



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Tema:**

---

**DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LAS NUEVAS  
INSTALACIONES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA SOLUTIONS**

---

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la  
obtención del título de Ingeniero/Ingeniera Industrial

**ÁREA:** Producción y operaciones

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Diseño, materiales y producción

**AUTOR:** Luis Enrique Padilla Plazarte

**TUTOR:** Ing. Cesar Aníbal Rosero Mantilla, Mg.

**Ambato - Ecuador**

**febrero-2024**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LAS NUEVAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA SOLUTIONS, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Luis Enrique Padilla Plazarte, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, febrero 2024

-----  
Ing. Cesar Aníbal Rosero Mantilla, Mg.

**TUTOR**

## AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LAS NUEVAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA SOLUTIONS es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2024



---

Luis Enrique Padilla Plazarte

C.C. 0504263351

AUTOR

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, febrero 2024



Luis Enrique Padilla Plazarte

C.C. 0504263351

AUTOR

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Luis Enrique Padilla Plazarte, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LAS NUEVAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA SOLUTIONS, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, febrero 2024

-----  
Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

-----  
Ing. Jessica Paola López Arboleda, Mg.  
PROFESOR CALIFICADOR

-----  
Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema, Mg.  
PROFESOR CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo de titulación va dedicado a mi padre, porque tal vez no pudo darme todo lo que él quiso, pero nunca me faltaron los pasajes para ir a estudiar, porque cuando yo me di por vencido él nunca lo hizo, porque sabía que si se iba yo solo no lo lograría y porque siempre me dijo que superarse es lo mejor que puede haber en la vida.*

***Luis Enrique Padilla Plazarte***

## **AGRADECIMIENTO**

*Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que me apoyaron en los momentos más difíciles a lo largo de mi carrera, docentes, familiares, amigos y conocidos que de una u otra forma contribuyeron a que pueda culminar mis estudios y ser una mejor persona.*

*En especial a aquellas personas que siempre me brindaron un gesto de amistad desinteresada y leal.*

***Luis Enrique Padilla Plazarte***

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA</b> .....	<b>iii</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xviii</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xx</b>
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
1.1 Tema de investigación.....	21
1.1.1 Planteamiento del problema.....	21
1.2 Antecedentes investigativos .....	22
1.3 Fundamentación teórica .....	25



1.3.1 Distribución de instalaