 2021 y junio del 2022 donde el sector de Suministro de electricidad y gas creció un 4,4%, permitiendo que el país avance y se posicione entre los principales mercados mundiales.

Dentro del sector industrial metal eléctrico encontramos 4 empresas destacadas (industrias SDT, Industrias el COE S.A.S, metal Andes S.A.S, TERCOL) que compiten de la mano en la fabricación de productos para la construcción e instalaciones de subestaciones eléctricas en el valle de aburra, con el aumento potencial del mercado la demanda es cada vez mayor, por lo tanto, el costo oportunidad para las empresas es un factor muy importante para el crecimiento y posicionamiento del mercado.

En la empresa Incamet S.A.S el principal problema es la distribución de planta que tiene implementada de forma empírica, además en los últimos años ha aumentado significativamente la demanda en sus productos, lo que conlleva a aumentar la capacidad de producción para cubrir todos los pedidos en solicitud que procesan actualmente, la secuencia establecida en los procesos de producción ocasiona un incremento en el tiempo al momento de fabricar un producto aumentando los costos en toda su cadena productiva.

Esta situación se ha dado ya que conforme a ido creciendo la empresa las maquinas se fueron ubicando de acuerdo como se iban adquiriendo sin haber realizado un estudio previo en su distribución.

Según las visitas y estudios realizados en la empresa que ponen de manifiesto la necesidad de recurrir a la distribución de planta son:

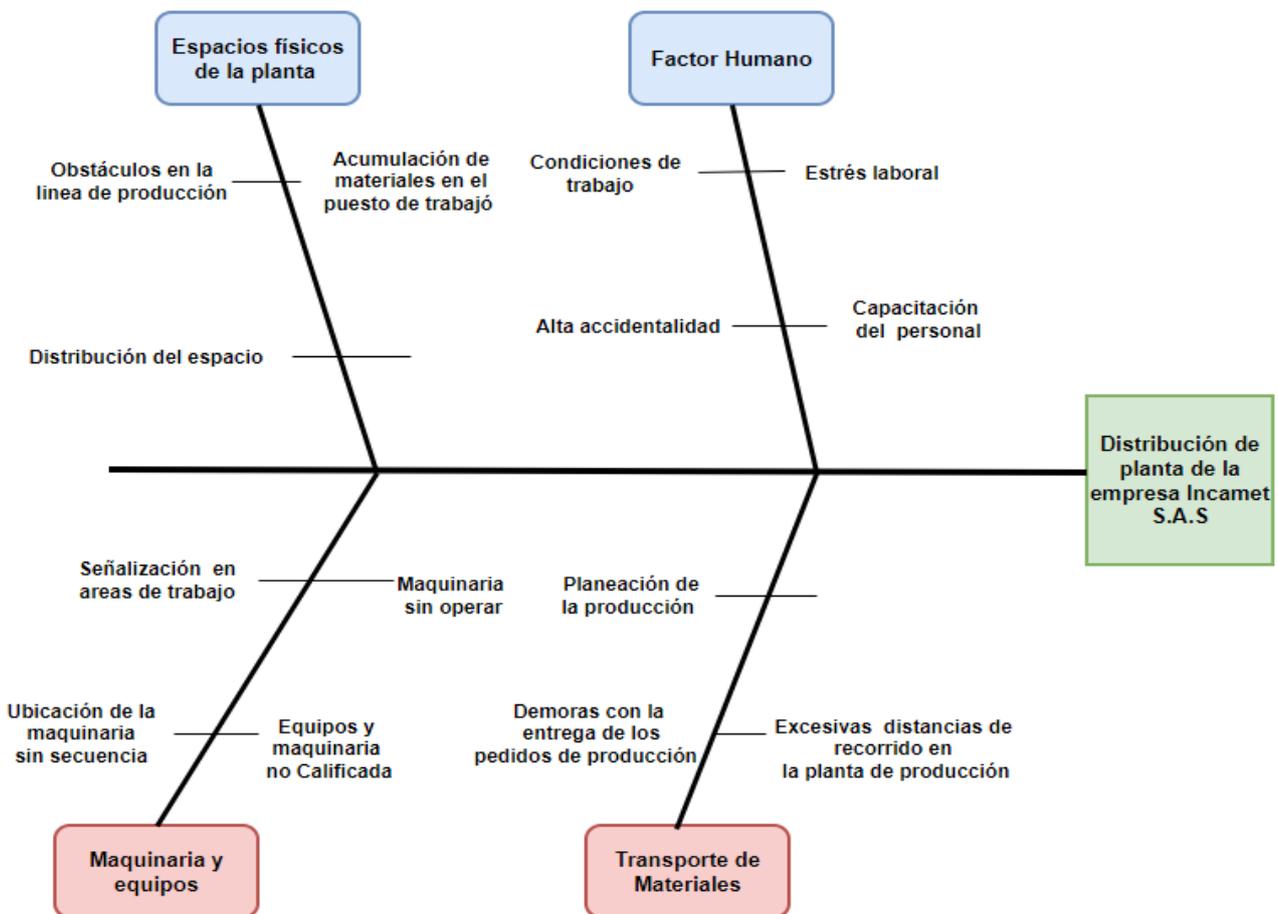
- Espacios físicos de la planta: La distribución de planta de Incamet no ha sido planificada estratégicamente y esto ha generado una falta de optimización en el uso de los espacios disponibles. La falta de espacio ha limitado la capacidad de producción.
- Factor humano: El factor humano también ha sido afectado por la mala distribución de planta. La falta de espacio ha generado incomodidad en los trabajadores, lo que ha afectado su rendimiento y su capacidad de concentración. Además, la falta de espacio ha generado una alta congestión de trabajadores y maquinaria en determinados puntos de la planta, generando problemas de seguridad y aumentando el riesgo de accidentes laborales.
- Maquinaria y equipos: La falta de un estudio previo en la distribución de la maquinaria y equipos ha ocasionado problemas en la línea de producción. Algunas máquinas no están ubicadas en el lugar adecuado, lo que ha generado cuellos de botella y ha limitado la capacidad de producción.
- Transporte de materiales: La distribución de planta también ha afectado el transporte de materiales. La falta de espacio ha generado problemas para el almacenamiento de los materiales, lo que ha generado demoras en el transporte y ha afectado la eficiencia de la línea de producción.

Todos estos factores están afectando la capacidad de producción, aumentando los costos y disminuyendo la calidad de los productos. Es evidente que es necesario resolver este problema para mejorar la eficiencia y la competitividad de la empresa en el mercado. Por lo tanto, se requiere un proyecto de investigación que permita determinar la mejor distribución de planta y la optimización de los espacios disponibles. Este proyecto debe incluir el estudio de la

secuencia de producción, el análisis de la maquinaria y equipos necesarios, el estudio de la seguridad de los trabajadores y el análisis del transporte de materiales.

Con la realización de este proyecto de investigación, se podrán implementar soluciones que permitan mejorar la eficiencia en la línea de producción, reducir los costos y mejorar la calidad de los productos. Además, la empresa podrá posicionarse mejor en el mercado y estar en capacidad de enfrentar el crecimiento y la competencia en el sector metalúrgico en Colombia.

Figura 1 Diagrama Ishikawa para la identificación del problema



Fuente: Elaboración propia 2023

## **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo debe ser la distribución de planta para la empresa INCAMET S.A. que permita la optimización del espacio y la reducción de recorridos en el proceso productivo?

## 2. JUSTIFICACIÓN

La empresa Incamet S.A.S, busca que los empleados trabajen con una mayor productividad, eficiencia y eficacia para minimizar distancias en los recorridos al fabricar un producto, reducción de sobre costos, reducción de accidentes y una óptima utilización de espacios después de implementar una correcta distribución de planta.

Según Niebel (2009) ‘‘La distribución física constituye un elemento importante de todo sistema de producción, Todos los elementos deben estar cuidadosamente integrados para cumplir con el objetivo establecido. La pobre distribución de las plantas da como resultado elevados costos y el gasto en mano de obra indirecta que representan los extensos desplazamientos, retrasos y paros de trabajo debido a cuellos de botella. Son característicos de una planta con una distribución costosa y anticuada’’. (p.86-87).

Esto es un reto para los sistemas de industrialización modernos que buscan integrar nuevas tecnologías que faciliten la realización de los procesos como lo expresa Bonilla, Chávez et, al (2020) Para abordar una de las tendencias del mercado actual, se hace necesario mencionar que la globalización trae consigo diferentes tendencias mundiales en cuanto a sistemas de producción más limpia y economías a escala en donde predominan los bajos costos en la producción.

La presente investigación es viable porque se dispone de los recursos económicos, humanos y de información necesaria para llevarla a cabo. Se debe desarrollar para que la empresa reduzca sus gastos de producción y administración principalmente en el arriendo haciendo posible la entrega de una de la bodega que tiene alquilada, el cual genera un costo anual de \$24.000.000 y que hace parte de otro edificio, espacio que no es necesario y que se puede adecuar dentro de las instalaciones actuales para reducir área de trabajo de 890mts<sup>2</sup> a 680mts<sup>2</sup>. Haciendo la empresa más compacta y productiva.

Se busca garantizar y mejorar los siguientes puntos:

- Aumento de nivel de seguridad.
- Mejorar la ergonomía.
- Incrementar la productividad.
- Minimizar los retrasos en la producción.
- Mejorar la comunicación.
- Optimizar el espacio disponible
- Mejorar el control de calidad.
- Mejorar la supervisión.

En el aspecto profesional, este estudio pretende contribuir a darle solución a una problemática real que se presenta en el sector metal eléctrico en particular en la empresa INCAMET S.A.S de la ciudad de Medellín, sobre el incumplimiento de las fechas pactadas para la entrega de producto final a los clientes generado por la distribución en la planta, el poco conocimiento del personal que labora en la empresa sobre la ejecución de sus procesos y los reprocesos generados durante el tiempo de producción.

La presente investigación es de gran relevancia para la empresa INCAMET S.A.S, ya que permitirá mejorar su productividad, eficiencia y eficacia, reducir costos y optimizar el espacio disponible. Además, contribuirá a mejorar la seguridad, ergonomía, comunicación, control de calidad y supervisión de la empresa. Por lo tanto, se espera que los resultados obtenidos permitan solucionar la problemática real que se presenta en la empresa y mejorar su posición competitiva en el mercado.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una propuesta de distribución de planta para la empresa INCAMET S.A.S, que permita la optimización del espacio físico reduciendo los recorridos en el proceso productivo de la línea eléctrica y de gas.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar las fallas en el proceso de producción para el diseño de estrategias que permitan llegar a una solución factible de la problemática de espacio y recorridos dentro del proceso
- Desarrollar propuestas de diseños de distribución en planta para la obtención de una mejora en el proceso de producción.
- Evaluar el impacto del diseño de distribución de planta seleccionado sobre el proceso producción.

#### 4 REFERENTES TEÓRICOS

En el contexto de la revolución industrial, la necesidad de aumentar la productividad y reducir costos se convirtió en un desafío para las empresas e industrias productoras de gran escala. Como señala "García y Sánchez (2017), 'A partir de finales del siglo XVIII con el auge de la industria, la producción de manufactura a gran escala y la constante demanda de productos debido a la explosión demográfica, generaban en las empresas e industrias un desafío que consistía en aumentar no solo su nivel de productividad, sino también a reducir costos en la medida que la competencia también aumentaba, esta reducción de costos en relación con el aumento de la productividad, apuntaba a la necesidad de un cambio estructural y organizacional de las empresas e industrias productoras de gran escala, pues el modelo estructural de producción que poseían era un modelo arcaico y con poca efectividad.

Se planteaba como una solución bastante efectiva a la necesidad de aumentar la productividad, reducir costos y evitar posibles riesgos laborales el aplicar modelos de distribución en planta, consistiendo en organizar y estructurar todo el proceso de producción físicamente. Esta idea tomó cierta relevancia a mediados del siglo XX, evidenciándose su pertinencia en la consecución de los objetivos mencionados. Según Wilches (2017), "Una buena distribución de las áreas de trabajo pretende aumentar la eficiencia de las operaciones, aumentar la producción, reducir costos, favorecer los métodos de trabajo, garantizar la seguridad y salud de los operarios y por tanto lograr un mejor desempeño de las labores", Este planteamiento refleja la importancia que se le otorga a la distribución de planta como una herramienta clave en la optimización de los procesos productivos, que no solo busca aumentar la eficiencia y reducir costos, sino también garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, lo que se traduce en un mejor desempeño laboral en general.

La distribución en planta es un factor crucial en el proceso productivo de una empresa, ya que su organización física puede influir significativamente en la eficiencia y productividad del trabajo. De acuerdo con lo expuesto por Mejía, Wilches et al., (2011), la distribución en planta consiste en la disposición física de los factores y elementos industriales que forman parte del proceso productivo de una empresa, incluyendo la asignación de espacios y la ubicación de las diferentes áreas de trabajo dentro de la planta. Para lograr una distribución adecuada y eficiente, es esencial considerar factores como la variedad de productos o servicios ofrecidos, las operaciones necesarias para su producción y las estaciones de trabajo.

Después de la implementación exitosa de modelos de distribución en planta por parte de la industria, el concepto de distribución en planta se fortaleció y adquirió mayor complejidad, incluyendo distintos enfoques que enriquecieron el concepto. Se comenzó a diferenciar los tipos de distribución en planta, tales como la distribución en planta por proceso, por producto, por posición fija y mixta, consolidando así las teorías relacionadas con la distribución en planta.

## **4.1 TIPOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA**

### **4.1.1 La distribución por proceso**

es un tipo de disposición en planta en la que los departamentos o estaciones de trabajo se agrupan según la función que realizan en el proceso de producción. Según Eyva y Salas (2013), esto significa que los recursos se organizan por tipo de actividad, como soldadura, tratamiento térmico, pintura, entre otros.

La ventaja de la distribución por proceso es que ofrece una gran accesibilidad en cuanto a la variedad de productos, lo que significa que se puede producir una amplia gama de productos utilizando la misma configuración de la planta. Sin embargo, la eficiencia de la distribución

por proceso depende del tamaño del lote producido. Esto se debe a que, cuando se produce un lote pequeño, la planta puede tener que cambiar constantemente la configuración para satisfacer las necesidades del proceso de producción.

Por lo tanto, para lograr una mayor eficiencia en la distribución por proceso, se requiere que los lotes sean de un tamaño adecuado y que la planta esté diseñada de tal manera que permita una fácil reconfiguración de los recursos para adaptarse a los cambios en el proceso de producción.

#### **4.1.2 La distribución en planta por producto**

como lo define García (2020), se refiere a la organización de los recursos de una empresa de tal manera que el producto siga un camino reconocible a través de la planta. Es decir, los recursos están diseñados para que el producto fluya de una etapa a otra de forma ordenada y eficiente. Esta distribución es comúnmente utilizada en empresas que producen un volumen elevado de un producto específico, ya que se busca maximizar la eficiencia y reducir los tiempos de producción.

Además, García (2020) menciona que la distribución en planta por producto es adecuada cuando la variedad de productos es baja. Esto se debe a que si hay una gran cantidad de productos diferentes que se producen en la empresa, la distribución por producto puede generar problemas en el flujo de producción, ya que los recursos estarán diseñados para un producto específico y no para una variedad de productos diferentes.

#### **4.1.3 La distribución por posición fija**

Según Taha (2016), hace referencia a la organización de los recursos y maquinarias de una empresa en función de la posición fija del producto durante el proceso de producción. Esta

distribución se utiliza principalmente en sistemas de producción que involucran productos de gran tamaño, tales como aviones, barcos, maquinaria pesada, entre otros.

El concepto de distribución por posición fija, según Taha (2016), hace referencia a la organización de los recursos y maquinarias de una empresa en función de la posición fija del producto durante el proceso de producción. Esta distribución se utiliza principalmente en sistemas de producción que involucran productos de gran tamaño, tales como aviones, barcos, maquinaria pesada, entre otros.

La idea principal que el autor quiere transmitir es que la distribución por posición fija busca maximizar la eficiencia del proceso de producción al adaptar la disposición de los recursos y maquinarias en función del producto en sí. En este sentido, los recursos y maquinarias se organizan alrededor del producto fijo para maximizar la comodidad y seguridad de los trabajadores, lo que a su vez resulta en una mayor eficiencia en el proceso de producción.

Es importante destacar que esta distribución difiere de otras como la distribución por proceso o por producto, ya que, en la distribución por posición fija, el producto es el que dicta la ubicación de los recursos y maquinarias, en lugar de agruparlos por actividad o seguir un camino específico del producto a través de la planta. De esta manera, la distribución por posición fija es adecuada para empresas que fabrican productos de gran tamaño y complejidad, ya que permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad en el proceso de producción.

#### **4.1.4 Distribución de planta híbrida o mixta**

Heizer y Render (2017) son dos expertos en la gestión de operaciones y logística que han plasmado sus conocimientos en el libro "Operations Management". En esta obra, los autores argumentan que la distribución mixta se fundamenta en la combinación de la distribución por producto y la distribución por proceso, cuyo propósito es lograr la eficiencia en la producción y la utilización de los recursos.

La idea principal que Heizer y Render quieren transmitir es que la distribución mixta brinda a las empresas la oportunidad de aprovechar los beneficios que ofrece cada enfoque de distribución. De este modo, la distribución por proceso se centra en la agrupación de actividades de producción en áreas específicas de la planta, con lo que se reduce la ineficiencia de movimientos superfluos. Por otro lado, la distribución por producto agrupa todas las actividades relacionadas con un producto en un área determinada de la planta, lo que aumenta la eficiencia al permitir que los trabajadores se especialicen en una tarea específica.

En consecuencia, la distribución mixta busca maximizar la eficiencia en la producción y la utilización de los recursos al integrar las ventajas de ambos enfoques de distribución. Además, los autores señalan que la implementación de la distribución mixta puede variar en función de las necesidades concretas de cada empresa y producto.

Por su parte, Muther (2019) también menciona la distribución mixta en su obra "Systematic Layout Planning (SLP)", aunque lo hace desde un enfoque estructurado. Muther propone un proceso metódico para diseñar un Layout de planta efectivo, que abarca la identificación de los objetivos empresariales, el análisis de las necesidades del producto, la evaluación de diversas alternativas de distribución y la selección de la mejor opción.

La idea principal que Muther pretende comunicar es que el diseño de un Layout de planta efectivo requiere un enfoque sistemático y estructurado que contemple tanto las necesidades de la empresa como las del producto. En este contexto, la distribución mixta puede ser una opción viable para numerosas empresas, siempre y cuando se implemente de manera adecuada y se considere la interacción entre las distintas áreas de la planta.

La distribución en planta es un tema clave en la ingeniería industrial, ya que se refiere a la disposición física de los elementos en una instalación industrial o de servicios. Su objetivo principal es diseñar y distribuir eficientemente los espacios físicos de una instalación para

reducir costos de producción, mejorar la seguridad y satisfacción de los trabajadores, aumentar la productividad, optimizar el uso del espacio y reducir el tiempo de procesamiento (Muther, 1973).

## **4.2 MODELOS DE SOLUCIÓN APLICABLES AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA**

Dentro de los estudios de ingeniería se han desarrollado varias estrategias formuladas para resolver el problema de la distribución en planta. Siendo el SLP (Systematic Layout Planning) creado por Muther (1961) la más aceptada y utilizada, también existen otros modelos de solución aplicables en función de las características particulares y de los objetivos del problema de distribución de instalaciones en específico. De los cuales se destacan el CRAFT, ALDEP, CORELA y SLP

### **4.2.1 El método CRAFT**

El método CRAFT (acrónimo en inglés de "Computerized Relative Allocation of Facilities Technique") es una herramienta de diseño de distribución en planta que se centra en la reducción del costo de manejo de materiales. Fue formulado por Armour y Buffa en 1963 y ha sido utilizado en diversas industrias para optimizar la distribución en planta y mejorar la eficiencia de los procesos productivos.

La metodología CRAFT se basa en la identificación de los costos asociados al manejo de materiales en una planta y la reducción de estos costos a través de una distribución en planta óptima. Para ello, se utilizan herramientas matemáticas y computacionales para calcular los costos de transporte, los tiempos de manipulación y las distancias recorridas por los materiales.

En este sentido, Mohamadghasemi y Hadi-Vencheh (2016) utilizaron la metodología CRAFT para medir el costo total de manejo de materiales en una planta industrial. Para ello, combinaron la metodología CRAFT con una metodología integrada basada en el valor de los juicios sintéticos difusos y la programación no lineal (SVFJ-PNL). El objetivo era encontrar una distribución en planta óptima que redujera el costo de manejo de materiales y mejorara la eficiencia de los procesos productivos.

La metodología CRAFT consta de cuatro etapas:

- Identificación de las relaciones de flujo de materiales: en esta etapa se identifican las relaciones entre los diferentes departamentos y áreas de trabajo en la planta. Se analizan los flujos de materiales y se determinan las necesidades de transporte y almacenamiento.
- Cálculo de la distancia de transporte: se calcula la distancia de transporte de los materiales entre los diferentes departamentos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta los flujos de materiales identificados en la etapa anterior.
- Determinación de los costos de transporte: se determinan los costos de transporte de los materiales, teniendo en cuenta la distancia recorrida y los tiempos de manipulación.
- Asignación de áreas de trabajo: se asignan las áreas de trabajo a los diferentes departamentos, teniendo en cuenta los flujos de materiales y los costos de transporte. Se busca encontrar una distribución en planta que reduzca los costos de transporte y mejore la eficiencia de los procesos productivos.

En resumen, el método CRAFT es una herramienta de diseño de distribución en planta que se centra en la reducción del costo de manejo de materiales. Su aplicación implica la identificación de los flujos de materiales, el cálculo de la distancia de transporte, la determinación de los costos de transporte y la asignación de áreas de trabajo. La combinación

de la metodología CRAFT con otras herramientas matemáticas y computacionales puede mejorar aún más su eficacia en la optimización de la distribución en planta y la mejora de la eficiencia de los procesos productivos.

#### **4.2.2 El método ALDEP**

Según Mejía, Wilches et al (2011), El método Automated Layout Designa Programa (ALDEP) es una técnica utilizada para la construcción de distribuciones en planta. Su objetivo es encontrar una distribución en planta óptima, que permita una utilización eficiente de los recursos y una mejora en la productividad y eficiencia de la empresa.

El proceso de aplicación del método ALDEP consta de las siguientes fases:

- **Recopilación de datos:** En esta fase se recopilan los datos necesarios para el diseño de la distribución en planta, como por ejemplo la lista de los departamentos a ubicar, sus dimensiones, el flujo de materiales entre ellos, los requerimientos de almacenamiento, entre otros.
- **Análisis de los datos:** En esta fase se analizan los datos recopilados, utilizando herramientas estadísticas y gráficas, para determinar las necesidades de la empresa y las restricciones que deben ser consideradas en la distribución en planta.
- **Generación de alternativas:** En esta fase se generan diferentes alternativas de distribución en planta, utilizando el programa ALDEP. Este programa utiliza la aleatorización para seleccionar los departamentos a ubicar y realizar desempates.
- **Evaluación de alternativas:** En esta fase se evalúan las alternativas generadas, utilizando diferentes criterios de evaluación como la minimización de los costos de transporte y movimiento de materiales, la reducción de los tiempos de producción, la

mejora en el flujo de materiales, la seguridad y comodidad de los trabajadores, entre otros.

- Selección de la mejor alternativa: En esta fase se selecciona la mejor alternativa de distribución en planta, basándose en los resultados de la evaluación de alternativas y en los objetivos y necesidades de la empresa.

A pesar de ser una técnica tradicional, el método ALDEP ha sido utilizado en diferentes campos, como en la industria manufacturera, para resolver problemas de distribución de planta y optimizar la eficiencia en la producción. Además, ha servido como base para el desarrollo de otras metodologías complementarias, que buscan mejorar la eficacia del método ALDEP, como es el caso del método CRAFT.

En resumen, el método ALDEP es una técnica de diseño de distribución en planta que utiliza un programa de computadora para generar diferentes alternativas, que son evaluadas para seleccionar la mejor opción para la empresa. Su objetivo es mejorar la utilización de los recursos y la eficiencia de la producción, y su aplicación implica un análisis detallado de los datos y una evaluación rigurosa de las alternativas generadas.

#### **4. 2.3 El método CORELAP**

Acrónimo de "Computerized Relationship Layout Planning", es una técnica tradicional que se utiliza en la construcción de distribuciones de planta. Este método fue desarrollado en 1967 y ha sido uno de los pioneros en el campo de la distribución asistida por computadora. CORELAP se enfoca en la ubicación de los departamentos según la calificación de cercanía total representada en trayectoria rectilínea. De esta manera, el departamento con mayor relación de cercanía se sitúa en el centro de la disposición, mientras que, como regla de

desempate, se selecciona el departamento de área más grande (Mejía, Galofre, Chávez ed., al, 2011).

El método CORELAP puede ser utilizado en diferentes tipos de instalaciones y se enfoca en la disposición óptima de los departamentos para mejorar la eficiencia y la productividad en la empresa. Sin embargo, una de las limitaciones del método es que no considera otros factores importantes, como el flujo de materiales y la comodidad de los trabajadores.

En la actualidad, existen nuevas metodologías que se basan en el CORELAP y que han incorporado otros factores relevantes en la distribución de planta, como el método SLP y el método CRAFT. Aunque estos métodos son más complejos que el CORELAP, pueden proporcionar una distribución de planta más eficiente y optimizada para una empresa.

En conclusión, aunque el método CORELAP ha sido una técnica tradicional para la construcción de distribuciones de planta, es importante tener en cuenta que existen nuevas metodologías que pueden ser más efectivas para mejorar la eficiencia y productividad en una empresa. Por lo tanto, es recomendable que se consideren diferentes métodos y técnicas en función de las necesidades específicas de cada empresa.

#### **4.2.4 El método Systematic Layout Planning (SLP)**

Es una técnica muy utilizada en la ingeniería industrial para diseñar una distribución de planta óptima en una empresa. Su enfoque se basa en la organización de las áreas de trabajo y equipos, el flujo de materiales, la comodidad de los trabajadores y los requerimientos específicos de los procesos y almacenamientos, todo ello con el objetivo de mejorar la eficiencia y productividad de la empresa (Escobar-Mojica et al., 2019)

El proceso de aplicación del método SLP consta de varias fases que deben ser realizadas de forma sistemática y rigurosa. En primer lugar, se lleva a cabo una recolección de datos, en la

cual se recopilan información sobre los productos o servicios que ofrece la empresa, la maquinaria y equipos utilizados en los procesos productivos, los flujos de materiales, los requerimientos de almacenamiento y cualquier otra información relevante para el diseño de la distribución de planta.

Posteriormente, se realiza un análisis de los datos recopilados, con el fin de identificar las necesidades y limitaciones de la empresa. En esta fase, se pueden utilizar herramientas estadísticas y gráficas para visualizar la información y determinar la mejor forma de organizar la distribución de planta.

Una vez que se han analizado los datos, se procede a la generación de alternativas, que consiste en crear diferentes opciones de diseño de la distribución de planta. Estas alternativas pueden ser generadas a través de software especializado o de forma manual, y deben tener en cuenta los criterios y objetivos de la empresa.

Después de generar las alternativas, se realiza una evaluación de estas, utilizando diferentes criterios como la minimización de costos de transporte y movimiento de materiales, la reducción de los tiempos de producción, la mejora en el flujo de materiales, la seguridad y comodidad de los trabajadores, entre otros. En esta fase, se comparan y contrastan las diferentes alternativas de distribución de planta, y se identifican los puntos fuertes y débiles de cada opción.

Finalmente, se selecciona la mejor alternativa de distribución de planta, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la evaluación y los objetivos y necesidades de la empresa. En esta fase, se establecen las pautas para la implementación de la nueva distribución de planta, incluyendo la planificación del proceso de transición y los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

En conclusión, el método SLP es una herramienta muy útil para diseñar una distribución de planta óptima en una empresa, y su aplicación implica un análisis detallado de los datos y una evaluación rigurosa de las alternativas generadas. Su objetivo es mejorar la eficiencia y productividad de la empresa, y su enfoque en la organización de las áreas de trabajo y equipos, el flujo de materiales, la comodidad de los trabajadores y los requerimientos específicos de los procesos y almacenamientos permite obtener una distribución de planta óptima y eficiente.

La eficiencia de la distribución en planta también puede ser mejorada mediante el uso de herramientas y técnicas específicas, como el análisis de cuellos de botella, la optimización de la disposición de los equipos y el uso de diagramas de flujo de procesos. El análisis de cuellos de botella ayuda a identificar los procesos que limitan la capacidad de producción, mientras que la optimización de la disposición de los equipos ayuda a reducir el tiempo de procesamiento y el costo de transporte. Por otro lado, el uso de diagramas de flujo de procesos ayuda a visualizar y analizar el flujo de materiales en la instalación (Chase, Jacobs y Aquilano, 2019).

La configuración adecuada de estos factores permite garantizar un flujo continuo en las líneas de producción, integrando de manera efectiva todos los componentes involucrados en el proceso productivo. Se debe considerar que una buena distribución en planta es esencial para el éxito de la producción y debe ser cuidadosamente planificada para optimizar la eficiencia, reducir costos y minimizar los riesgos laborales.

Toda industria o empresa que desee estar a la vanguardia y cumplir con las demandas del sector comercial y que desee producir a gran escala sin que esto represente una desmesura de gastos constantes debe tener en cuenta la distribución de planta como algo esencial según Ortiz y Zúñiga, (2022) Una correcta distribución de planta es una de las condiciones más

importantes para el desarrollo de actividades de una empresa que quiere ser competitiva en el mercado, debe existir sinergia entre todos los elementos para que la empresa pueda aprovechar de forma más eficiente todos recursos con los que cuenta para desarrollar sus actividades generando mayores márgenes de ganancia al producir más con menos recursos básicamente mayor eficiencia en los procesos y un desarrollo más eficaz en sus métodos de trabajo

Por esta razón la distribución en planta tiene un impacto muy significativo en la eficiencia de la producción y el nivel de productividad de los sistemas de manufactura que tiene implementados las empresas.

El artículo "Metodología para la distribución de plantas en ambientes de agrupación" de Álvarez, et al. (2017) presenta una metodología para la distribución de plantas en ambientes de agrupación. El objetivo principal del artículo es presentar una técnica sistemática para optimizar la disposición de los equipos de producción en un entorno de agrupación.

En cuanto a los procesos y fases del desarrollo, el artículo comienza por definir el problema a resolver y establecer los objetivos de la investigación. A continuación, se realiza una revisión bibliográfica para conocer el estado del arte de la distribución de plantas y las metodologías existentes. A partir de esta revisión, se definen los criterios y las restricciones que se utilizarán en la metodología propuesta.

La metodología se divide en cuatro fases: análisis de los procesos, análisis de la demanda y el flujo de materiales, análisis de las restricciones, y finalmente, diseño y evaluación de alternativas. En la primera fase se identifican los procesos y se definen sus requerimientos de espacio. En la segunda fase, se analiza el flujo de materiales y se determinan las áreas necesarias para el almacenamiento temporal de los materiales. En la tercera fase, se consideran las restricciones, tales como los requisitos de seguridad, los límites de capacidad y los

requisitos de espacio. Finalmente, en la cuarta fase, se generan y evalúan alternativas de distribución de plantas.

En cuanto a los puntos importantes del desarrollo, se destaca la importancia de la definición clara de los objetivos y criterios de la investigación para poder establecer las restricciones adecuadas. Asimismo, se enfatiza la importancia del análisis del flujo de materiales para determinar los requerimientos de espacio para el almacenamiento temporal de los materiales. También se menciona la importancia de considerar las restricciones de seguridad y capacidad para garantizar una distribución óptima de la planta. Finalmente, se destaca la importancia de la evaluación sistemática de las alternativas generadas para seleccionar la mejor solución.

#### **4.3 INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS ANALIZADAS**

Existen numerosas investigaciones nacionales e internacionales en el ámbito científico que buscan solucionar problemáticas reales relacionadas con la distribución de planta y el mejoramiento de los métodos y tiempos del proceso productivo. La optimización del diseño de la distribución de planta a través de herramientas de simulación y modelado matemático y el uso de técnicas de análisis de procesos y tiempos son enfoques populares utilizados para mejorar la eficiencia y la productividad.

Mejía, Wilches et al (2011) en su investigación Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución describen un estudio que utilizó metodologías de distribución de plantas para configurar un centro de distribución donde el objetivo principal del estudio era reducir costos, mejorar los métodos de trabajo, garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, y reducir los tiempos de manejo de material y cuellos de botella. Así analizaron las diferentes áreas del centro de distribución y aplicaron diferentes técnicas para optimizar su diseño, incluyendo la identificación de áreas de alta y baja

demanda, la definición de rutas de transporte y la ubicación de los equipos de manejo de materiales. También realizaron un análisis de riesgos y evaluaron la ergonomía de las estaciones de trabajo.

Los hallazgos del estudio sugieren que la implementación de las metodologías de distribución de plantas permitió la reducción de costos y la mejora de los métodos de trabajo. Además, se logró una mejora en la seguridad y salud de los trabajadores, así como una reducción en los tiempos de manejo de materiales y cuellos de botella.

En conclusión, los autores utilizaron metodologías de distribución de plantas para optimizar el diseño de un centro de distribución, logrando reducir costos, mejorar los métodos de trabajo y garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Los resultados obtenidos pueden ser útiles para la optimización de otros centros de distribución.

Buitrago (2017) en su investigación Análisis bibliométrico sobre la producción científica en distribución en planta en la red Redalyc durante el periodo 2007 – 2017 tuvo como objetivo analizar la producción científica en distribución en planta en la red Redalyc durante un período de 10 años, identificando las fuentes de publicación más importantes, los autores más citados y las palabras clave más utilizadas en los artículos relacionados con el tema.

El autor utilizó una metodología bibliométrica para recopilar y clasificar los 198 documentos relacionados con la distribución en planta en la región latinoamericana. Los resultados del análisis mostraron que la producción científica relacionada con la distribución en planta ha aumentado en los últimos años, siendo México y Brasil los países líderes en la producción de este tema en la región.

Además, se identificaron algunas revistas y autores destacados en el campo de la distribución en planta en la región, lo que puede ser útil para quienes buscan información actualizada y

relevante en el tema. El análisis de las palabras clave más utilizadas en los artículos también permitió identificar los temas más relevantes y las tendencias en este campo.

En conclusión, la investigación de Buitrago-Pulido proporciona información valiosa sobre la producción científica en distribución en planta en América Latina. Este análisis puede ser útil para investigadores, profesionales y empresas interesadas en mejorar sus procesos de distribución en planta, así como para desarrollar nuevas investigaciones en el tema. El análisis bibliométrico utilizado en la investigación puede ser útil para estudios similares en otros temas y áreas de investigación.

Rojas, D., Carrillo, K., & Ancajima, R. (2019) en su tesis Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta para alcanzar este objetivo, los autores del estudio realizaron una evaluación del sistema productivo actual de la empresa, identificando los problemas y limitaciones que presentaba. Luego, aplicaron técnicas de distribución de planta, como el análisis de flujo de materiales y la heurística de CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), para definir una nueva distribución de planta que permitiera mejorar la eficiencia del sistema productivo y reducir los costos operativos.

Los resultados obtenidos demostraron que la nueva distribución de planta propuesta permitió una reducción del 20% en los tiempos de producción, una reducción del 30% en los costos de producción y una mejora significativa en la calidad de los productos fabricados. Además, se logró una reducción en los tiempos de espera y de transporte, así como una optimización del espacio disponible en la planta.

En cuanto a las conclusiones del estudio, se puede afirmar que la aplicación de técnicas de distribución de planta resultó efectiva para mejorar el sistema productivo de la empresa manufacturera en cuestión. Asimismo, se destaca la importancia de contar con una

distribución de planta adecuada, ya que puede tener un impacto significativo en la eficiencia y los costos operativos de la empresa.

En resumen, el documento "Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta" presenta un análisis detallado sobre la aplicación de técnicas de distribución de planta para mejorar el sistema productivo de una empresa manufacturera. Los resultados obtenidos permitieron demostrar la efectividad de las técnicas aplicadas, mientras que las conclusiones destacan la importancia de contar con una distribución de planta adecuada para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos.

Cervera, A., & Lloret, J. (2017) en su artículo Metodología de distribución de plantas para ambientes de agrupación de oficinas. Tiene como objetivo proponer una metodología para la distribución de plantas en ambientes de agrupación de oficinas, de manera que se pueda mejorar la eficiencia y el bienestar de los trabajadores.

Para lograr este objetivo, los autores del estudio aplicaron la metodología SLP (Systematic Layout Planning), que consiste en una serie de pasos sistemáticos para identificar la mejor distribución de una planta. La metodología se adaptó a las características de los ambientes de agrupación de oficinas y se combinó con el método de Agrupamiento Jerárquico para establecer las relaciones entre los diferentes elementos que componen el ambiente.

Los resultados obtenidos permitieron identificar la distribución más adecuada para los ambientes de agrupación de oficinas, lo que permitió mejorar la eficiencia de los procesos y el bienestar de los trabajadores. La metodología propuesta se aplicó con éxito en una empresa de servicios de telecomunicaciones, obteniendo una mejora significativa en los indicadores de productividad y satisfacción de los trabajadores.

En cuanto a las conclusiones del estudio, se puede afirmar que la metodología de distribución de plantas adaptada a los ambientes de agrupación de oficinas resultó efectiva para mejorar la eficiencia y el bienestar de los trabajadores. Asimismo, se destaca la importancia de tener en cuenta las características específicas de cada ambiente al aplicar la metodología de distribución de plantas.

En resumen, el artículo presenta una propuesta sistemática y detallada para la distribución de plantas en ambientes de agrupación de oficinas. Los resultados obtenidos permitieron identificar la distribución más adecuada, mientras que las conclusiones destacan la importancia de adaptar la metodología a las características específicas de cada ambiente.

El objetivo de la investigación realizada por Torres Soto, Flórez Peña, Sánchez y Castañeda (2020) fue mejorar la distribución en planta en empresas productoras de Guadua Laminada Encolada (GLG) mediante la metodología SLP. Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo visitas a la empresa para comprender mejor sus procesos productivos y se realizó una observación detallada de los mismos. Se analizó la distribución actual de la planta y se identificaron los problemas existentes, estableciendo objetivos específicos para la nueva distribución. Posteriormente, se diseñaron diferentes alternativas de distribución y se evaluaron los beneficios y limitaciones de cada una. Se seleccionó la mejor opción y se evaluaron diferentes factores como la eficiencia de la producción, la reducción de costos, el aumento de la productividad y la mejora en la seguridad de los trabajadores. Finalmente, se desarrolló un plan de implementación detallado y se llevaron a cabo las acciones necesarias para implementar la nueva distribución en planta, realizando pruebas para verificar su eficacia y realizando una evaluación final de los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos muestran que la implementación de la metodología SLP permitió una mejora significativa en la eficiencia de la producción y una optimización del uso del espacio de la planta, lo que llevó a una disminución en los costos y un aumento en la productividad. Además, se mejoró la seguridad de los trabajadores, lo que es un factor importante en cualquier empresa. Se concluye que la metodología SLP es una herramienta valiosa para mejorar la distribución en planta en empresas productoras de GLG, y que su aplicación puede llevar a mejoras significativas en la eficiencia y productividad de la empresa. En resumen, el estudio realizado por Torres Soto et al. (2020) demuestra que la metodología SLP es efectiva para mejorar la distribución en planta en empresas productoras de GLG, y que su implementación puede llevar a una reducción de costos, aumento de la productividad y mejora en la seguridad de los trabajadores. Este estudio proporciona una explicación detallada de cada etapa de la metodología SLP, lo que puede ser útil para otras empresas que deseen implementar esta herramienta en su proceso de producción.

Ilustración 2 Análisis de los modelos de solución para la distribución de planta

Modelo de solución	Metodología	Software	Área de aplicación
Método CRAFT	Identificación de las relaciones de flujo de materiales, cálculo de la distancia de transporte, determinación de los costos de transporte y asignación de áreas de trabajo.	CRADFT, DSS	Reducción del costo de manejo de materiales en una planta y mejora de la eficiencia de los procesos productivos.
Método ALDEP	Recopilación de datos, análisis de los datos, generación de alternativas, evaluación de alternativas y selección de la mejor alternativa.	Automated Layout Design Program (ALDEP)	Industria manufacturera y otros campos para resolver problemas de distribución de planta y mejora en la productividad y eficiencia de la empresa.
Método SLP	Identificación de los puntos de localización óptimos para las actividades de la planta.	Different SLP software solutions like SLPSOFT, SLP Wizard, AutoCAD etc.	Aplicaciones en la industria, gestión de almacenes y otros campos relacionados con la distribución de planta.
Método CORELAP	Optimización de la ubicación relativa de los departamentos, maximización de la eficiencia y minimización del costo de producción.	Software de optimización de diseño de planta CORELAP	Industria manufacturera y otros campos para resolver problemas de distribución de planta y mejora en la productividad y eficiencia de la empresa

Fuente: Elaboración propia 2023

Tabla 1 Comparación de métodos para la optimización de la distribución en planta

<b>Característica</b>	<b>Método CRAFT</b>	<b>Método ALDEP</b>	<b>Método SLP</b>	<b>Método CORELAP</b>
Objetivo	Reducción del costo de manejo de materiales	Encontrar una distribución en planta óptima que permita una utilización eficiente de los recursos y mejore la productividad y eficiencia de la empresa	Reducción de la distancia de transporte y de la cantidad de movimientos de materiales	Reducción de la distancia recorrida por los materiales y tiempos de espera, mejora del flujo de materiales y del espacio de trabajo
Fases del proceso	Identificación de las relaciones de flujo de materiales, Cálculo de la distancia de transporte, Determinación de los costos de transporte, Asignación de áreas de trabajo	Recopilación de datos, Análisis de los datos, Generación de alternativas, Evaluación de alternativas, Selección de la mejor alternativa	Selección de un grupo de productos para el análisis, Agrupamiento de las operaciones, Análisis de las distancias y movimientos, Asignación de áreas de trabajo, Diseño del flujo de materiales	Selección de un grupo de productos para el análisis, Agrupamiento de las operaciones, Análisis de las distancias y tiempos, Asignación de áreas de trabajo, Diseño del flujo de materiales
Herramientas utilizadas	Herramientas matemáticas y computacionales	Programa ALDEP, herramientas estadísticas y gráficas	Diagrama de flujo de proceso (PFD), diagrama de bloques de proceso (PBD), diagrama de operaciones (OD)	Diagrama de flujo de proceso (PFD), diagrama de bloques de proceso (PBD), diagrama de operaciones (OD)

Criterios de evaluación	Reducción de los costos de transporte y movimiento de materiales, mejora en la eficiencia de los procesos productivos	Minimización de los costos de transporte y movimiento de materiales, reducción de los tiempos de producción, mejora en el flujo de materiales, seguridad y comodidad de los trabajadores, entre otros	Reducción de la distancia de transporte y de la cantidad de movimientos de materiales, mejora en la eficiencia de los procesos productivos	Reducción de la distancia recorrida por los materiales y tiempos de espera, mejora del flujo de materiales y del espacio de trabajo
Áreas de aplicación	Diversas industrias para optimizar la distribución en planta y mejorar la eficiencia de los procesos productivos	Industria manufacturera, entre otros campos	Diversas industrias para optimizar la distribución en planta y mejorar la eficiencia de los procesos productivos	Industria manufacturera, entre otros campos
Combinación con otras herramientas	Metodología integrada basada en el valor de los juicios sintéticos difusos y la programación no lineal (SVFJ-PNL)	MATLAB - Simulink	Técnicas de análisis de tiempos y movimientos, análisis de costos y análisis de operaciones. MATLAB - Simulink LabVIEW - Python	Técnicas de análisis de tiempos y movimientos, análisis de costos y análisis de operaciones. MATLAB - Simulink - LabVIEW - Python
Ventajas	Permite la identificación de problemas en el flujo de materiales y la evaluación de soluciones alternativas, y mejora la eficiencia y	Permite la selección de la mejor distribución en planta, mejora el flujo de materiales y reduce los tiempos y costos de producción	Reduce la distancia de transporte y cantidad de movimientos de materiales, mejora el flujo de materiales y aumenta la eficiencia	Reduce la distancia recorrida por los materiales y tiempos de espera, mejora el flujo de materiales y optimiza el espacio de trabajo

	productividad de la empresa. CRAF - REX - Simulink		de los procesos productivos	
Desventajas	Requiere un análisis y recopilación de datos exhaustivo y detallado, lo que puede ser costoso y complejo	Puede requerir una gran cantidad de datos y un análisis detallado, lo que puede ser costoso y complejo	Puede no ser adecuado para distribuciones en planta complejas o con una gran cantidad de variabilidad en el flujo de materiales	Puede no ser adecuado para distribuciones en planta complejas o con una gran cantidad de variabilidad en el flujo de materiales
Ejemplos de aplicación	Optimización de la distribución en planta de una empresa textil, mejora de la eficiencia en la producción de una empresa de alimentos, optimización de la gestión de inventarios en una empresa de electrónica	Diseño de una nueva planta de producción en una empresa de muebles, mejora de la distribución en planta en una empresa de cosméticos, optimización de la distribución en planta en una empresa de productos químicos	Reducción de los costos de transporte en una empresa de materiales de construcción, mejora de la eficiencia en la producción de una empresa automotriz, optimización de la gestión de inventarios.	Reducción de los tiempos de producción en una empresa de electrodomésticos, mejora de la eficiencia en la producción de una empresa de alimentos, optimización de la distribución en planta en una empresa de productos químicos

Fuente: Elaboración propia 2023

## 5 METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto posee un enfoque cuantitativo porque permite a la empresa Incamet S. A con datos precisos comparar numéricamente las diferencias del espacio de antes y después de la propuesta con una medición precisa y un levantamiento de información de la situación actual de la organización, se debe: conocer en detalle cuáles son los espacios improductivos de la empresa y donde hay desplazamientos innecesarios, realizando una medición del área total, una medición del área requerida, un conteo de máquinas, mesas de trabajo y cantidad total de operarios. Cabe mencionar que fuera de realizar este análisis también se debe efectuar una recolección de información de tipo cualitativo basada en el método de observación de comportamientos naturales, discursos, y encuestas, con el fin de diagnosticar la ocurrencia de comportamientos perceptibles, de forma que se registren y cuantifiquen adecuadamente dentro de la empresa, identificando los aspectos que se deben modificar para generar las mejoras correspondientes según las necesidades de la empresa.

Este proyecto se realizará bajo el tipo de investigación explicativa, porque se aumentará la comprensión sobre la distribución de planta y sus beneficios permitiendo encontrar razones por las que sucede esta problemática dentro de la empresa. Se Utiliza la recolección de datos secundarios como fuente de información, como la literatura o artículos publicados que se seleccionan cuidadosamente para tener una comprensión amplia y equilibrada del tema, requiere la combinación de los métodos analítico y sintético, en conjugación con el deductivo y el inductivo, para darle respuesta mediante la una propuesta de distribución adecuada a las

Tabla 2 Diseño de la investigación

Resumen de fuentes primarias técnicas e instrumentos

ETAPAS	Objetivos específicos	Actividades	Fuentes		Técnicas e instrumentos
			Primarias	Secundarias	
1	Diagnosticar las fallas en el proceso de producción para el diseño de estrategias que permitan llegar a una solución factible de la problemática de espacio y recorridos dentro del proceso.	1.1 Reunir información sobre distribución actual que presenta el proceso de producción.	Libro distribución de planta Richard Muther	Artículos científicos Sobre distribución de planta	•observaciones directas al proceso
		1.2 Analizar la información recolectada.	Libro distribución de planta Richard Muther	Artículos científicos Sobre distribución de planta	•observaciones directas al proceso
2	Desarrollar propuestas de diseños de distribución en planta para la obtención de una mejora en el proceso de producción.	2.1 Determinar qué tipo de distribución de planta se acomoda mejor de acuerdo con los productos que se fabrican	Libro distribución de planta Richard Muther	Artículos científicos Sobre distribución de planta	• Artículos científicos
		2.2 Medir el área actual y el área que se desea proponer	Incamet S.A.S	Información suministrada por los operarios de la empresa	• Medición con medidor laser
		2.3 Desarrollar el diseño de la distribución de planta	Incamet S.A.S	Información suministrada por los operarios de la empresa	•software AutoCAD
3	•Evaluar el impacto del diseño de distribución de planta seleccionado sobre el proceso producción	3.1 simular la propuesta seleccionada en el software ProModel para verificar la viabilidad de la distribución	Institución Universitaria Pascual bravo	Asesoría de los docentes del pascual bravo	•software ProModel

Fuente: Elaboración propia 2023

## 6 RESULTADOS

### 6.1 LEVANTAMIENTO DE PLANOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

INCAMET S.A.S es una empresa con 25 años de antigüedad en el mercado industrial. El estudio se centra en la descripción detallada de las instalaciones de la compañía, ubicadas en el barrio Guayabal de la ciudad de Medellín, (Colombia) las cuales ocupan una superficie techada de 880m<sup>2</sup>.

Ilustración 3 Infraestructura exterior de INCAMET S.A.S



Fuente: Autores

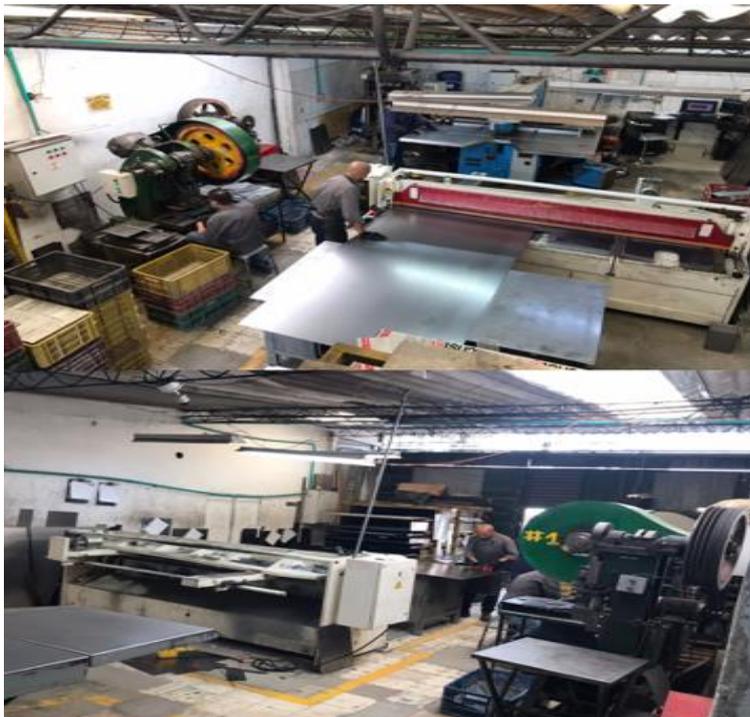
INCAMET S.A.S cuenta actualmente con 60 colaboradores y opera en un edificio principal de 4 pisos, una bodega al frente y un segundo piso en el edificio de al lado.

### 6.1.1 DIAGNOSTICO BODEGA DEL FRENTE - ACTUAL

La bodega pequeña de la empresa, con una superficie de 69 m<sup>2</sup>, es fundamental para todas las operaciones de la organización. En este espacio se realizan actividades de corte, y se dispone de equipamiento especializado como una cortadora con un área de trabajo de 7m<sup>2</sup>, una punzonadora con un área de trabajo de 16m<sup>2</sup> y dos troqueladoras, cada una con su respectiva estantería de troqueles, que ocupan un espacio de 2m<sup>2</sup> cada una. Con este equipamiento, se pueden llevar a cabo diversas tareas de corte y perforación que son necesarias para el funcionamiento de la empresa.

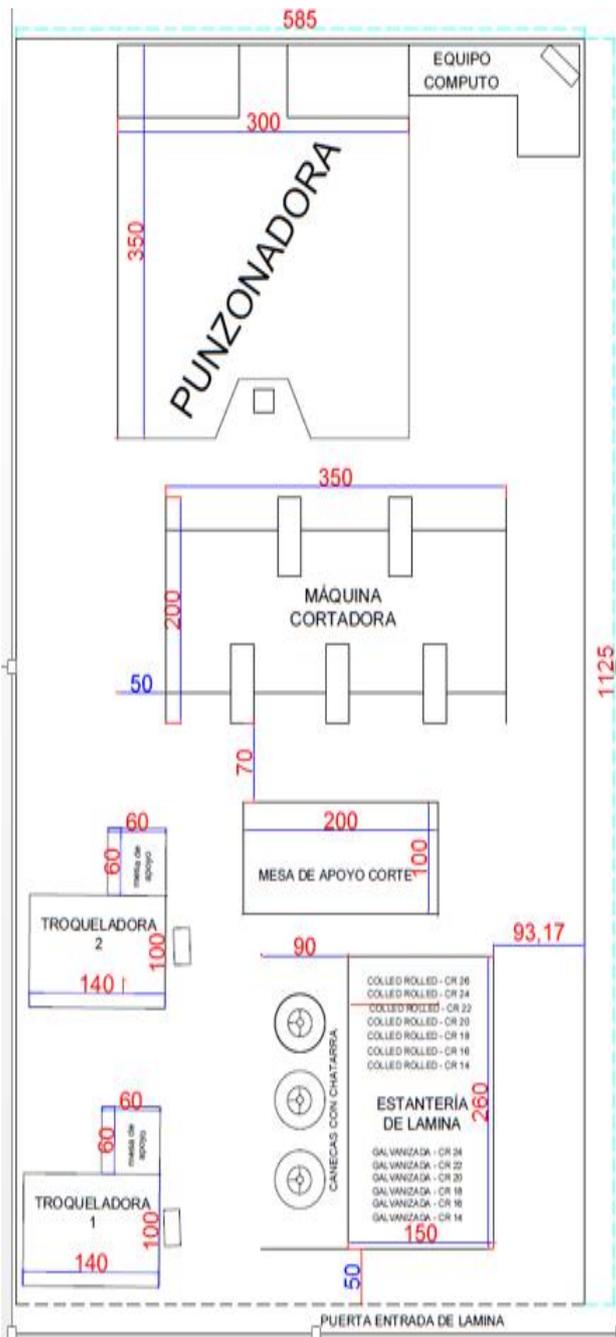
Asimismo, esta bodega es el punto principal de recepción de la materia prima, y se dispone de una estantería de 2,6 metros por 1,5 metros para almacenar la lámina Cold rolled y la lámina galvanizada utilizada en el proceso de producción, tal como se muestra en la imagen. Esta bodega es el inicio de la cadena de producción, ya que es aquí donde se preparan los materiales y se llevan a cabo las primeras operaciones para la fabricación de los productos de la empresa.

Ilustración 4 Bodega del frente 69 m<sup>2</sup>



Fuente: Autores

Ilustración 5 Plano de Bodega del frente 69 m<sup>2</sup>



Fuente: Autores

Tabla 3 Información de maquinaria (Cizalla)

<b>Cizalla</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Nombre de la maquina	Cizalla cortadora
Funcionamiento	Utiliza dos cuchillas paralelas para cortar materiales. El material para cortar se coloca entre las cuchillas y se aplica una fuerza para lograr
Materiales que se pueden cortar	Láminas metálicas, madera, papel, plástico y otros materiales similares
Usos principales	Metalurgia: para cortar láminas de metal en diferentes formas y tamaños; industria gráfica: para cortar papel y cartón en formas específicas para la producción de tarjetas y etiquetas; para cortar varillas de acero y otros materiales para la construcción de estructuras.
Dimensiones	Alto: 1,80 metros; ancho: 3,00 metros; Profundo: 3,50 metros.

Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 6 Proceso de corte - cizalla cortadora



Fuente: Autores

Tabla 4. Información de maquinaria (Punzonadora)

<b>Punzonadora</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Nombre de la maquina	Punzonadora
Funcionamiento	Corta, perfora y conforma láminas metálicas usando un punzón y una matriz, a semejanza de una prensa.
Proceso de punzonado	Técnica utilizada en el conformado de chapa metálica.
Materiales que se pueden punzonar	Láminas metálicas.
Usos principales	En la industria metalúrgica se utiliza para la fabricación de piezas de metal, como paneles de control, carcasas de equipos electrónicos, entre otros. También se utiliza en la fabricación de piezas para la construcción, como perfiles de acero, vigas, entre otros.
Dimensiones	Alto: 1,80 metros, Ancho: 3,00 metros, Profundo: 3,50 metros.

Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 7 Maquina Punzonadora



Fuente: Autores

Tabla 5 Información de maquinaria (Troqueladora Pequeña)

<b>Troqueladora Pequeña</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Nombre de la maquina	Troqueladora Pequeña
Funcionamiento	Realiza cortes mediante la presión del troquel sobre una superficie.
Tamaño	Hay troqueles de diferentes tamaños y formas
Altura	regulable Generalmente las troqueladoras pueden ajustarse a diferentes alturas.
Usos principales	Se utiliza para cortar y dar forma a materiales como papel, cartón, plástico, goma, cuero y láminas metálicas de bajo calibre.
Dimensiones	Alto: 2,00 metros, Ancho: 1,60 metros, Profundo: 1,40 metros.

Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 8 Troqueladora pequeña



Fuente: Autores

**Estantería lamina:** tener las láminas galvanizadas y Cold rolled ordenadas y clasificadas por calibre y tipo de material permite una mejor organización y gestión del inventario.

### **Dimensiones**

- Alto: 2.00 metros
- Ancho: 1.50 metros
- Profundo: 2.60 metros

Ilustración 9 Estantería de lamina



Fuente: Autores

### 6.1.2 DIAGNOSTICO PRIMER PISO – ACTUAL

El primer piso del edificio principal de la empresa es un espacio de 264m<sup>2</sup> destinado a una variedad de procesos industriales. Uno de ellos es la operación de dobladoras hidráulicas eléctricas, que es el proceso predominante de la empresa y que ocupa un espacio de trabajo específico de 14m<sup>2</sup>. Este espacio de trabajo incluye una mesa de apoyo para el operario. Además, en el mismo piso se ubican las dobladoras manuales que abarcan un área de 4m<sup>2</sup> y se utilizan específicamente para dar forma a las piezas de metal.

Además, en este mismo piso se encuentra el proceso de colillado, donde se realiza el corte y acabado de los extremos de las piezas. El area ocupada por la maquina colilladora y la mesa de apoyo es de 2.6m<sup>2</sup>. En este mismo espacio se ubican también tres troqueladoras que se utilizan para dar forma a las piezas de metal que se producen en línea en el proceso de colillado, con un espacio de ocupación de 9m<sup>2</sup>.

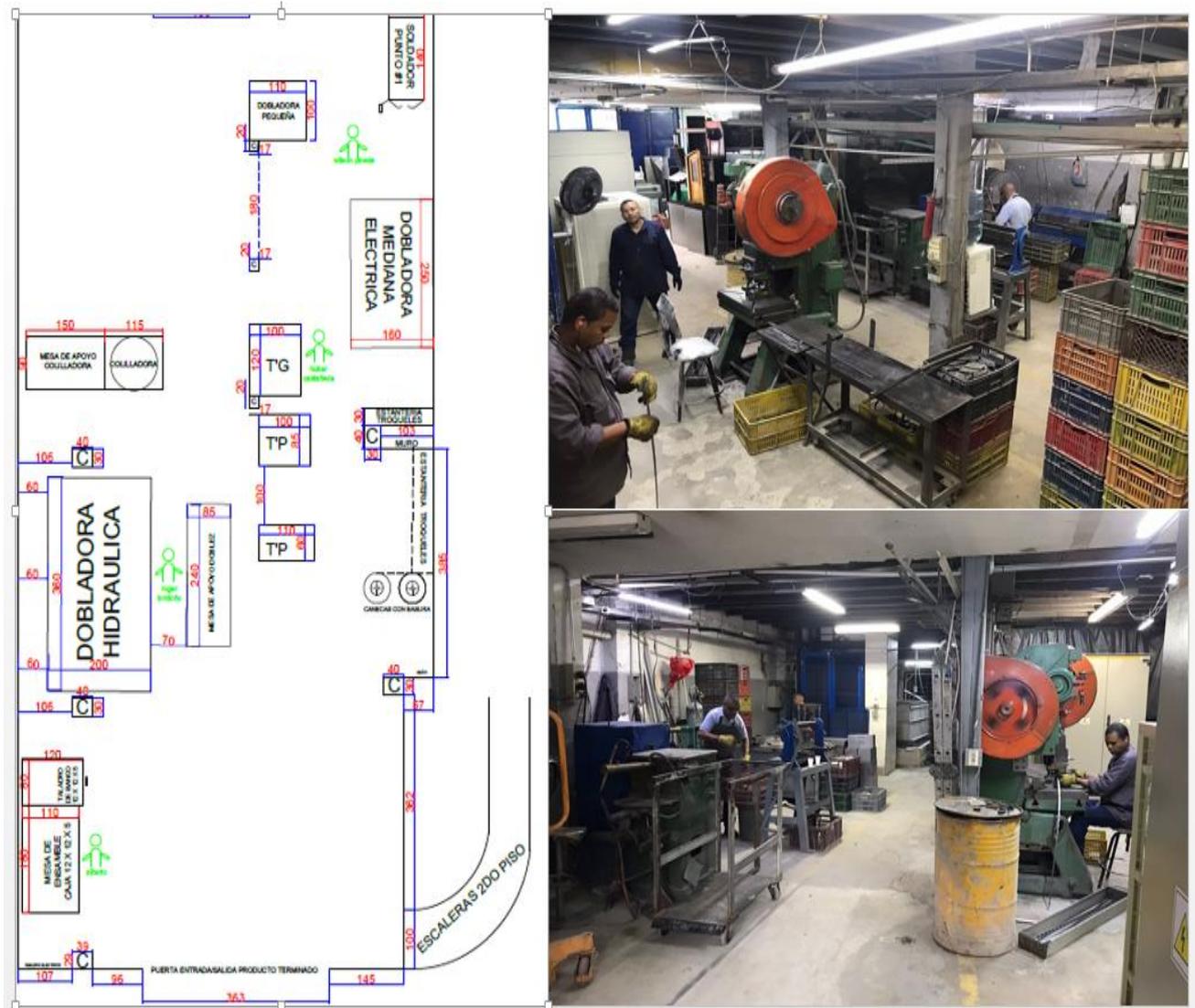
Finalmente, en este mismo piso se lleva a cabo el proceso de ensamble del producto estrella de la empresa: la caja eléctrica de empalme. Este proceso ocupa un espacio de disposición de 3m<sup>2</sup>

Ilustración 10 Dobladoras y Troqueladoras



Fuente: Autores

Ilustración 11 Primer piso – dobladoras, troqueladoras y ensamble caja eléctrica 12x12x5cm



Fuente: Elaboración propia 2023

En el piso del edificio principal se realiza un proceso de lavado para preparar adecuadamente los productos antes de la pintura. Este proceso implica el uso de tres tanques: el primer tanque utiliza un químico desengrasante conocido como Gardasil para eliminar cualquier grasa o suciedad en la superficie. Posteriormente, la superficie se enjuaga con agua en el segundo tanque. Finalmente, se sumerge la superficie en el tercer tanque (#3) que utiliza un químico sellante llamado West Seal para eliminar cualquier residuo que pueda haber quedado después del enjuague.

La empresa cuenta con un área de lavado esencial en el proceso de preparación de la superficie antes de la pintura, con el objetivo de permitir que la pintura se adhiera adecuadamente y dure más tiempo. Para ello, se utilizan químicos específicos en cada tanque para garantizar que la superficie esté completamente limpia y libre de residuos antes de aplicar la pintura.

Posteriormente, se procede al proceso de pintura electrostática, que es clave para la estética y durabilidad de los productos. La empresa cuenta con dos cabinas de pintura, una más pequeña con un área de 11m<sup>2</sup>, que se utiliza para pintar productos de stock, y una más grande con un área de 15m<sup>2</sup>, que se utiliza para pintar las subestaciones eléctricas.

Una vez pintadas, las piezas se someten a un proceso de horno curado con cámara de combustión por llama para que la pintura se adhiera adecuada y uniformemente a la superficie y se logre una mayor durabilidad del producto final. El horno ocupa un espacio de 25m<sup>2</sup>.

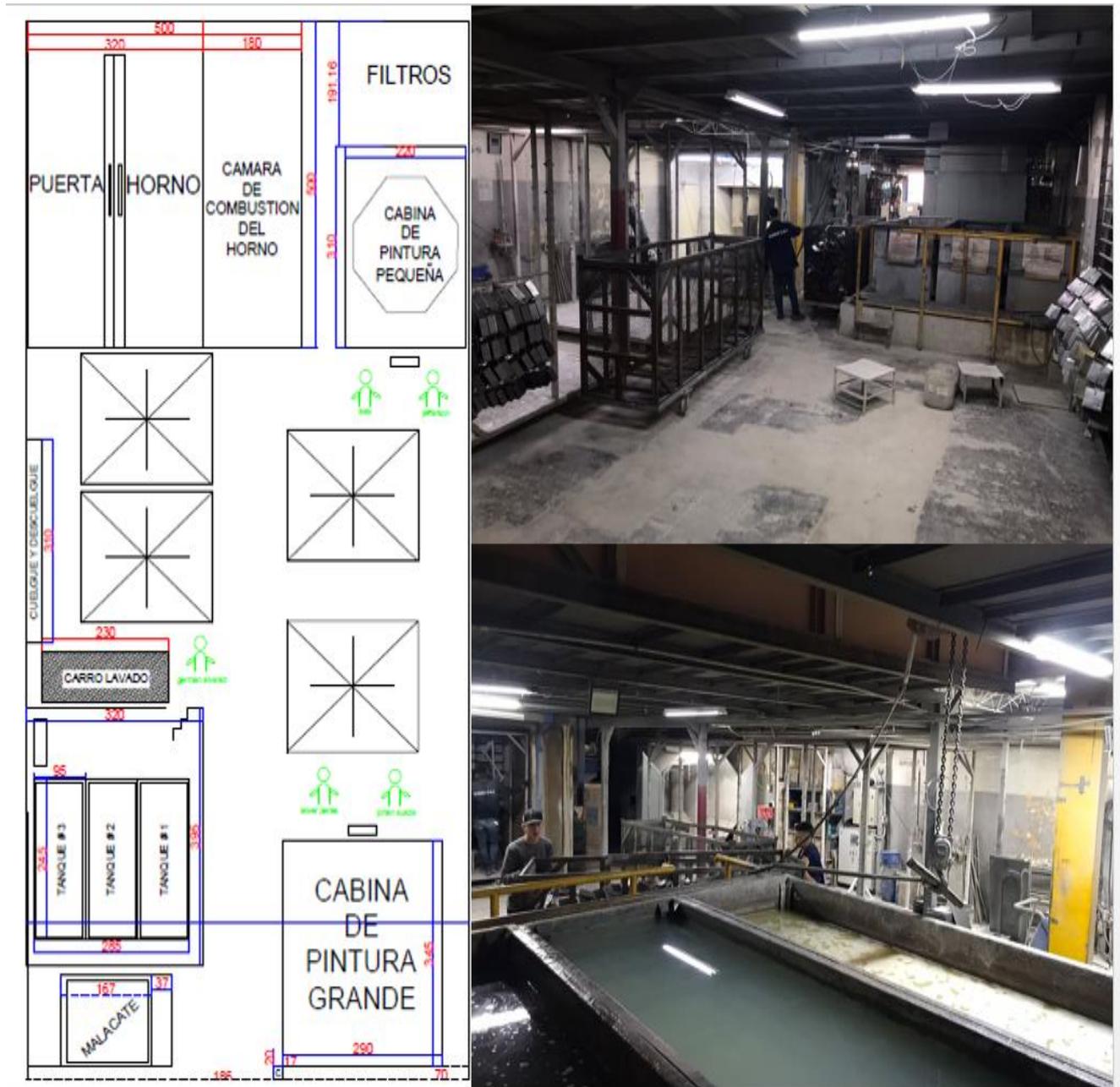
La distribución del piso con los diferentes procesos industriales se muestra en una figura para facilitar la visualización de la ubicación de cada uno de ellos y su importancia en el proceso productivo de la empresa.

Ilustración 12 Tanques



Fuente: Autores

Ilustración 13 Plano primer piso – lavado y pintura



Fuente: Elaboración propia 2023

Tabla 6 Información de maquinaria (Dobladora hidráulica grande)

<b>Dobladora hidráulica grande</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Nombre de la maquina	Dobladora hidráulica grande
Funcionamiento	Esta máquina se utiliza en la industria metalmeccánica para producir piezas de chapa de metal y en la construcción de estructuras metálicas. El proceso de doblado comienza cuando la pieza de metal se coloca en la máquina y se ajustan las medidas del doblado requeridas.
Altura	2,45 metros
Funcionamiento	Aplicación de fuerza hidráulica a través de un pistón para doblar láminas metálicas según el ángulo deseado.
Usos principales	Producción de piezas de chapa de metal y construcción de estructuras metálicas.
Dimensiones	Alto: 2,45 metros, Ancho: 3,60 metros, Profundo: 2,00 metros

Fuente: Elaboración propia 2023

Tabla 7 Figura 9 Dobladora hidráulica grande



Fuente: Autores

Tabla 8 Información de maquinaria (Dobladora eléctrica)

<b>Dobladora eléctrica</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Funcionamiento	Herramienta utilizada para doblar láminas de metal, que utiliza un motor eléctrico para aplicar la fuerza necesaria para doblar el metal.
Tamaño	Alto: 2,00 metros, Ancho: 2,50 metros y Profundo: 1,60 metros
Altura de trabajo	0,80 metros
Usos principales	Se utiliza normalmente en la industria metalmecánica para la producción de piezas de chapa de metal y en la construcción de estructuras metálicas.
Funcionamiento	A diferencia de las dobladoras hidráulicas, que requiere que el operador aplique la fuerza necesaria para doblar la lámina, las dobladoras eléctricas tienen un mecanismo motorizado que permite que la máquina haga el trabajo de doblar el metal de manera más rápida y eficiente.

Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 14 Dobladora eléctrica



Fuente: Autores

Tabla 9 Información de maquinaria (Colilladora)

<b>Colilladora</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Tipo de maquina	La colilladora es una máquina especializada en la industria del metal, diseñada para cortar el extremo de tubos o barras de metal.
componentes	Se compone de una cuchilla de corte, que se utiliza para cortar el extremo del tubo o barra de metal, y un soporte o sujetador que sostiene el tubo o la barra durante el corte.
Función	La función principal de la colilladora es cortar el extremo de los tubos o barras de metal para darles una forma o acabado específico, de acuerdo a las necesidades del proyecto o producción. Además, la colilladora puede usarse para crear roscas en los extremos de las barras o tubos de metal.
Dispositivos adicionales	Algunos modelos de colilladora pueden incluir un dispositivo de sujeción automática para fijar la pieza de metal durante el corte, lo que aumenta la precisión y la eficiencia del proceso.
Dimensiones	Alto: 2,00 metros, Ancho: 1,60 metros, Profundo: 1,40 metros

Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 15 Colilladora



Fuente: Autores

Tabla 10 Información de maquinaria (Soldador de punto)

<b>Soldador de punto</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Tipo de maquina	Un soldador de punto es una herramienta que se utiliza para unir dos piezas de metal mediante la aplicación de calor y presión en un punto específico.
Función	La soldadura de puntos es un proceso de soldadura por resistencia en el que se genera calor en la zona de unión mediante la resistencia eléctrica que se produce entre las dos piezas de metal cuando se sujetan entre los electrodos de la máquina de soldar de punto.
componentes	El soldador de punto se compone de dos electrodos, uno superior y otro inferior, que sujetan las dos piezas de metal a unir y los llevan a un punto de contacto para aplicar calor y presión.
Principales usos	El soldador de punto es ampliamente utilizado en la industria de la fabricación de automóviles para unir partes de carrocería, chasis y otros componentes metálicos. También se utiliza en la fabricación de electrodomésticos.
Dimensiones	La máquina tiene una altura de 1,70 metros, un ancho de 0,70 metros y una profundidad de 1,40 metros.

Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 16 Soldador de punto



Fuente: Autores

Tabla 11 Información de maquinaria (Troqueladora grande)

<b>Troqueladora grande</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Tipo de maquina	Una troqueladora grande es una máquina industrial que se utiliza para cortar y dar forma a materiales como láminas, plásticos y metales.
componentes	La máquina se compone de un conjunto de herramientas de corte que se conocen como troqueles, que se utilizan para realizar cortes y formas precisas en los materiales. También puede tener un alimentador de materiales, una mesa de trabajo y un sistema de sujeción para sujetar los materiales durante el corte.
Principales usos	La troqueladora grande se utiliza en la industria de la fabricación de productos metálicos y plásticos, para cortar y dar forma a piezas para la construcción de automóviles, aviones, electrodomésticos.
Dimensiones	La troqueladora grande tiene una altura de 2,00 metros, un ancho de 1,20 metros y una profundidad de 1,00 metros.

Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 17 Troqueladora grande



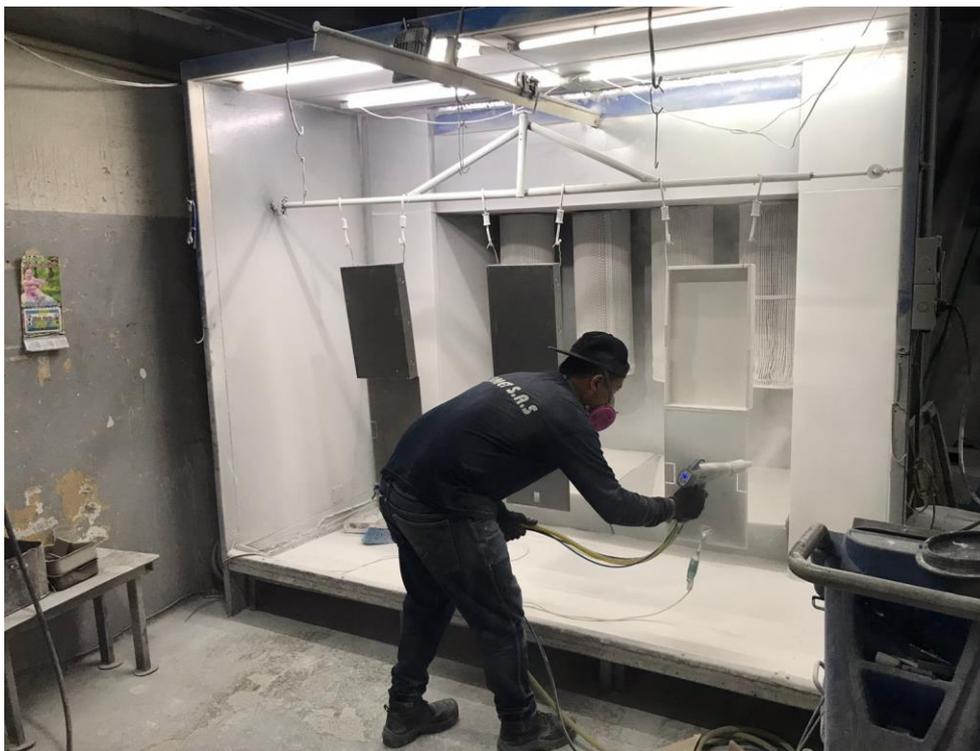
Fuente: Autores

**Cabina de pintura electrostática grande:** La pintura electrostática es un proceso en el cual se aplica una carga eléctrica a la pintura y a la pieza de trabajo, de manera que la pintura se adhiere uniformemente a la superficie de la pieza, creando una capa de pintura uniforme y resistente. La cabina de pintura electrostática grande está equipada con sistemas de filtración de aire y ventilación que permiten la circulación del aire y la eliminación de partículas en suspensión, evitando la contaminación del ambiente y garantizando la calidad del acabado final.

### Dimensiones

- Alto: 2.50 metros
- Ancho: 2.90 metros
- Profundo: 3.45 metros

Ilustración 18 Cabina de pintura grande



Fuente: Autores

**Cabina de pintura electrostática pequeña:** Estas cabinas suelen ser construidas en acero o en paneles de aislamiento, y están equipadas con iluminación adecuada para facilitar la visualización del trabajo. Además, cuentan con sistemas de seguridad para evitar la exposición a la pintura y otros productos químicos, como gafas de protección, mascarillas y ropa de trabajo especializada.

### **Dimensiones**

- Alto: 2.25 metros
- Ancho: 2.20 metros
- Profundo: 3.10 metros

Ilustración 19 Cabina de pintura pequeña



Fuente: Autores

**Tanques de lavado:** Los tanques de lavado con sellantes químicos y desengrasante alcalino son equipos utilizados en el proceso de limpieza y preparación de láminas galvanizadas antes de su pintado. Las láminas galvanizadas son recubiertas con una capa de zinc para protegerlas contra la corrosión. Sin embargo, antes de su pintado, es necesario limpiarlas para eliminar la suciedad, el aceite y otras impurezas que puedan afectar la adherencia de la pintura. Para ello, se utiliza un tanque de lavado que contiene una solución de desengrasante alcalino, que se encarga de eliminar el aceite y la grasa de la superficie de las láminas. Luego, se sumergen las láminas en un segundo tanque que contiene una solución de sellante químico, que se encarga de preparar la superficie para la aplicación de la pintura. El sellante químico ayuda a crear una superficie más uniforme y adhesiva, mejorando la capacidad de la lámina para aceptar y retener la pintura.

### **Dimensiones**

- Alto: 1.50 metros
- Ancho: 3.20 metros
- Profundo: 3.95 metros

Ilustración 20 Tanques de lavado



Fuente: Autores

**Horno de curado:** El horno de curado está diseñado para alcanzar temperaturas altas y uniformes que permiten que la pintura se cure completamente. Normalmente, estos hornos tienen un sistema de calefacción con quemadores de gas o eléctricos que generan calor y lo distribuyen en la cabina del horno.

El tiempo de curado varía dependiendo del tipo de pintura, el espesor de la capa y el tamaño de la pieza, y puede tardar desde unos pocos minutos hasta varias horas. Durante este proceso, la pintura se funde y fluye para crear una superficie uniforme y resistente.

Es importante destacar que estos hornos deben ser operados por personal capacitado y con los equipos de protección adecuados, ya que las temperaturas alcanzadas en el horno pueden ser peligrosas si no se manejan adecuadamente. Además, los hornos de curado también están equipados con sistemas de ventilación para evitar la acumulación de gases y vapores tóxicos durante el proceso de curado.

### **Dimensiones**

- Alto: 2.80 metros
- Ancho: 5.00 metros
- Profundo: 3.95 metros

Ilustración 21 Horno de curado



Fuente: Autores

**Mesa de ensamble con taladro de banco:** En este proceso, se utilizan taladros de banco y taladros inalámbricos para realizar perforaciones precisas en las piezas que se van a ensamblar. Estas perforaciones pueden ser utilizadas para insertar tornillos, remaches o sujetadores que unen las piezas de manera segura y firme.

Las cajas eléctricas y gabinetes de gas son comúnmente ensamblados utilizando paneles, soportes y componentes eléctricos y mecánicos, que son unidos mediante taladros de banco y taladros inalámbricos. Es importante que las perforaciones sean precisas y estén alineadas correctamente para garantizar que las piezas encajen correctamente y el producto final funcione correctamente.

Tabla 12 Información de maquinaria (Taladro de banco)

<b>Taladro de banco</b>	
<b>Característica</b>	<b>Información</b>
Tipo de herramienta	Un taladro de banco es una herramienta eléctrica utilizada para realizar perforaciones precisas en piezas que se van a ensamblar.
Funcionamiento	El taladro de banco utiliza una broca giratoria para hacer perforaciones en los materiales.
Principales usos	Principales usos El taladro de banco es una herramienta muy utilizada en la industria de la construcción y la fabricación de productos metálicos. Se utiliza para hacer perforaciones en piezas de metal, madera, plástico y otros materiales. Sus principales usos son: ensamblar piezas de metal mediante tornillos, remaches o sujetadores; crear orificios para instalar bisagras, manijas, cerraduras y otros componentes; y realizar trabajos de carpintería y ebanistería, como hacer agujeros en madera para insertar clavos o tornillos.
Dimensiones	El taladro de banco tiene una altura de 1,00 metros, un ancho de 1,20 metros y una profundidad de 2,60 metros.

Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 22 Ensamble de cajas 12x12 y gabinetes de gas



Fuente: Autores

### **6.1.3 DIAGNOSTICO SEGUNDO PISO - ACTUAL**

En el piso dos del edificio principal, disponen de un área de 272m<sup>2</sup> que se utiliza para una variedad de propósitos. Adicionalmente, han arrendado un segundo piso en el edificio adyacente denominado (la cueva) que cuenta con una superficie de 131m<sup>2</sup>. Ambos pisos han sido adaptados y organizados para lograr una unificación eficiente.

Ilustración 23 Exterior del edificio principal y segundo piso arrendado



Fuente: Autores

El segundo piso del edificio principal cuenta con áreas asignadas para diversas actividades. Una de ellas es el área de lockers de los operarios, que ocupa 18m<sup>2</sup> y se utiliza para que los trabajadores cambien su uniforme y guarden sus pertenencias personales.

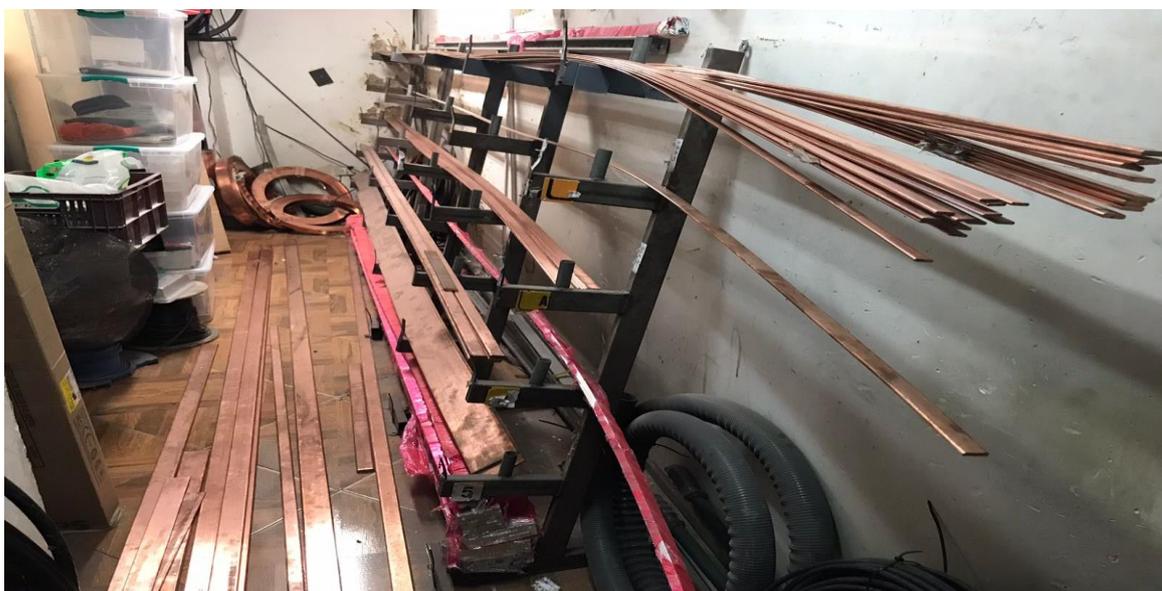
Ilustración 24 Lockers y zona de almuerzo de los colaboradores



Fuente: Autores

De esta manera, se cuenta con una pieza cerrada de 11m<sup>2</sup>, donde se almacenan las barras de cobre y los rollos de cable.

Ilustración 25 habitaciones del cobre y cable



Fuente: Autores

Además, en el segundo piso del edificio principal se dispone de un área de 34m<sup>2</sup> destinada al mantenimiento y control de calidad de los productos finales. Esta zona se utiliza para llevar a cabo tareas de mantenimiento y supervisar la calidad de los productos terminados, asegurando que se ajusten a los estándares establecidos.

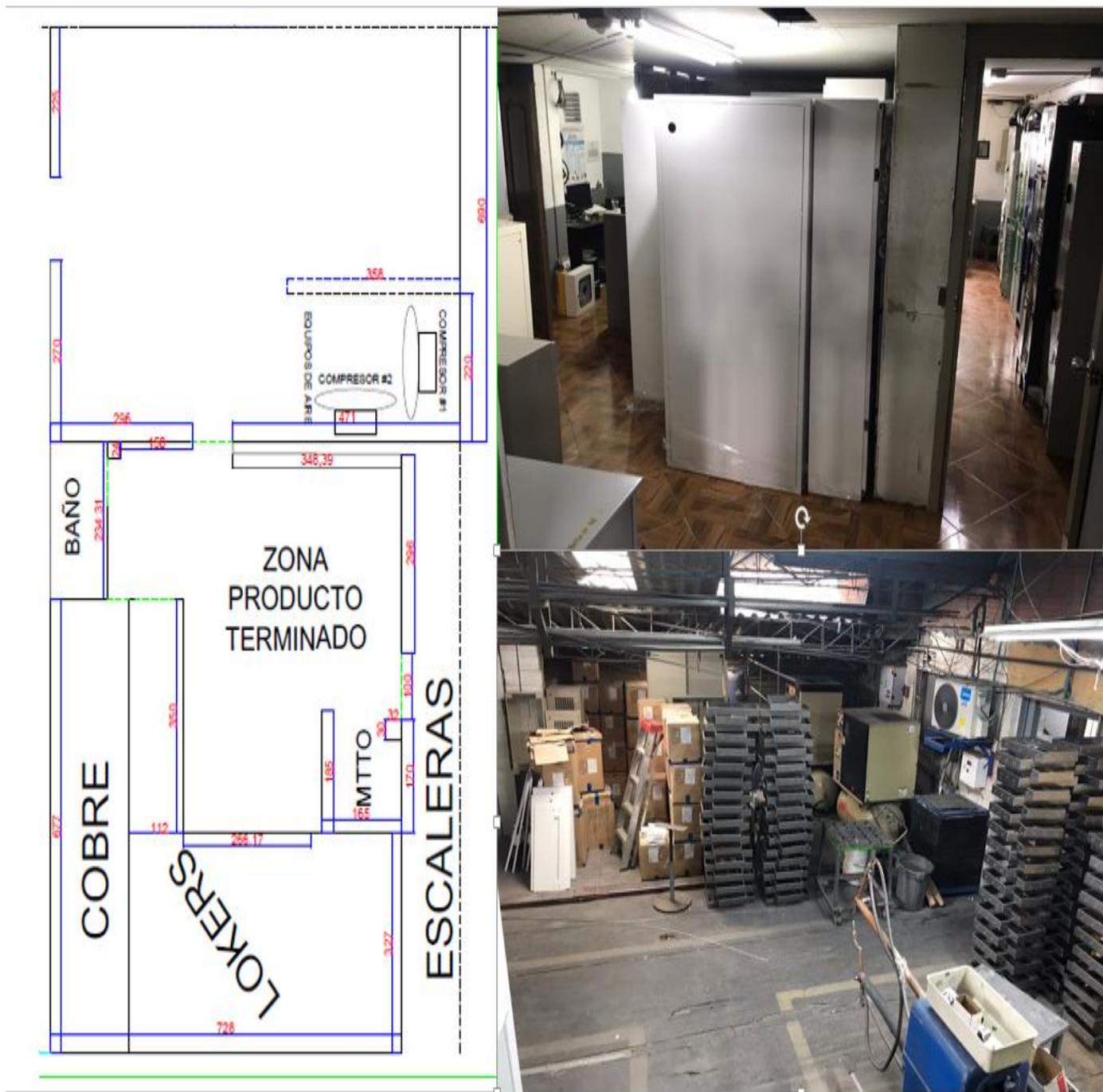
Ilustración 26 Zona de producto terminado y mantenimiento.



Fuente: Autores

Por otro lado, en el segundo piso se ubican los equipos y compresores de aire y tuberías de aguas que son controlados rigurosamente para los soldadores de punto, asegurando la seguridad y calidad del trabajo en un área de 7m<sup>2</sup>. Es relevante mencionar que el diseño de este piso fue planificado cuidadosamente para optimizar el espacio y asegurar la eficiencia de las actividades realizadas en cada área asignada.

Ilustración 27 Plano segundo piso edificio principal - parte 1

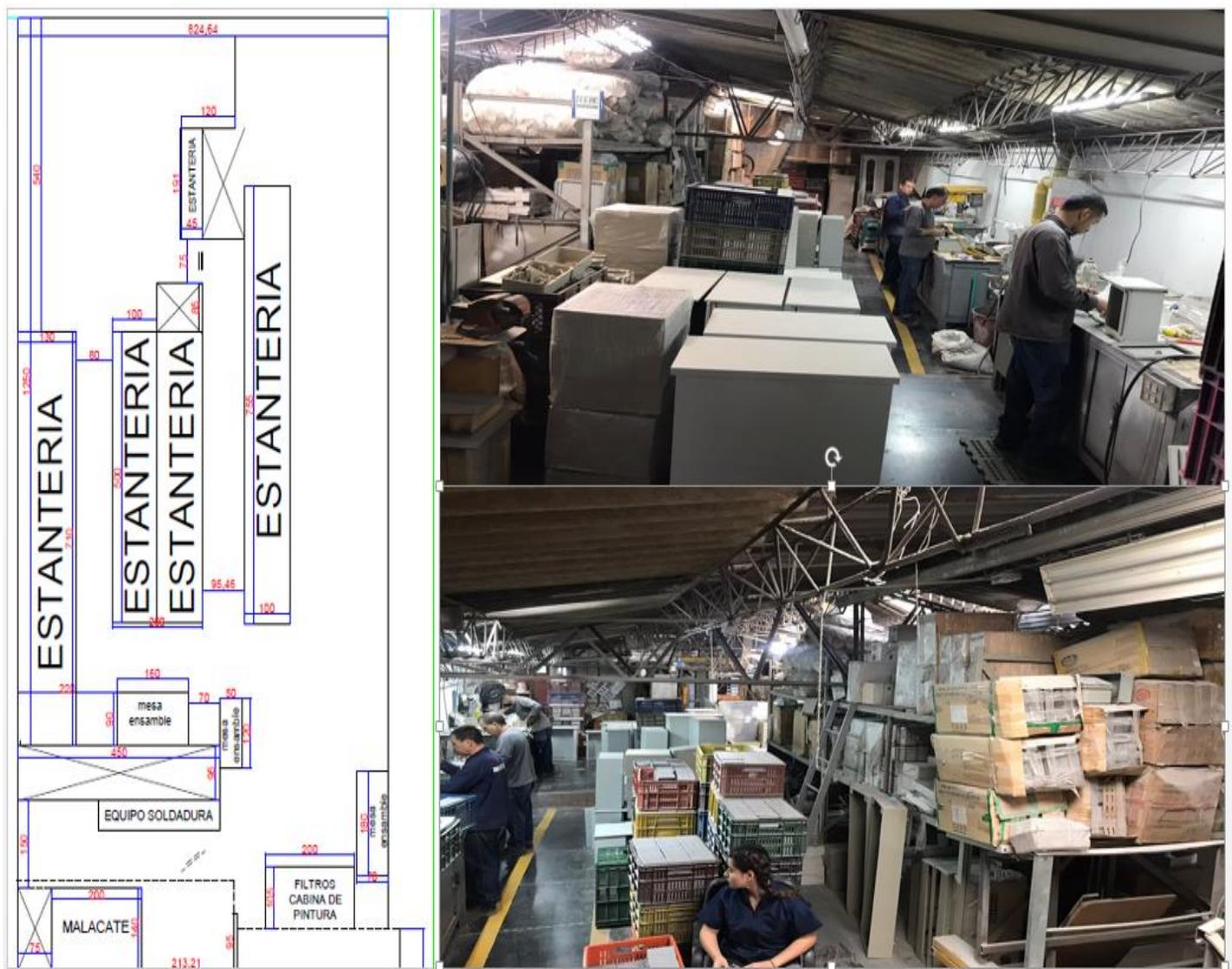


Fuente: Elaboración propia 2023

En el segundo piso del edificio principal se encuentra el área de ensamble de productos de stock, donde se llevan a cabo diversas actividades como el ensamblaje de cajas eléctricas de empalme, cajas fondo metálicos, gabinetes de gas y de acueducto, entre otros.

El espacio asignado para esta área es de 102m<sup>2</sup> y cuenta con un malacate que facilita el traslado de los productos durante los diferentes procesos de producción, tanto para su lavado como para su posterior pintura. Asimismo, este malacate se utiliza para los productos que salen del proceso de pintura y que requieren ensamble. De esta manera, se asegura la calidad y eficiencia de la producción en esta área, así como la seguridad de los trabajadores que desempeñan sus tareas allí, como se puede apreciar en la figura anterior.

Ilustración 28 Plano segundo piso edificio principal - parte 2



Fuente: Elaboración propia 2023

### 6.1.4 DIAGNOSTICO SEGUNDO PISO – DENOMINADO LA CUEVA

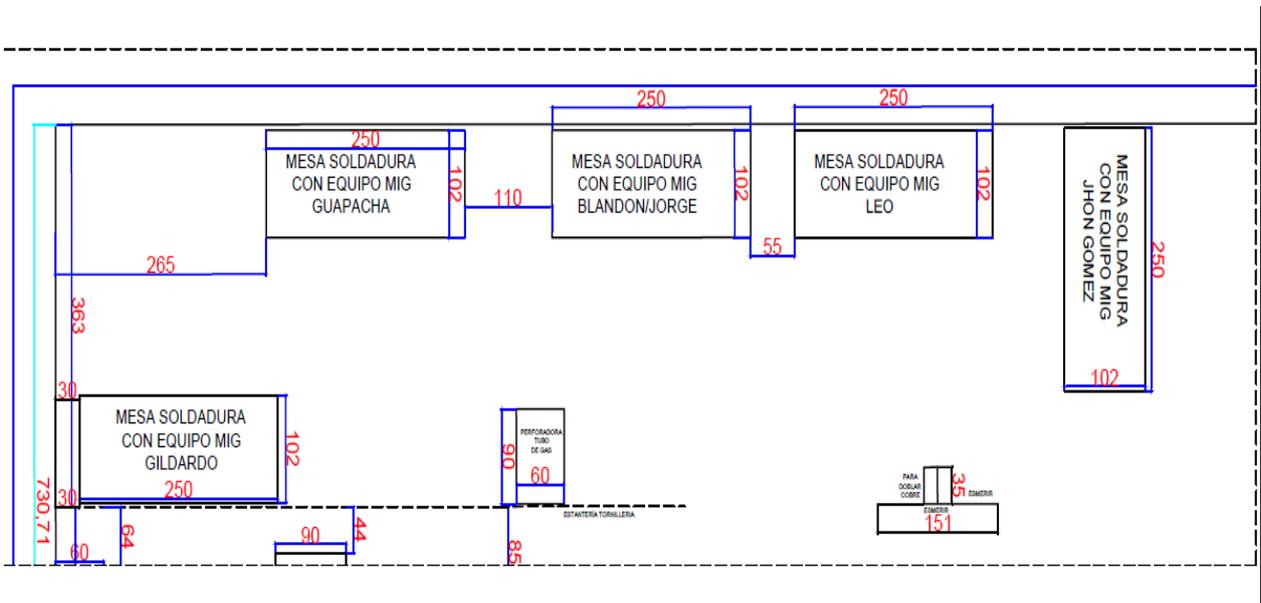
En el segundo piso del edificio contiguo conocido como "La Cueva" se ubica el proceso de soldadura de MIG para la fabricación de productos eléctricos de gran tamaño, como subestaciones eléctricas.

Ilustración 29 Zonas de soldadura MIG de subestaciones eléctrica.



Fuente: Autores

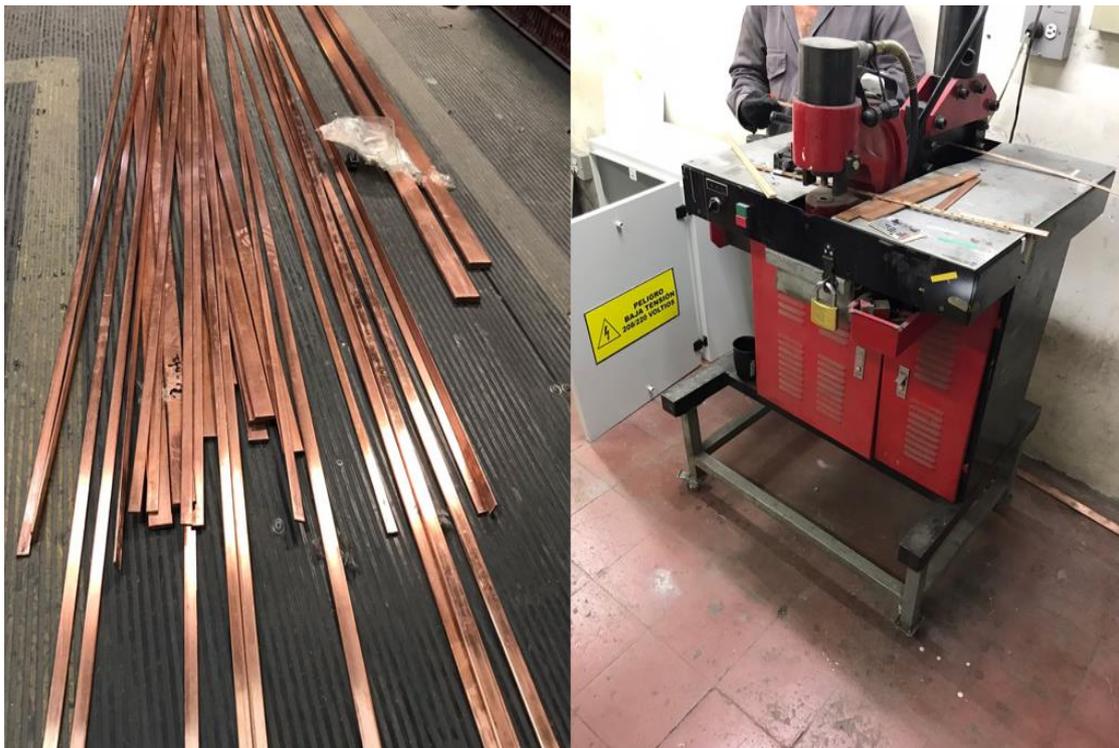
Ilustración 30 Plano Distribución - zona de soldadura MIG



Fuente: Elaboración propia 2023

En ese mismo nivel de la instalación, se realiza un proceso adicional relacionado con el ensamblaje de subestaciones eléctricas. Este procedimiento involucra la manipulación de materiales altamente complejos, tales como barras de cobre de diversos amperajes y medidas, cables y conductores eléctricos de distintos grosores según su amperaje y calibre. Para llevar a cabo esta tarea se utilizan máquinas especializadas, como cortadoras y dobladoras de barras de cobre, al igual que una cortadora de cable.

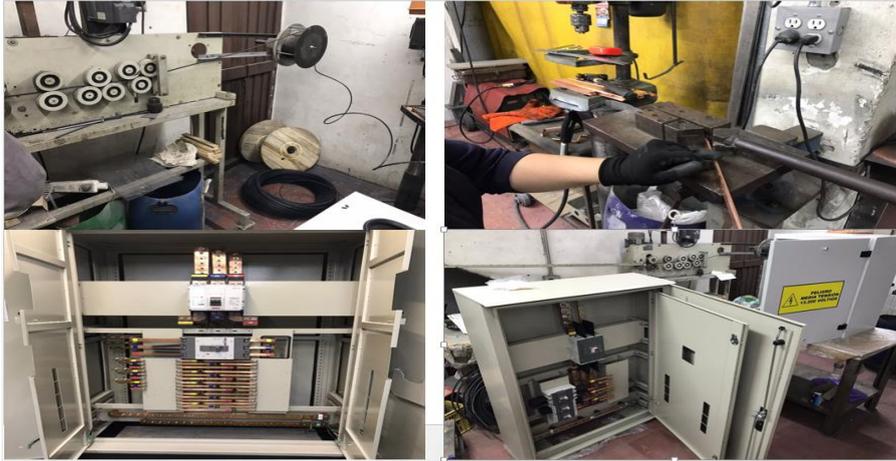
Ilustración 31 Barras de cobre y maquina cortadora de cobre para subestaciones eléctricas



Fuente: Autores

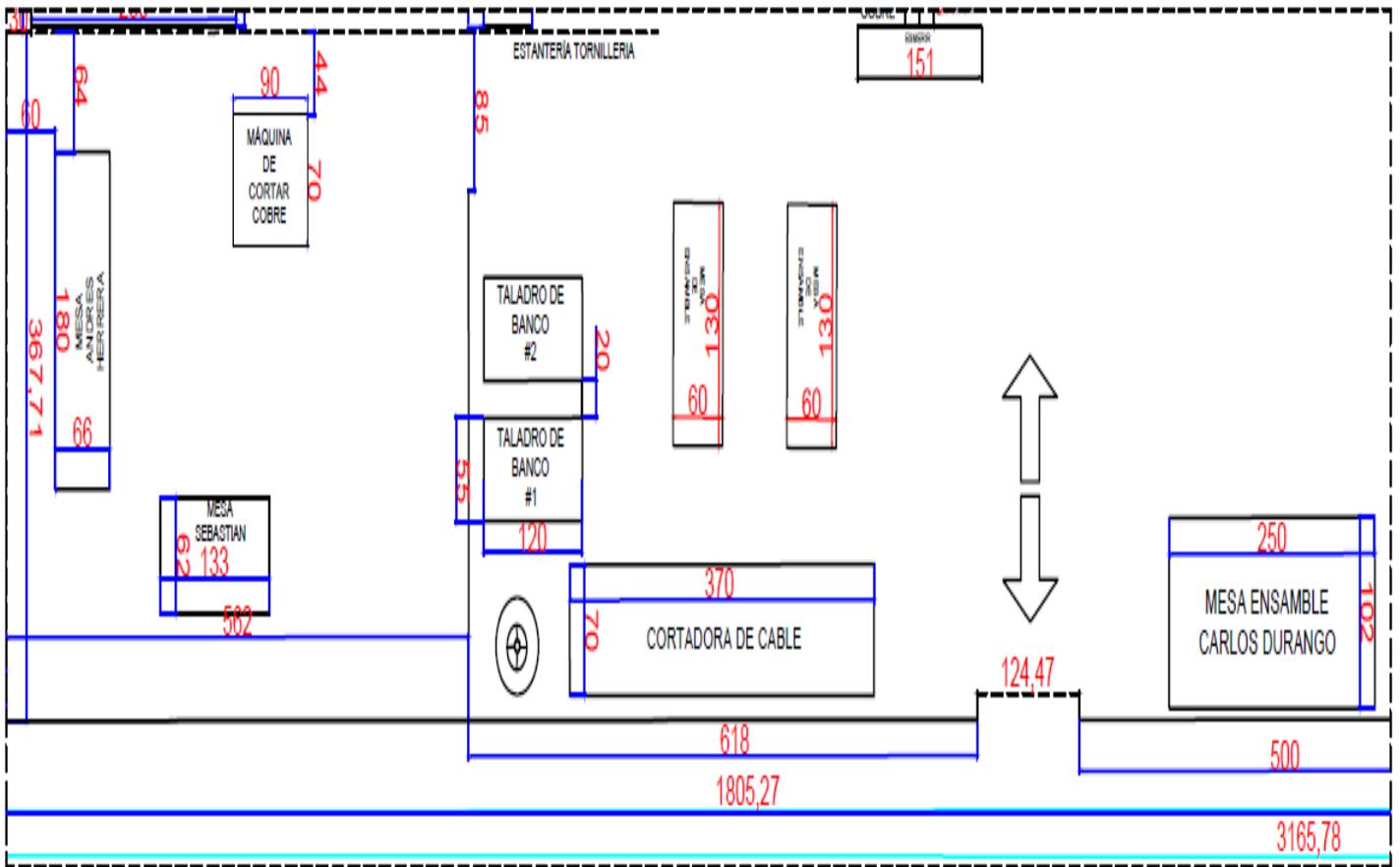
Para llevar a cabo de manera eficiente este proceso, se emplean diferentes herramientas y máquinas, tales como dobladoras de cobre, taladros eléctricos manuales, taladros de banco e inalámbricos.

Ilustración 32 cortadora de cable, dobladora de cobre, ensamble de tableros eléctrico



Fuente: Autores

Ilustración 33 Plano zona de ensamble eléctrico de subestaciones



Fuente: Elaboración propia 2023

### 6.1.5 DIAGNOSTICO TERCER PISO – ACTUAL

El tercer piso del edificio principal tiene una superficie de 272m<sup>2</sup> y está dedicado al almacén y recepción de materia prima. En este espacio se lleva a cabo el almacenamiento de una gran variedad de componentes necesarios para la fabricación de los productos de la empresa, tales como Breakers de diferentes amperajes, terminales para diferentes tipos de calibre y cables, así como toda clase de tornillería y otros consumibles. El proceso de compras y abastecimiento se realiza cuidadosamente, seleccionando proveedores confiables para garantizar la calidad de los materiales y obtener precios competitivos. Asimismo, se lleva un seguimiento cuidadoso del inventario para asegurarse de que los materiales necesarios estén disponibles en todo momento.

Ilustración 34 Almacén

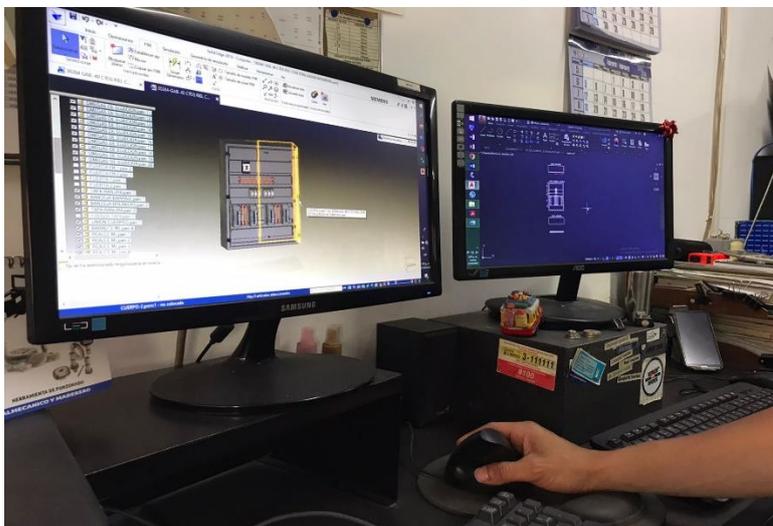


Fuente: Autores

El tercer piso de la empresa cuenta con áreas administrativas que son de vital importancia para el éxito de la organización. Entre estas áreas se encuentran el proceso de diseño industrial de los productos, el proceso de programación y control de la producción, y el proceso de coordinación de la gestión del transporte.

En el proceso de diseño industrial, se utilizan herramientas de software avanzadas, como AutoCAD y SolidWorks, que permiten la creación de modelos en 3D de los productos y la creación de archivos programables para la fabricación de la materia prima. Estas herramientas son fundamentales para la simulación y optimización del diseño de los productos, lo que ayuda a reducir costos y mejorar la eficiencia en la producción. Es importante destacar que el diseño industrial no solo implica la creación de productos innovadores, sino también la mejora de los productos existentes en el mercado. De esta manera, se pueden identificar oportunidades para mejorar la funcionalidad, estética y seguridad de los productos, lo que beneficia a los clientes y a la empresa en términos de ventaja competitiva.

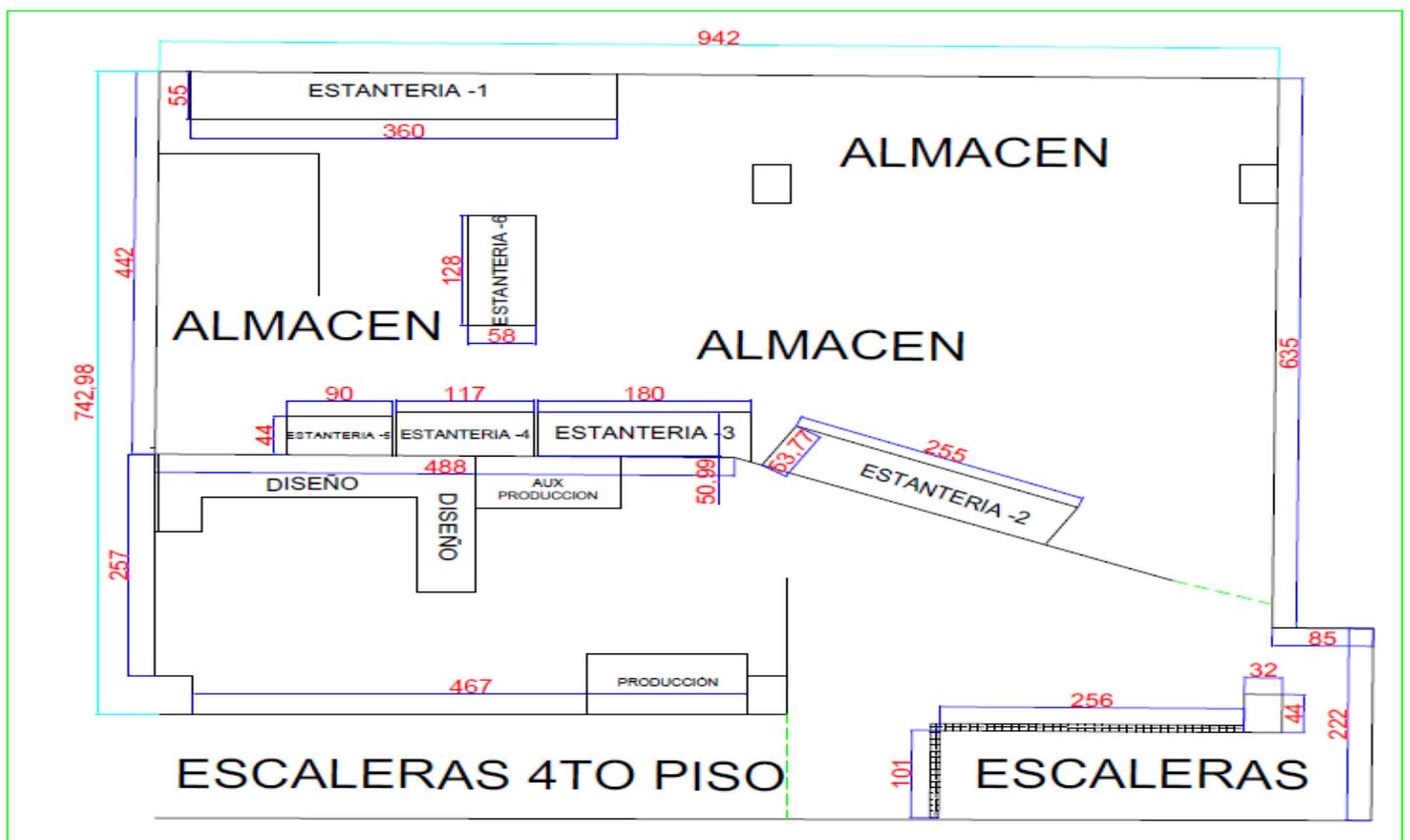
Ilustración 35 Diseño industrial 3D



Fuente: Autores

El proceso de programación y control de la producción es un proceso importante para asegurar la eficiencia y calidad de los procesos de fabricación. A través de este proceso, se tiene un control total del volumen de producción y se realiza un análisis detallado para la explosión de materiales y la solicitud de las cantidades necesarias para la fabricación de los productos, asegurándose de que se cuente con la cantidad suficiente de materias primas y componentes para evitar retrasos o pérdidas en la producción. Además, este proceso permite el control de las actividades y funciones que los operarios realizan diariamente, asegurándose de que se cumplan los tiempos y plazos establecidos en el proceso de producción. También se realizan ajustes y mejoras en el proceso para optimizar la eficiencia y calidad de los productos.

Ilustración 36 plano tercer piso del edificio principal – distribución



Fuente: Elaboración propia 2023

### **6.1.6 DIAGNOSTICO CUARTO PISO - ACTUAL**

El cuarto piso es el lugar donde se llevan a cabo análisis detallados de los procesos más importantes para la fabricación de los productos. Se realizan evaluaciones del proceso de gestión del talento humano, con el objetivo de identificar debilidades y buscar soluciones para mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de selección, capacitación y desarrollo del personal de la empresa. También se llevan a cabo análisis de los procesos de seguridad y salud en el trabajo, promoviendo medidas preventivas y correctivas para garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable.

Otro proceso que se analiza es el comercial, evaluando las prácticas actuales de ventas, cotizaciones, costos y presupuestos. Los procesos de contabilidad y cartera también son evaluados para evaluar la eficiencia del proceso de facturación y seguimiento de pagos. Además, se realiza un análisis del proceso de gerencia y recepción de quejas y reclamos de los clientes, evaluando la capacidad de respuesta de la empresa ante posibles inconformidades de los clientes.

En resumen, el cuarto piso es el lugar donde se llevan a cabo análisis detallados de los procesos más importantes de la empresa, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora y optimización en los procesos de gestión del talento humano, seguridad y salud en el trabajo, ventas, contabilidad y cartera, y atención al cliente.

Ilustración 37 Plano cuarto piso edificio principal

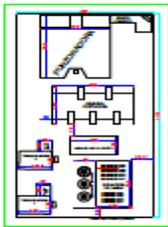


Fuente: Elaboración propia 2023

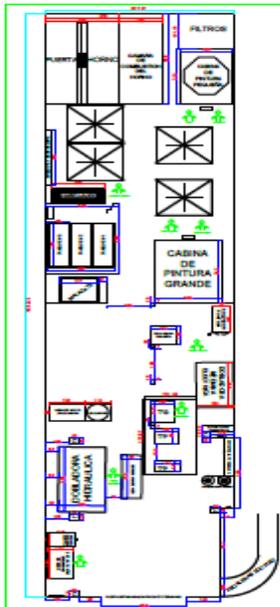
Ilustración 38 Plano actual de toda la empresa

# 880MTS'2 AREA TOTAL ACTUALMENTE

BODEGA  
DEL FRENTE  
69M<sup>2</sup>



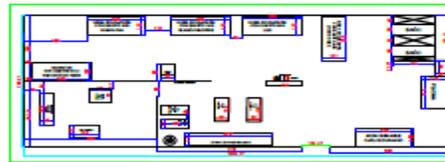
PRIMER  
PISO  
264M<sup>2</sup>



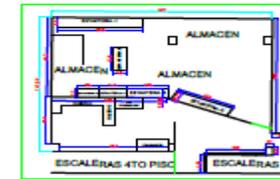
SEGUNDO  
PISO  
272M<sup>2</sup>



SEGUNDO PISO  
(LA CUEVA)  
131M<sup>2</sup>



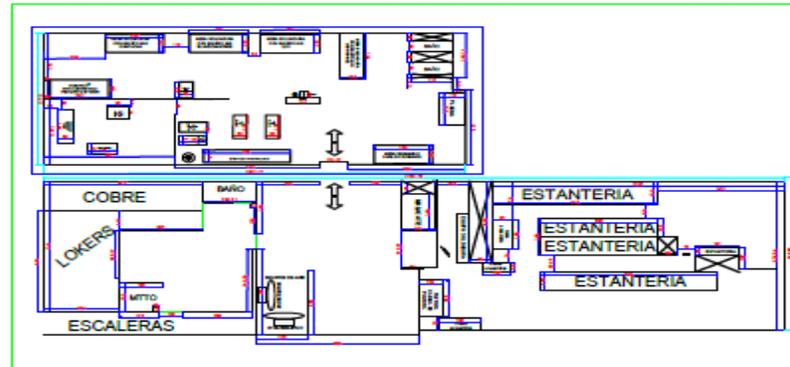
TERCER  
PISO  
71.5M<sup>2</sup>



CUARTO  
PISO  
72M<sup>2</sup>



## SEGUNDOS PISOS UNIFICADOS



Fuente: Elaboración propia 2023

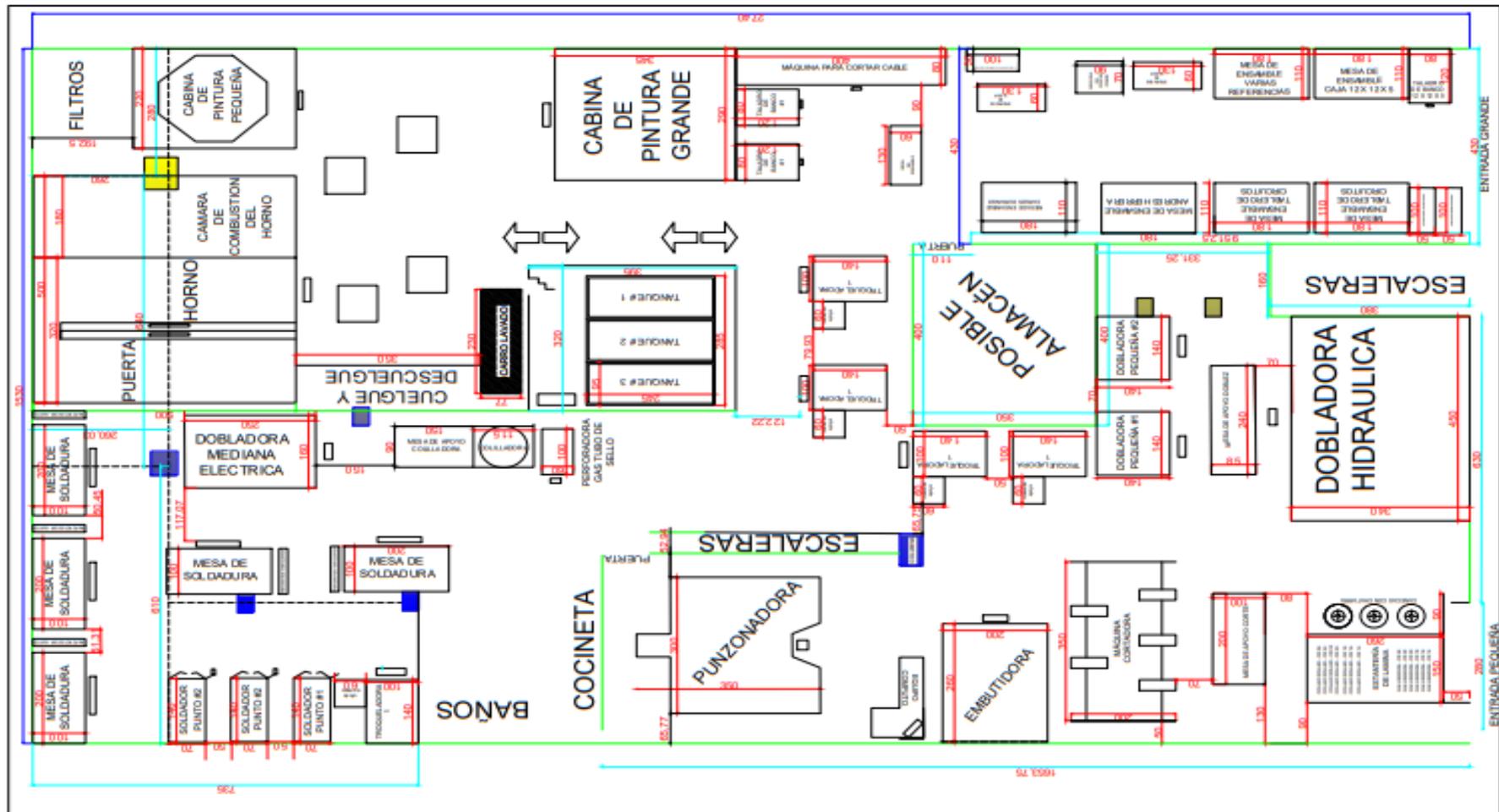
Después de realizar un análisis detallado de la distribución actual, se ha determinado que es necesario reorganizar y mover algunos procesos para lograr una distribución más efectiva dentro de las mismas instalaciones. En este sentido, la empresa ha decidido entregar y desocupar el segundo piso del edificio adyacente para optimizar el espacio y reducir los costos administrativos. Esta reducción de área total de la empresa de 880m<sup>2</sup> a 749m<sup>2</sup> implica una disminución de 131m<sup>2</sup>, lo que se traducirá en una importante mejora en los costos de mantenimiento y operación.

La reorganización permitirá una mejor organización de los materiales y productos, lo que facilitará la búsqueda y recuperación de estos cuando se necesiten. Esto se traducirá en una reducción de los tiempos de inactividad en la producción, ya que los materiales y productos estarán disponibles de manera más rápida y eficiente.

Además de los beneficios en términos de eficiencia y ahorro de costos, la reorganización y reducción del espacio también puede tener un impacto positivo en el ambiente y la sostenibilidad de la empresa. Al reducir el espacio y la energía necesaria para operar, se puede disminuir la huella de carbono de la empresa y contribuir al cuidado del medio ambiente. Es importante destacar que la reorganización y reducción del espacio debe ser planificada cuidadosamente, para asegurarse de que no afecte negativamente la producción o el bienestar de los empleados.

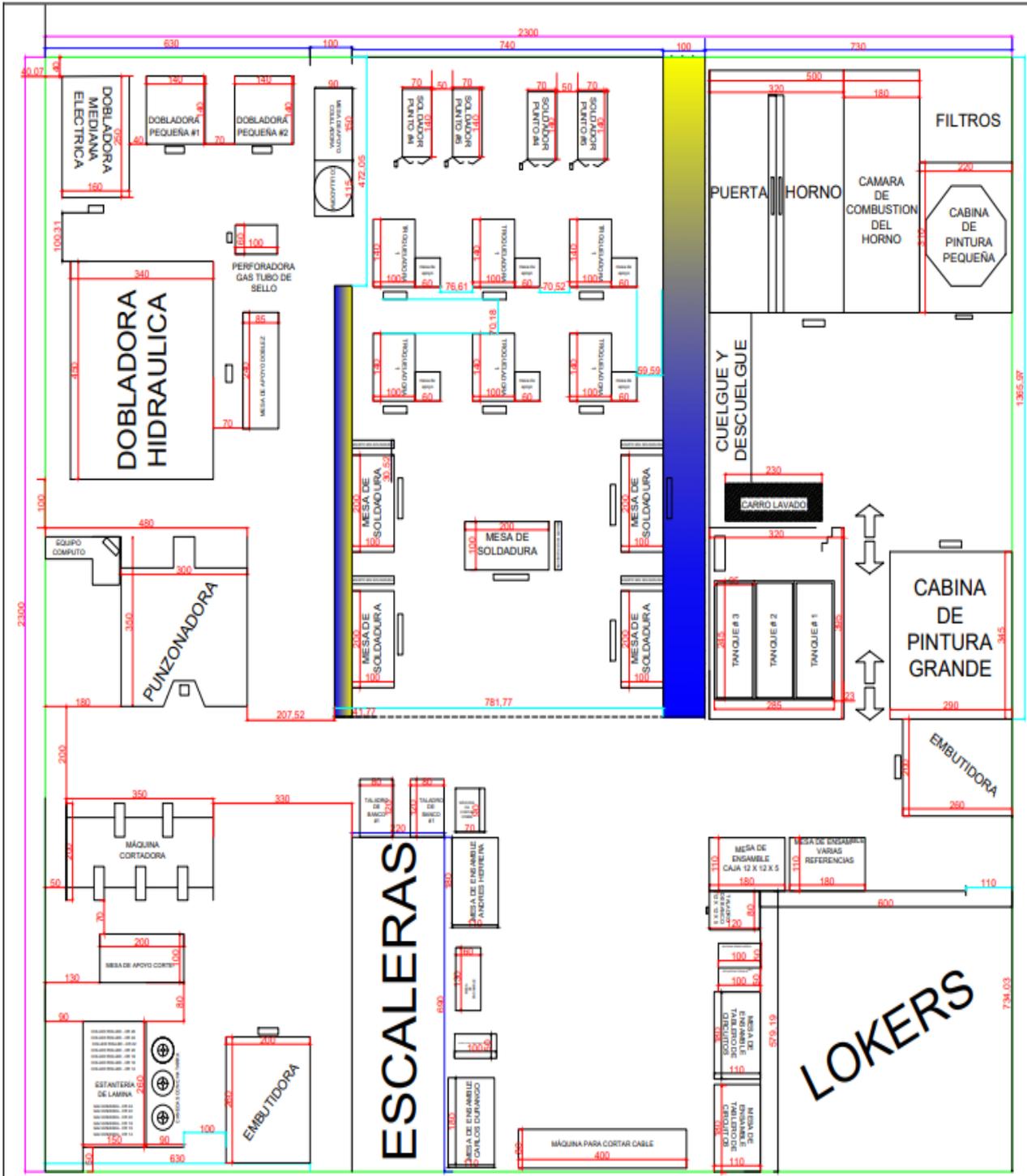
Para lograr una reorganización efectiva, es importante comprender la importancia de la metodología de las 5S en la distribución de la planta cuando se están moviendo máquinas. La metodología de las 5S es una herramienta de gestión que puede ayudar a optimizar la eficiencia del espacio y mejorar la productividad. Al aplicar esta metodología durante la reubicación de las máquinas, se puede mejorar la organización, el orden y la limpieza en el lugar de trabajo.

Ilustración 39 Plano propuesta 1 bodega Caribe



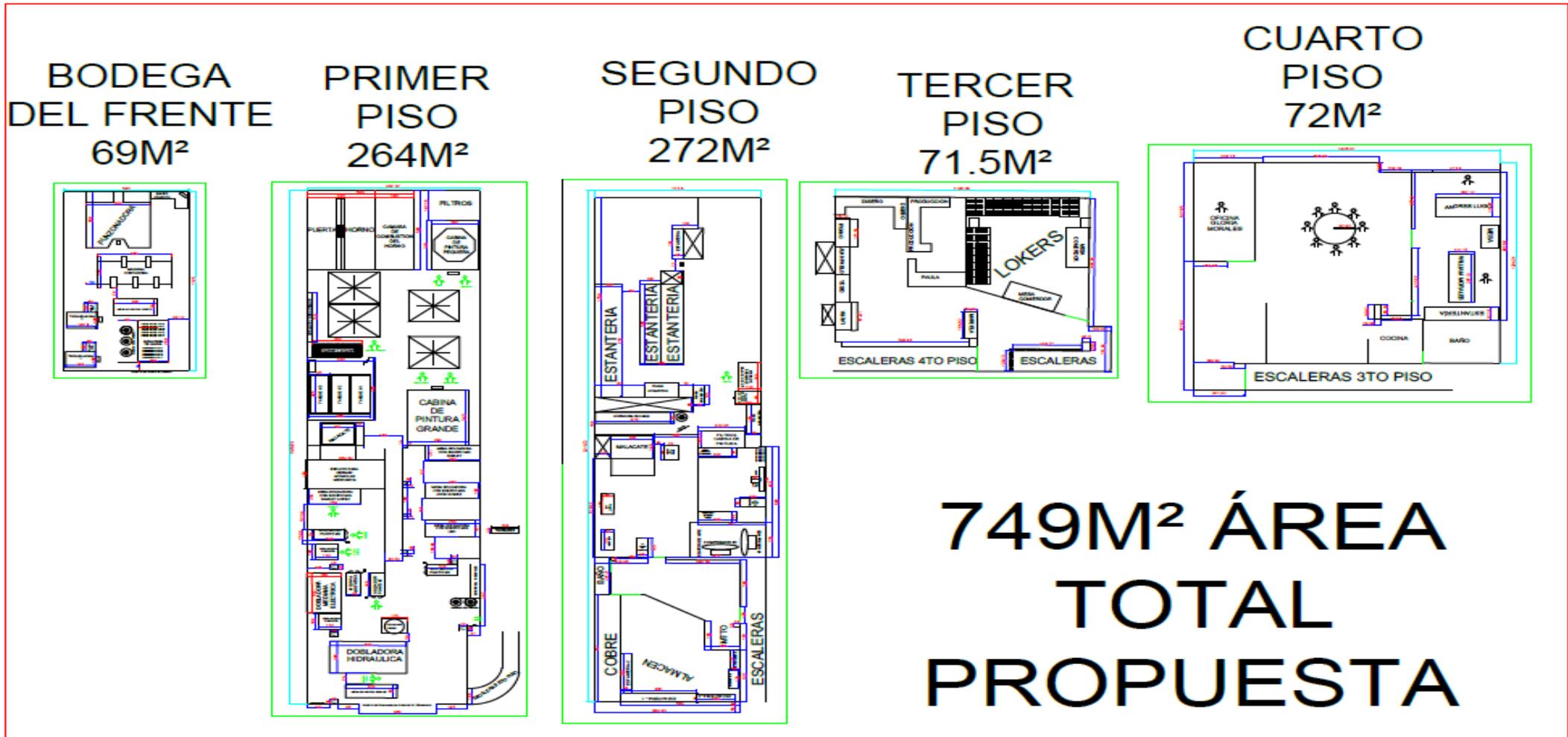
Fuente: Elaboración propia 2023

Ilustración 40 Plano propuesta 2 bodega Girardota



Fuente: Elaboración Propia 2023

Ilustración 41 Plano propuesta 3 Bodega actual reformada



Fuente: Elaboración propia 2023

Tabla 13 Revisión de las propuestas de diseño presentadas para la distribución de planta implementada por la Empresa Incamet S.A.S

<b>SELECCIÓN DE PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA</b>		
<b>Opción de diseño</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Migrar a la bodega en el barrio Caribe	<p>El tamaño con una superficie de 427 m<sup>2</sup>. Ubicación central y fácil acceso. Mejora en la organización y limpieza: Al contar con más espacio, se puede organizar y limpiar de manera más efectiva, lo que mejoraría la eficiencia y la seguridad en los procesos productivos.</p>	<p>El espacio no es adecuado para el establecimiento de oficinas y una distribución adecuada del espacio para las áreas de trabajo lo que afectaría la productividad. La presencia de columnas en el medio de la bodega es un impedimento para optimizar la productividad y eficiencia de las operaciones. Costo de alquiler de la bodega.</p>
Migrar a la bodega en Girardota	<p>La bodega tiene un área más grande. Imagen corporativa: Una bodega más grande podría mejorar la imagen de la empresa ante sus clientes y proveedores, ya que demostraría una capacidad de producción y un compromiso con el crecimiento y el desarrollo de la empresa. Mayor capacidad de almacenamiento: Una bodega más grande permitiría una mayor capacidad de almacenamiento de materias primas y productos terminados. Flexibilidad para la distribución en planta: Al contar con más espacio, se puede distribuir mejor los equipos y maquinarias, y crear áreas especializadas para diferentes procesos productivos.</p>	<p>La mayoría de los proveedores de la empresa no se encuentran cerca de esta bodega, lo que significaría un mayor costo de transporte y tiempos de entrega más largos. la ubicación de la bodega no es conveniente para el transporte de materias primas y productos terminados, lo que implicaría un alto costo en términos de tiempo y recursos. Mayor tiempo y costo para la entrega de productos. Costo de alquiler de la bodega.</p>

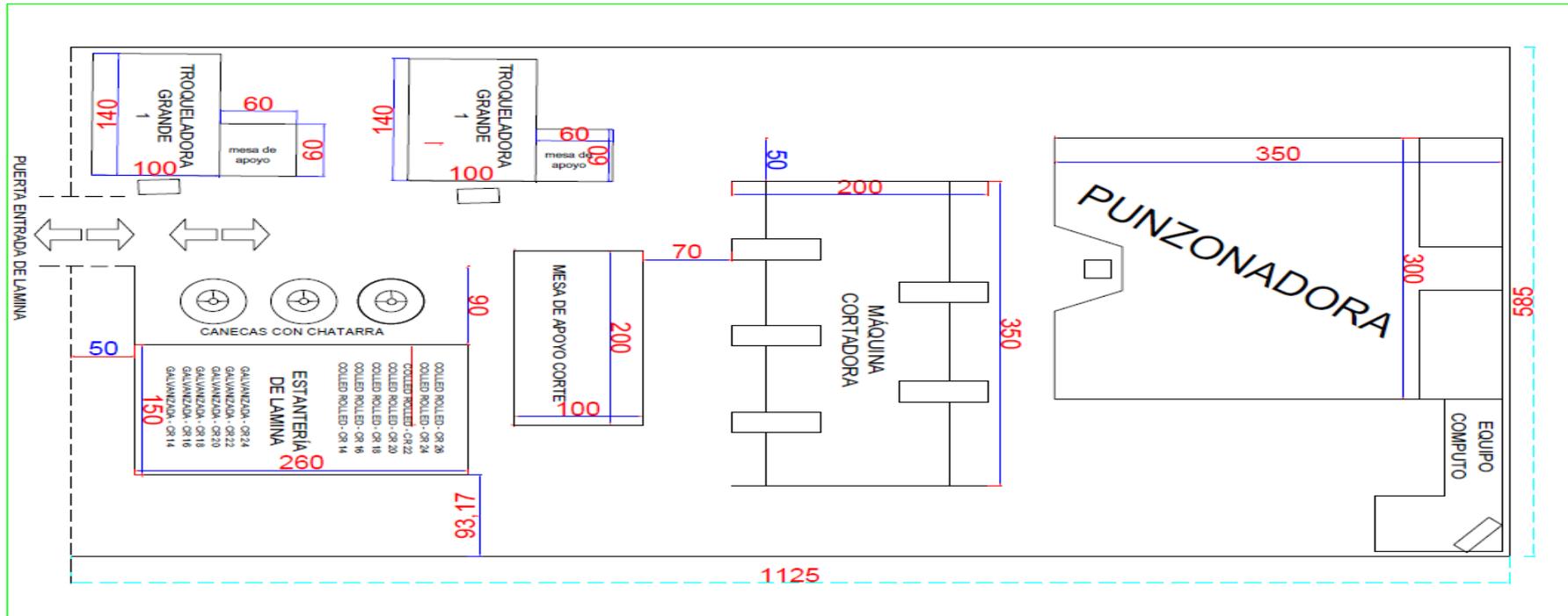
<p>Implementar un diseño en la bodega actual</p>	<p>Permite a la empresa optimizar el espacio disponible y reducir los costos de alquiler de una nueva bodega.</p> <p>La empresa puede mantener su ubicación actual, lo que es beneficioso porque ya cuenta con una base de clientes establecida en la zona y una presencia en el mercado local.</p> <p>Permite a la empresa mejorar la eficiencia en sus procesos de producción, lo que se traducirá en una mayor capacidad de producción, reducción de los tiempos de fabricación y menor costo por unidad producida.</p> <p>La empresa puede implementar tecnologías más avanzadas y actualizadas en su nueva distribución en planta, lo que aumentará la productividad y la eficiencia de sus operaciones.</p> <p>La empresa puede mejorar su imagen corporativa y su compromiso con el medio ambiente al implementar medidas de sostenibilidad y reducción de emisiones.</p>	<p>Requiere una inversión inicial en el diseño y la implementación de nuevas tecnologías.</p> <p>Puede haber cierta interrupción en las operaciones durante el proceso de implementación del nuevo diseño.</p> <p>La empresa debe contar con personal capacitado para implementar el nuevo diseño y tecnologías.</p>
--	--	--

Fuente: Elaboración propia 2023

## 6.2 LEVANTAMIENTO DE PLANOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN CONDICIONES PROPUESTAS SELECCIONADAS (PROPUESTA 3 DISEÑO EN LA BODEGA ACTUAL)

### 6.2.1 DIAGNOSTICO BODEGA DEL FRENTE – PROPUESTA

Ilustración 42 Plano bodega del frente propuesta



Fuente: Elaboración propia 2023

Se ha agregado una troqueladora más grande en la bodega del frente para manejar productos de stock y se han reorganizado los moldes de troqueles. Anteriormente, los moldes estaban dispersos por todo el primer piso, pero ahora se han concentrado en la misma bodega.

Ilustración 43 Troqueladoras grandes con la estantería de troqueles en la bodega del frente



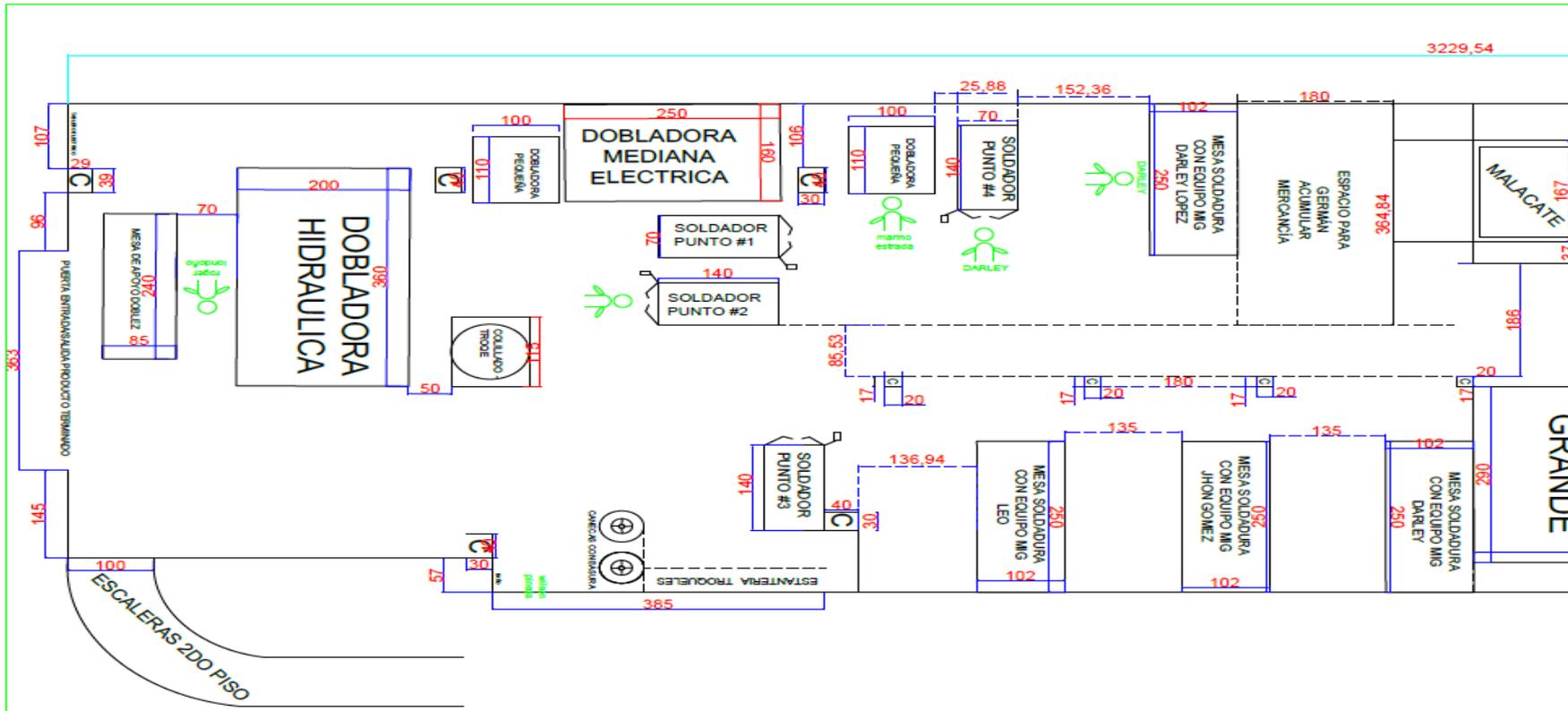
Fuente: Autores

La reorganización de los moldes de troqueles en un solo lugar puede tener un impacto positivo en varios aspectos de la producción. En términos de eficiencia, la consolidación de los moldes en un solo lugar puede facilitar su acceso y reducir el tiempo necesario para encontrarlos y prepararlos para su uso en el proceso de producción.

Además, esta reorganización también puede tener un impacto positivo en la seguridad en el lugar de trabajo. Al tener los moldes de troqueles almacenados en un solo lugar, se reduce el riesgo de accidentes o lesiones que podrían ocurrir.

## 6.2.2 DIAGNOSTICO PRIMER PISO - PROPUESTA

Ilustración 44 Plano primer piso propuesto



Fuente: Elaboración propia 2023

La empresa ha llevado a cabo una serie de cambios en la distribución de las áreas de producción en el edificio principal con el fin de mejorar la eficiencia y reducir costos.

La reorganización más importante ha sido la consolidación de los procesos de doblado, colillado y soldadura en el mismo piso, eliminando la necesidad de transportar productos al segundo piso para realizar estas. Esta reubicación tiene múltiples beneficios. En primer lugar, permite que los productos sin lavar y pintar sean manejados y procesados en un solo nivel, lo que resulta en un ahorro significativo en tiempo y costo de fabricación, así como una reducción en el transporte. Además, la organización de los procesos de doblado y soldadura en una distribución de planta por proceso optimiza el flujo de trabajo y mejora la productividad.

Ilustración 45 soldadura MIG en el primer piso



Fuente: Autores

Se ha creado un espacio específico para el almacenamiento de productos ya lavados, lo que facilita el proceso de lavado y mejora la eficiencia. En cuanto al proceso de pintura y horneado, se ha mantenido en el primer piso sin cambios significativos. Los productos que han sido pintados y horneados se trasladan al segundo piso únicamente para ser ensamblados. Esta distribución permite una mayor eficiencia y ahorro de tiempo, ya que los productos no necesitan ser transportados al segundo piso para procesos adicionales de lavado o pintura.

Ilustración 46 zona destinada para productos lavados



Fuente: Autores

### 6.2.3 DIAGNOSTICO SEGUNDO PISO - PROPUESTA

En el segundo piso de la planta de producción, se ha implementado un proyecto para mejorar la distribución del espacio y optimizar la organización y limpieza del área de almuerzo y vestuario de los colaboradores. Como parte de esta iniciativa, se ha eliminado la presencia de armarios personales de los operarios y se ha aplicado la metodología 5S para mejorar la eficiencia y seguridad del espacio. Además, se ha renovado y actualizado la infraestructura del área de vestuario, descartando los armarios viejos y dañados, y reemplazándolos con nuevos armarios de mayor calidad y durabilidad para garantizar el confort y la seguridad de los colaboradores. Estas mejoras podrían tener un impacto positivo en la satisfacción y bienestar de los trabajadores, lo que podría traducirse en un mejor rendimiento y productividad en el lugar de trabajo.

Ilustración 47 Lockers remodelados y nuevos

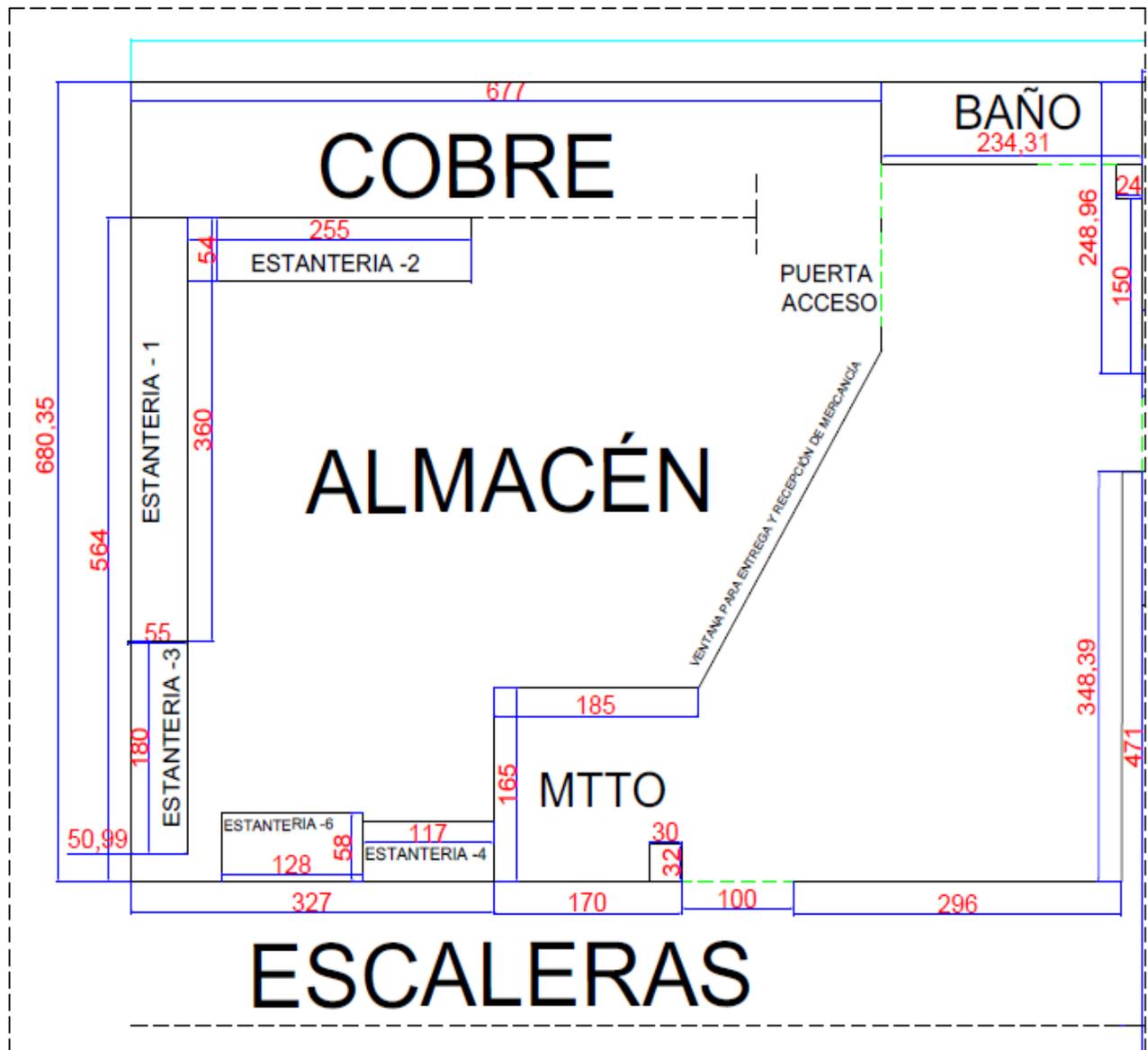


Fuente: Autores

La demolición de los muros de Drywall y la reubicación del almacén son cambios significativos en la distribución del espacio en el segundo piso de la planta de producción. Estos cambios permitirán una mayor integración entre las diferentes áreas y procesos, lo que podría ayudar a mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de espera en el transporte de

materiales. Además, la cercanía de los materiales a los operarios podría reducir la necesidad de solicitarlos a través de radios, lo que podría simplificar los procesos y mejorar la comunicación en la planta de producción. En conjunto, estos cambios podrían tener un impacto positivo en la productividad y eficiencia de la empresa.

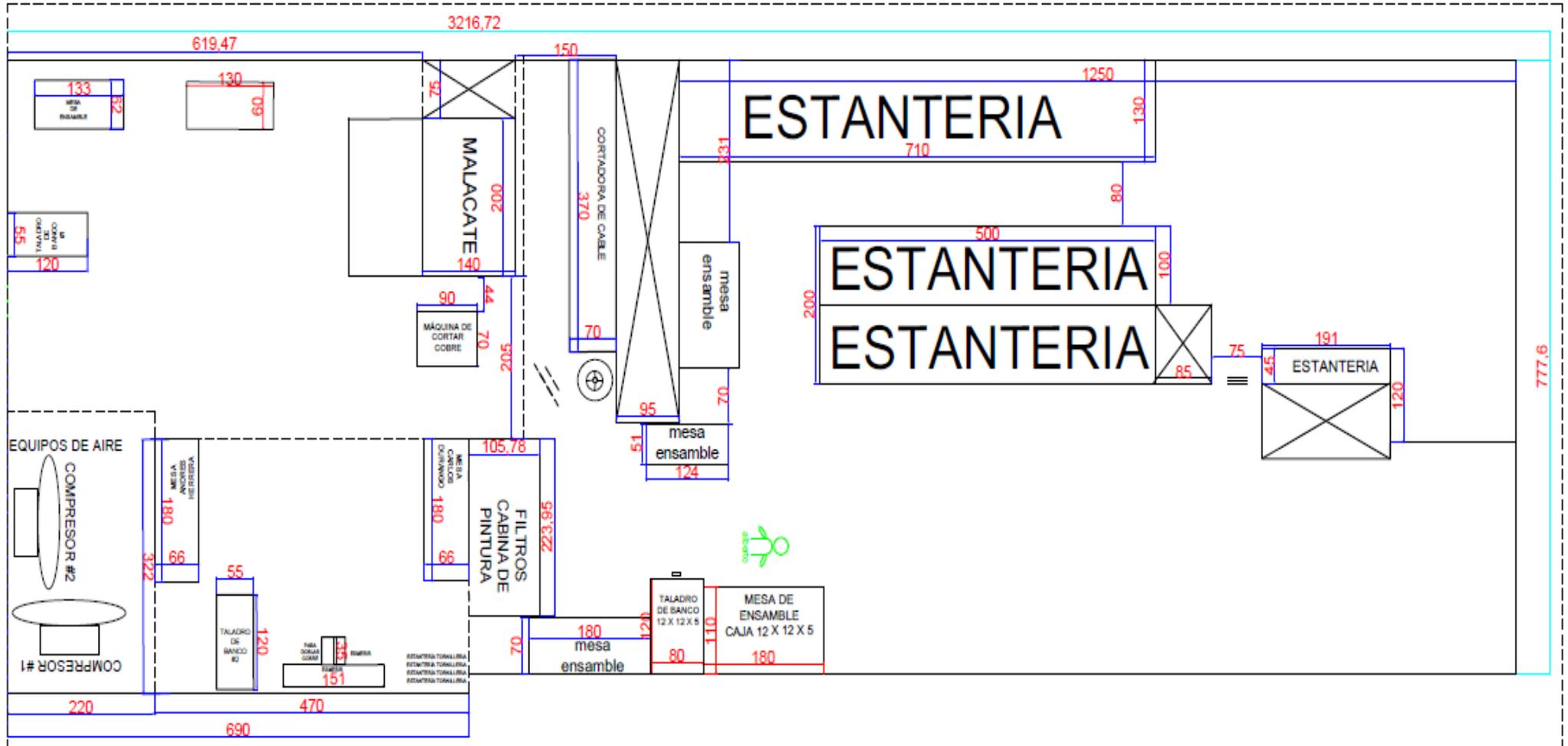
Ilustración 48 Segundo piso nueva zona para el almacén



Fuente: Elaboración propia 2023

La integración de los procesos de ensamblaje eléctrico de subestaciones y productos de stock en una sola área de ensamblaje, junto con la adaptación de las estanterías para almacenar productos terminados en la misma área, es una mejora importante en términos de eficiencia y productividad. Al tener todos los procesos de ensamblaje en un solo lugar y fácilmente accesibles, los trabajadores pueden encontrar y utilizar los materiales de manera más rápida y eficiente, lo que podría ayudar a aumentar la producción y reducir el tiempo de espera para los clientes. Además, la presencia de un malacate cercano permite la manipulación de tableros ya ensamblados o el traslado de gabinetes para su ensamblaje de manera más rápida y eficiente, lo que también podría contribuir a una mayor eficiencia en el proceso.

Ilustración 49 Plano zona de ensamble unificada



Fuente: Elaboración propia 2023

En el área de ensamblaje se ha aplicado la metodología de las 5's con el objetivo de mejorar la organización y clasificación de los productos terminados. Se ha identificado que algunos de estos productos no tienen rotación y que hay muchas referencias que no se consideran en el inventario.

Para abordar esta situación, se ha llevado a cabo una clasificación y separación de los productos con el fin de vender o eliminar aquellos que no se contemplan en el inventario, lo que ha permitido liberar una estantería y generar más espacio para los productos que se ensamblan de manera secuencial. Esto, a su vez, ha mejorado la eficiencia del proceso de ensamblaje.

La clasificación de los productos terminados y la eliminación de aquellos que no se contemplan en el inventario han posibilitado una gestión más efectiva del espacio en el área de ensamblaje, evitando la acumulación de productos innecesarios y facilitando el acceso a los productos necesarios para la producción.

Ilustración 50 Implementación 5's zona de ensamble



Fuente: Autores

Ilustración 51 Implementación 5's zona de producto terminado



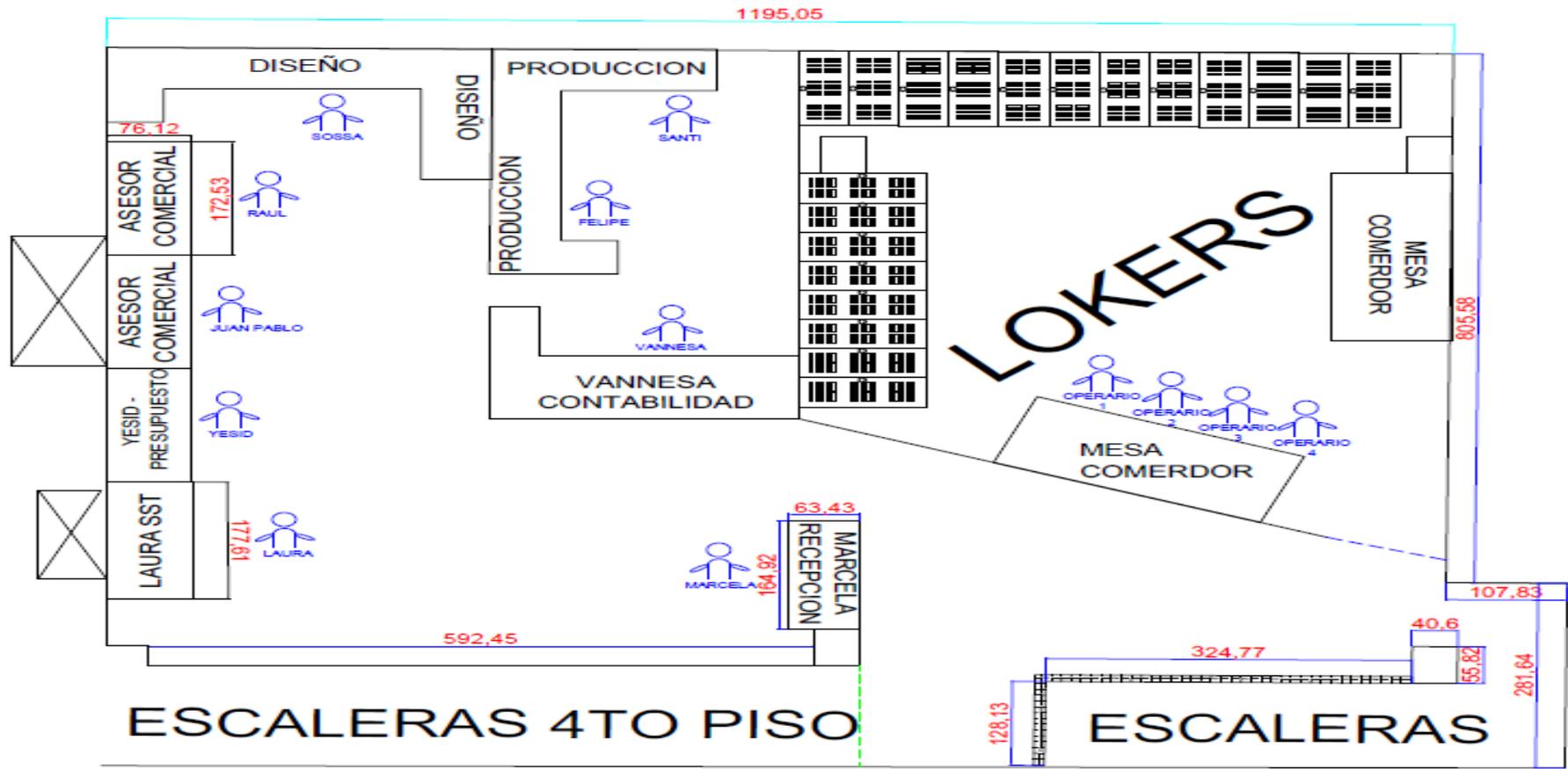
Fuente: Autores

#### **6.2.4 DIAGNOSTICO TERCER PISO - PROPUESTA**

En el tercer piso se han implementado cambios significativos, destacando la reutilización del antiguo almacén para transformarlo en una zona de descanso y cambio de ropa para los operarios. La motivación principal detrás de esta modificación es tener un mayor control sobre los tiempos de trabajo, ya que previamente los operarios podían ingresar libremente sin control alguno, lo que generaba interrupciones en algunos procesos y afectaba la productividad de la empresa.

Para garantizar la continuidad de los procesos productivos, se ha decidido que esta área solo esté disponible durante los tiempos de desayuno y almuerzo. Con esta medida se busca asegurar que los operarios puedan disfrutar de un lugar cómodo para descansar y cambiar su ropa sin interrumpir el trabajo en curso.

Ilustración 52 Plano tercer piso



Fuente: Elaboración propia 2023

La empresa ha tomado la decisión de reorganizar sus departamentos con el objetivo de mejorar la eficiencia y la comunicación entre ellos. Para lograrlo, se ha decidido trasladar la recepción al tercer piso y ubicar los departamentos de seguridad y salud en el trabajo, costos y presupuestos, asesores comerciales y contabilidad en la misma área.

La reubicación de la recepción en el tercer piso permitirá mejorar la accesibilidad y eficiencia para los visitantes, clientes, proveedores y los empleados que trabajan en áreas cercanas. Además, la inclusión de seguridad y salud en el trabajo en el mismo departamento refleja la importancia que se le está dando al bienestar y seguridad de los trabajadores, a través de la implementación de políticas y prácticas mucho más rigurosas y con indicadores de análisis industriales.

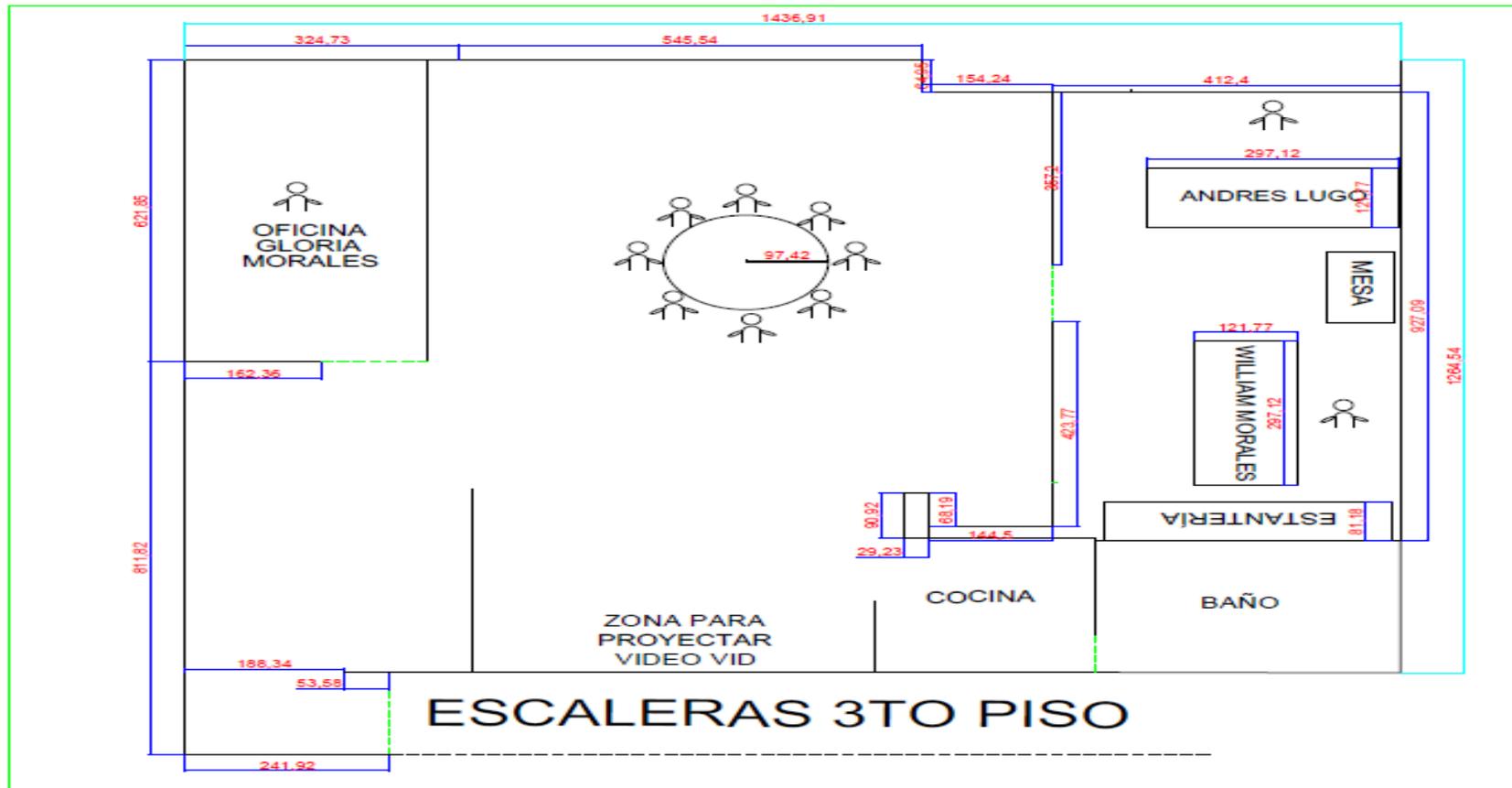
La integración de costos y presupuestos en la misma área puede ayudar a la empresa a ser más eficiente en su gestión financiera, controlando mejor sus gastos y planificando su presupuesto. Asimismo, la presencia de asesores comerciales puede mejorar la estrategia de ventas y marketing, proporcionando información y orientación valiosas para aumentar las ventas y mejorar la imagen de la empresa en el mercado.

La integración del proceso contable en la misma área que los demás departamentos puede mejorar la coordinación y comunicación entre las diferentes áreas de la empresa, aumentando la eficiencia en la gestión financiera y en la toma de decisiones empresariales.

La reorganización de las áreas administrativas de la empresa tiene como objetivo mejorar la eficiencia, la coordinación y la comunicación entre los diferentes departamentos, lo que puede conducir a una empresa más exitosa y rentable a largo plazo.

## 6.2.5 DIAGNOSTICO CUARTO PISO – PROPUESTA

Ilustración 53 Plano cuarto piso



Fuente: Elaboración propia 2023

El cuarto piso de la empresa ha sido asignado para el área de gestión del talento humano, con el objetivo de proporcionar un ambiente más tranquilo y privado para el desarrollo de las actividades de esta área.

También se ha destinado una sección para la gestión comercial de la empresa, lo que se espera que optimice la eficacia de la gestión comercial al contar con un espacio dedicado exclusivamente para esta función.

Además, se ha establecido un espacio específico para capacitaciones y reuniones privadas del gerente general, lo que sugiere que se considera importante contar con un lugar donde llevar a cabo actividades relevantes para el crecimiento y desarrollo de la organización.

Tabla 14 análisis comparativo de ventajas y desventajas del diseño de distribución de planta en el proceso de producción actual y anterior

<b>Piso</b>	<b>Áreas/Departamentos</b>	<b>Ventajas del diseño actual</b>	<b>Desventajas del diseño actual</b>	<b>Impacto</b>	<b>Ventajas del diseño anterior</b>	<b>Desventajas del diseño anterior</b>	<b>Impacto</b>
<b>Piso 1</b>	Máquinas de ensamblaje y fabricación, almacenamiento de materias primas y materiales, áreas de preparación y configuración de máquinas, zona de embalaje y etiquetado del producto.	Se ha mejorado la organización y optimización del espacio, lo que se traduce en una mayor eficiencia y productividad en el proceso de producción. Además, la ubicación de las áreas de almacenamiento y preparación de máquinas permite una mayor fluidez en el proceso de producción. Este diseño permite una mejor gestión de los recursos, mejorando el flujo del proceso y reduciendo los tiempos de espera entre operaciones, lo que conduce a una mayor eficiencia y un mayor rendimiento.	No se identificaron desventajas significativas en este piso.	En general, el impacto del diseño actual en este piso es positivo debido a la mejora en la organización y optimización del espacio. También se ha observado una disminución en el tiempo de producción y en los costos asociados a la optimización del espacio y la logística de almacenamiento.	No se identificaron ventajas significativas en este piso.	Podemos decir que el impacto del diseño anterior en el primer piso fue negativo debido a las limitaciones en la organización y optimización del espacio. Esto generaba retrasos en la producción y dificultades en la logística del proceso y su almacenamiento. En el segundo piso, además de estas limitaciones, se identificó un problema en la ubicación de las áreas de monitoreo y	En general, el impacto del diseño anterior en este piso era negativo debido a las limitaciones en la organización y optimización del espacio.

<b>Piso</b>	<b>Áreas/Departamentos</b>	<b>Ventajas del diseño actual</b>	<b>Desventajas del diseño actual</b>	<b>Impacto</b>	<b>Ventajas del diseño anterior</b>	<b>Desventajas del diseño anterior</b>	<b>Impacto</b>
<b>Piso 2</b>	Máquinas de procesamiento, áreas de carga de materias primas en la máquina, preparación y ajuste de la máquina, zonas de monitoreo y mantenimiento preventivo de las máquinas, limpieza y desinfección de estas después del proceso de producción.	Se ha mejorado la ubicación de las áreas de monitoreo y mantenimiento preventivo de las máquinas. Esto permite una mayor facilidad para la realización de estas tareas y reduce los tiempos de inactividad en la producción. La reducción de los tiempos de inactividad permite una producción más continua y una mayor eficiencia en el uso de los recursos, lo que se traduce en una reducción de los costos y un aumento de la productividad.	No se identificaron desventajas significativas en este piso.	En general, el impacto del diseño actual en este piso es positivo debido a la mejora en la organización y optimización del espacio. También se ha observado una disminución en el tiempo de producción y en los costos asociados a la optimización del espacio y la logística de mantenimiento preventivo de las máquinas.	No se identificaron ventajas significativas en este piso.	Mantenimiento preventivo, lo que afectaba la eficiencia del proceso de producción. En el tercer piso, se sumó un problema en la ubicación de las áreas de almacenamiento y distribución, lo que dificultaba el movimiento y seguimiento del producto. Finalmente, en el cuarto piso, además de las limitaciones en la	En general, el impacto del diseño anterior en este piso era negativo debido a las limitaciones en la organización y optimización del espacio y la ubicación de las áreas de monitoreo y mantenimiento preventivo.

<b>Piso</b>	<b>Áreas/Departamentos</b>	<b>Ventajas del diseño actual</b>	<b>Desventajas del diseño actual</b>	<b>Impacto</b>	<b>Ventajas del diseño anterior</b>	<b>Desventajas del diseño anterior</b>	<b>Impacto</b>
<b>Piso 3</b>	Zona de pruebas y controles de calidad, almacenamiento del producto terminado, zona de distribución y entrega del producto a los clientes	Se ha mejorado la ubicación de las áreas de almacenamiento del producto terminado y de distribución y entrega del producto. Esto permite una mayor facilidad para el movimiento y seguimiento del producto, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la eficiencia del proceso de entrega. Además, al mejorar la eficiencia en la gestión de inventarios, se reduce la probabilidad de errores en la gestión de la producción y, por lo tanto, se mejora la satisfacción del cliente.	No se identificaron desventajas significativas en este piso	En el impacto del diseño actual en este piso es positivo debido a la mejora en la organización y optimización del espacio y el aumento de la facilidad para el movimiento y seguimiento del producto. También se ha observado una disminución en el tiempo de espera y en los costos asociados a la logística de almacenamiento y distribución.	No se identificaron ventajas significativas en este piso	Organización y optimización del espacio, se encontró que el diseño anterior afectaba la comodidad y satisfacción de los trabajadores. En todos los casos, se puede concluir que el diseño anterior presentaba importantes deficiencias que afectaban la productividad y eficiencia de la empresa. En resumen, en todos los pisos, el	En general, el impacto del diseño anterior en este piso era negativo debido a las limitaciones en la organización y optimización del espacio y la dificultad en el movimiento y seguimiento del producto

<b>Piso</b>	<b>Áreas/Departamentos</b>	<b>Ventajas del diseño actual</b>	<b>Desventajas del diseño actual</b>	<b>Impacto</b>	<b>Ventajas del diseño anterior</b>	<b>Desventajas del diseño anterior</b>	<b>Impacto</b>
<b>Piso 4</b>	Oficinas administrativas, áreas de reuniones y presentaciones, vestidores y baños para empleados, zonas de descanso y comedor	Se ha mejorado la comodidad y satisfacción de los empleados mediante la ubicación de las áreas de reuniones y presentaciones. La mejora de la calidad de vida laboral tiene un impacto positivo en la moral y la motivación de los trabajadores, lo que se traduce en una mayor productividad. Además, la mayor privacidad y facilidad para la realización de estas actividades permite una mejor gestión del tiempo y una mayor eficiencia en el uso de los recursos.	No se identificaron desventajas significativas en este piso	El impacto del diseño actual en este piso es positivo debido al aumento en la comodidad y satisfacción de los empleados y la mejora en la realización de las actividades de reuniones y presentaciones.	No se identificaron ventajas significativas en este piso	Diseño anterior presentó problemas relacionados con la organización y optimización del espacio, lo que afectó la productividad y eficiencia en la operación del lugar.	El impacto del diseño anterior en este piso fue negativo debido a las limitaciones en la organización y optimización del espacio y el impacto en la comodidad y satisfacción de los trabajadores

Fuente: Elaboración propia 2023

### **6.3 MÉTODOS, TIEMPOS Y COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Este material se presenta como documentos anexos mediante archivos de Microsoft Excel por favor dirigirse al final del documento

#### **6.3.1 Informe de secuencia de operaciones de métodos y tiempos de producción para productos estandarizados a través de la distribución de planta**

- Gracias a la implementación de una distribución de planta efectiva, se logró aplicar una ingeniería de métodos y tiempos que permitió una completa estandarización. esto generó una mejora en los tiempos de fabricación y, al mismo tiempo, una reducción en los costos de producción. Además, se logró disminuir los desplazamientos en la planta, acortando las distancias.
- El proceso de implementación de métodos y tiempos se realizó de manera minuciosa, discriminando y detallando cada proceso. Se utilizaron herramientas como la ficha de operaciones del producto, proceso secuencia de operaciones, descripción de las operaciones, seguridad industrial, principales máquinas, equipos y herramientas utilizadas en el proceso, y un cursograma donde se tuvieron en cuenta los tiempos de operación, inspección, espera, transporte, almacenamiento y distancia. Además, se evaluó y definió una ficha descriptiva de elementos y puntos de finalización.
- Para calcular el tiempo de fabricación se realizó un muestreo aleatorio simple (sin ciclos), utilizando una tabla z y un nivel de confianza para definir el número ideal de cronometrajes de acuerdo con el tamaño del lote. Se llevaron a cabo observaciones aleatorias y se utilizó un modelo para el cálculo de la unidad estándar de producción, en el cual se realizaron cronometrajes de cada elemento.

- Se definieron los sistemas de suplementos por descanso y los porcentajes de los tiempos básicos (OIT). Elaborando una tabla con los tiempos de cada proceso para definir el tiempo total de fabricación de cada producto y se realizó una tabla con 30 productos estandarizados para evaluar la variación de tiempos y su comportamiento.
- Se realizó el cálculo de la eficiencia operacional del producto completo y también por proceso, utilizando gráficas para analizar el tiempo de cada proceso y su respectiva participación porcentual. En conclusión, la implementación de una distribución de planta efectiva y una ingeniería de métodos y tiempos permitió una estandarización completa y mejoras significativas en los tiempos de fabricación y los costos de producción en la planta.
- Posteriormente, como resultado de la implementación de métodos y tiempos, se logró mejorar notablemente los costos de fabricación, gracias a la obtención de costos más precisos. se estableció un formato detallado para los costos de los diferentes elementos del proceso, como la lámina, la mano de obra, los químicos, los materiales y la pintura. esto permite tener una mejor visibilidad de los costos reales y hacer ajustes necesarios para mejorar la eficiencia y reducir costos en el futuro.

## 7 CONCLUSIONES

- El proceso de distribución de planta realizado por la empresa fue exitoso en términos de optimización del espacio y mejora de la eficiencia y productividad. Al aplicar la metodología de las 5's para mejorar la organización y clasificación de los productos, permite una mejor gestión del espacio y la eliminación de productos innecesarios.
- La reorganización de los departamentos en el segundo piso y la asignación de áreas específicas para el área de gestión del talento humano y la gestión comercial en el cuarto piso, evidencian una visión estratégica de la empresa para mejorar la comunicación y coordinación entre los departamentos aumentando la eficiencia en la gestión financiera y en la toma de decisiones empresariales.
- La implementación de una distribución de planta efectiva también permitió a la empresa mejorar su capacidad de adaptación a los cambios del entorno, así como a las necesidades del mercado y de los clientes. Al mejorar la eficiencia y productividad, la empresa puede ser más ágil y responder más rápidamente a las demandas del mercado, lo que puede mejorar su posición competitiva.
- Se evidenció que el éxito de la implementación de una distribución de planta no solo depende de la aplicación de técnicas y metodologías, sino también de la participación y el compromiso de los empleados en el proceso. La empresa logró involucrar a todo su personal en la implementación de la nueva distribución de planta, fomentando la colaboración, el trabajo en equipo y la comunicación, lo que favoreció el éxito de la iniciativa y la generación de una cultura de mejora continua en la empresa.
- La aplicación de conceptos y metodologías de la carrera de ingeniería industrial, como la gestión de procesos y la mejora continua, ha sido fundamental para el éxito

del proceso de distribución de planta llevado a cabo por la empresa. Estos conceptos y metodologías han permitido la identificación de áreas de mejora en la distribución de la planta, y la implementación de soluciones efectivas para optimizar el uso del espacio y mejorar la eficiencia y productividad de la empresa.

- El proceso investigativo llevado a cabo por la empresa ha sido esencial para aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería industrial y mejorar su funcionamiento y productividad. La investigación ha permitido identificar áreas de mejora, implementar soluciones y optimizar los procesos existentes, lo que ha llevado a una mayor eficiencia y rentabilidad de la empresa. Además, la investigación ha permitido a la empresa estar a la vanguardia de las últimas tendencias y tecnologías en el campo de la ingeniería industrial, lo que les ha dado una ventaja competitiva en el mercado.

### **Recomendaciones para la empresa**

1. Continuar realizando evaluaciones periódicas del diseño de la distribución de la planta para asegurar que siga siendo eficiente y se adapte a las necesidades de la empresa en constante evolución.
2. Realizar capacitaciones periódicas a los empleados sobre la importancia de mantener la organización y limpieza en su lugar de trabajo, para mantener la eficiencia en los procesos productivos.
3. Establecer un programa de seguimiento para el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinarias utilizados en la producción para asegurar su óptimo funcionamiento y evitar retrasos en los procesos productivos.
4. Continuar con la implementación de tecnologías y herramientas modernas para mejorar la eficiencia y competitividad de la empresa en el mercado.

### **Recomendaciones para la universidad**

1. Revisar el plan de estudios de la carrera de ingeniería industrial para incluir una mayor cantidad de cursos prácticos que permitan a los estudiantes adquirir habilidades y conocimientos relevantes para la industria.
2. Fomentar la colaboración con empresas e industrias para proporcionar a los estudiantes experiencias prácticas en el campo y la oportunidad de aplicar sus conocimientos en situaciones reales.
3. Promover la utilización de tecnologías de última generación en el proceso de enseñanza y aprendizaje para preparar a los estudiantes para un mercado laboral en constante evolución.

4. Fortalecer la formación en habilidades blandas, tales como liderazgo, trabajo en equipo, resolución de problemas y toma de decisiones, para preparar a los estudiantes para enfrentar situaciones complejas en el mundo empresarial.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D., Camargo, J. C., & Ramírez, D. (2017). Metodología para la distribución de plantas en ambientes de agrupación. *Estudios Gerenciales*, 33(145), 6-13. doi: 10.1016/j.estger.2017.02.003.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592317300256>
- Bonilla, Víctor E; Chávez A, Ana Y & Calderón, Jorge A. (2020). El valor agregado de la planificación estratégica en la cadena de suministro. Recuperado *Journal of business and entrepreneurial studies*, vol. 4, núm. 3.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573667939001>
- Buitrago P, Rubén D, Análisis bibliométrico sobre la producción científica en distribución en planta en la red Redalyc durante el periodo 2007 – 2017. *Revista Scientia Et Technica*, vol. 24, núm. 3, 2019, junio-septiembre, pp. 446-450.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84961239011>
- Cervera, A., & Lloret, J. (2017). Metodología de distribución de plantas para ambientes de agrupación de oficinas. *Estudios Gerenciales*, 33(144), 97-105.  
<https://www.elsevier.es/es-revista-estudios-gerenciales-354-articulo-metodologia-distribucion-plantas-ambientes-agrupacion-S0123592317300256>
- DANE, (2022) Boletín Técnico, Índice de Producción Industrial, con información de EMMET, Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), Gestor del Mercado del Gas en Colombia BEC, XM, EAAB, EPM, EMCALI.  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipi/bol\\_ipi\\_febrero\\_22.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipi/bol_ipi_febrero_22.pdf)
- Eyva M, Mauricio, D & Salas B, Julio. (2013). Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*

Universidad Nacional Mayor de San Marcos vol. 16, núm. 2, julio-diciembre, 2013, pp. 132-143.

<https://www.redalyc.org/pdf/816/81632390015.pdf>

Eyva M, Mauricio, D & Salas B, Julio. (2013). Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial Universidad Nacional Mayor de San Marcos vol. 16, núm. 2, julio-diciembre, 2013, pp. 132-143.

<https://www.redalyc.org/pdf/816/81632390015.pdf>

García S, José P. (2020) Distribución en Planta. Recuperado de Nota Técnica. RIUNET Repositorio UP.

<http://hdl.handle.net/10251/152734>

Heizer, J., & Render, B. (2017). Operations Management (9th ed.). Pearson.

<https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/investigacic3b3n-de-operaciones-9na-edicic3b3n-hamdy-a-taha-fl.pdf>

Mejía A, Heidy; Wilches A, María Jimena; Galofre V, Marjorie & Montenegro, Yennys. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. Revista Scientia et Technica Año XVI, No 49.

<https://www.redalyc.org/pdf/849/84922625011.pdf>

Mejía A, Heidy; Wilches A, María Jimena; Galofre V, Marjorie & Montenegro, Yennys. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. Revista Scientia et Technica Año XVI, No 49.

<https://www.redalyc.org/pdf/849/84922625011.pdf>

- Mejía A, Heidy; Wilches A, María Jimena; Galofre V, Marjorie & Montenegro, Yennys Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. (2011). *Scientia Et Technica*, 16(49), 63-68.  
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84922625011.pdf>
- Mejía, J., Wilches, L., Galofre, M. & Montenegro, J. (2011). Diseño de distribuciones en planta utilizando la metodología del Automated Layout Design Program (ALDEP). *Scientia Et Technica*, 16(47), 27-34.  
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84922625011.pdf>
- Mejía, O., Galofre, M., Chávez, F., et al. (2011). *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en la gestión de operaciones*. Pearson Educación.
- Muther (1970) *Distribución de planta* p.15.  
[https://www.academia.edu/49232937/Distribucion\\_de\\_Planta\\_Richard\\_Muther](https://www.academia.edu/49232937/Distribucion_de_Planta_Richard_Muther)
- Muther, R. (2019). *Systematic Layout Planning (SLP)*. CRC Press.  
[https://www.academia.edu/49232937/Distribucion\\_de\\_Planta\\_Richard\\_Muther](https://www.academia.edu/49232937/Distribucion_de_Planta_Richard_Muther)
- Niebel & Freivalds (2009) *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* p.86.  
[https://www.academia.edu/36652836/Ingenier%C3%ADa\\_Industrial\\_M%C3%A9todos\\_Est%C3%A1ndares\\_y\\_Dise%C3%B1o\\_del\\_Trabajo\\_Benjamin\\_W\\_Niebel\\_12\\_Edici%C3%B3n](https://www.academia.edu/36652836/Ingenier%C3%ADa_Industrial_M%C3%A9todos_Est%C3%A1ndares_y_Dise%C3%B1o_del_Trabajo_Benjamin_W_Niebel_12_Edici%C3%B3n)
- Núñez C, Ana; Guitart T, Laura & Baraza S, Xavier. (2014) *Dirección de operaciones decisiones tácticas y estratégicas*, p.380-381.  
[https://www.academia.edu/37886935/Direccion\\_de\\_Operaciones\\_pdf](https://www.academia.edu/37886935/Direccion_de_Operaciones_pdf)
- Ortiz N, Erika J & Zúñiga V, Alexis Xavier. (2022) *Distribución de planta y sus factores: Incidencia en el mejoramiento de la productividad*. *Revista riemat*. Volumen 7. Número 1. art. 6.  
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/download/4840/4740/19097>

- Paredes R, Andrés M; Peláez M, Kelly A; Chud P, Vivian L; Payan Q, Jorge L & Alarcón G Diana Roció. (2016) Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP. *Revista Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, vol. 21, núm. 4, diciembre.
- Paredes, L. A., Peláez, E. M., Zárate, L. G., & Pérez, R. E. (Eds.). (2016). *Metodologías para la toma de decisiones en la gestión de operaciones: diseño y planificación*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez G. Pablo A. (2016). Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un índice de desempeño. *Revista de Administración de Empresas São Paulo* V. 56 n. 5 setiembre-octubre 533-546.
- <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155147928006>
- Rojas, D., Carrillo, K., & Ancajima, R. (2019). Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta. *Revista científica de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 22(2), 31-38.
- [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3840/Lourdes%20Huamani\\_Demecio%20Pineda\\_Trabajo%20de%20Investigacion\\_Bachiller\\_2020.pdf?sequence=1](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3840/Lourdes%20Huamani_Demecio%20Pineda_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1)
- Taha, H. A. (2016). *Operations research: An introduction* (10th ed.). Pearson.
- <https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wpcontent/uploads/sites/4/2019/03/investigacic3b3n-de-operaciones-9na-edicic3b3n-hamdy-a-taha-fl.pdf>
- Torres Soto, J. (2020). Método SLP (Systematic Layout Planning) para la optimización de la distribución de planta. *Revista de Investigación Académica*, 21, 1-15.
- Torres Soto, J. E., Flórez Peña, J. A., Sánchez, A. M., & Castañeda, O. F. (2020). Mejora de la distribución en planta de empresas productoras de Guadua Laminada Encolada (GLG)

mediante la metodología SLP. Tecnura, 24(65), 25-34.

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/view/15378>

Wilches, J. G. (2017). Distribución de planta: Una herramienta para aumentar la eficiencia de las operaciones y garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 4(1), 102-111.

<https://www.redalyc.org/journal/849/84961239011/html/>

## **ANEXOS**

**Productos estandarizados gracias a la distribución de planta propuesta y ejecutada por la empresa INCAMET S.A.S**

**Anexo 1. CAJA ELECTRICA EMPALME 12X12x5 Cm**

La caja eléctrica empalme de 12x12x5 cm es un componente esencial en las instalaciones eléctricas interiores. Este dispositivo está diseñado para proteger y contener conexiones y empalmes eléctricos, con el objetivo de mejorar la seguridad y la eficiencia de los circuitos eléctricos.

La caja eléctrica empalme está fabricada en materiales resistentes, como plástico o metal, y cuenta con una tapa removible para facilitar el acceso a los componentes en su interior. Las dimensiones de la caja eléctrica empalme son de 12 cm de largo, 12 cm de ancho y 5 cm de profundidad, lo que la hace adecuada para alojar pequeñas conexiones eléctricas o para ser utilizada como punto de distribución en circuitos eléctricos de baja tensión.

A continuación, se presenta estandarización como archivo adjunto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11pEY5mGluSPVTopLtf0Qx3nu7M-sY33W/edit?usp=share\\_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11pEY5mGluSPVTopLtf0Qx3nu7M-sY33W/edit?usp=share_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

A continuación, se presenta matriz de costos de fabricación del producto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Q2eeFPvYy-st6PmA0QpaU15Zyr5L54GX/edit?usp=share\\_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Q2eeFPvYy-st6PmA0QpaU15Zyr5L54GX/edit?usp=share_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

## **Anexo 2. GABINETE DE GAS 40X40X16 Cm**

Está diseñado para proteger y contener los medidores de gas y otros componentes de la red de gas natural, garantizando la seguridad y eficiencia del suministro de gas.

El gabinete de gas está fabricado en materiales resistentes y duraderos, como acero galvanizado, y cuenta con una puerta con cerradura para proteger el acceso no autorizado. Las dimensiones del gabinete de gas son de 40 cm de largo, 40 cm de ancho y 16 cm de profundidad, lo que lo hace adecuado para alojar medidores de gas de tamaño estándar y otros componentes.

A continuación, se presenta estandarización como archivo adjunto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1K6AzxUyfbdsiGSJf0H14-EmSwjRTnzc0/edit?usp=share\\_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1K6AzxUyfbdsiGSJf0H14-EmSwjRTnzc0/edit?usp=share_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

A continuación, se presenta matriz de costos de fabricación del producto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1heXvvr5w7K7GSOq6X\\_Ad0Qw4y3-Pkdh9/edit?usp=share\\_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1heXvvr5w7K7GSOq6X_Ad0Qw4y3-Pkdh9/edit?usp=share_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

### **Anexo 3. CANALETA DE GAS SENCILLA Y DOBLE**

Están diseñadas para facilitar la instalación y el mantenimiento de los sistemas de gas natural, garantizando la seguridad y la eficiencia del suministro de gas. Estas canaletas se fabrican en materiales resistentes y duraderos, como el PVC y el acero inoxidable, y se pueden instalar tanto en interiores como en exteriores.

La canaleta de gas sencilla de INCAMET es una pieza de plástico o metal que se utiliza para canalizar el gas desde la red de suministro hasta el punto de consumo, garantizando un suministro eficiente y seguro. Por otro lado, la canaleta de gas doble de INCAMET se utiliza para separar la línea de suministro de gas y la línea de retorno en sistemas de calefacción y aire acondicionado, mejorando la eficiencia del sistema.

A continuación, se presenta estandarización como archivo adjunto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1RC8hluCis4CBSPekywTgxl-wF\\_qhZi2g/edit?usp=share\\_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1RC8hluCis4CBSPekywTgxl-wF_qhZi2g/edit?usp=share_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

A continuación, se presenta matriz de costos de fabricación del producto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11Yj6BRjS0Tq0Ah1BmNHAzpNYhU4DAFyl/edit?usp=share\\_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11Yj6BRjS0Tq0Ah1BmNHAzpNYhU4DAFyl/edit?usp=share_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

#### **Anexo 4. TABLERO 4 CIRCUITOS**

Este tipo de tablero cuenta con cuatro circuitos independientes que pueden ser utilizados para conectar diferentes aparatos eléctricos o sistemas.

Los tableros eléctricos son elementos clave en cualquier instalación eléctrica, ya que permiten proteger los circuitos eléctricos y los dispositivos conectados contra cortocircuitos, sobrecargas y otros problemas eléctricos. El tablero de 4 circuitos es una opción ideal para instalaciones pequeñas o medianas, ya que ofrece una distribución eficiente de la energía eléctrica y una protección adecuada de los circuitos.

El tablero de 4 circuitos puede ser utilizado en diferentes tipos de instalaciones, como viviendas, pequeños negocios o instalaciones industriales. Estos tableros suelen ser fabricados en materiales resistentes y duraderos, como el metal o el PVC, y se pueden encontrar en diferentes tamaños y modelos, según las necesidades de la instalación.

A continuación, se presenta estandarización como archivo adjunto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1tOHtAinkWfDQ2Jh52CEL\\_E2XH\\_POXOjF/edit?usp=share\\_link&ouid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1tOHtAinkWfDQ2Jh52CEL_E2XH_POXOjF/edit?usp=share_link&ouid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

A continuación, se presenta matriz de costos de fabricación del producto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1aK9Tb4KCrBWqysji\\_k7T\\_J8dLyChr4Fg/edit?usp=share\\_link&ouid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1aK9Tb4KCrBWqysji_k7T_J8dLyChr4Fg/edit?usp=share_link&ouid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

## **Anexo 5. TABLERO 6 CIRCUITOS**

El tablero de 6 circuitos es un dispositivo eléctrico utilizado para distribuir la energía eléctrica en diferentes áreas o cargas eléctricas en una instalación. Este tipo de tablero cuenta con seis circuitos independientes que pueden ser utilizados para conectar diferentes aparatos eléctricos o sistemas.

A continuación, se presenta estandarización como archivo adjunto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/10PJ38aipX3U45qOY8H0FdKlKOiWI8ADg/edit?usp=share\\_link&ouid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/10PJ38aipX3U45qOY8H0FdKlKOiWI8ADg/edit?usp=share_link&ouid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

A continuación, se presenta matriz de costos de fabricación del producto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1PYEXCFwjXcuC8KLHzk3a285uG-CSgUzO/edit?usp=share\\_link&ouid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1PYEXCFwjXcuC8KLHzk3a285uG-CSgUzO/edit?usp=share_link&ouid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

## **Anexo 6. TABLERO 8 CIRCUITOS**

El tablero de 8 circuitos permite proteger los circuitos eléctricos y los dispositivos conectados contra cortocircuitos, sobrecargas y otros problemas eléctricos. Además, este tipo de tablero es ideal para instalaciones más grandes o con una mayor demanda eléctrica, ya que ofrece una mayor cantidad de circuitos disponibles para su uso.

A continuación, se presenta estandarización como archivo adjunto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Gmt9jky6EycL-X1p8Uh70RfxtHw1f2ST/edit?usp=share\\_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Gmt9jky6EycL-X1p8Uh70RfxtHw1f2ST/edit?usp=share_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)

A continuación, se presenta matriz de costos de fabricación del producto.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1UdbyDDpZIRjA2d6XTiwHTf-JhI6I1Cue/edit?usp=share\\_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1UdbyDDpZIRjA2d6XTiwHTf-JhI6I1Cue/edit?usp=share_link&oid=112241011569291511246&rtpof=true&sd=true)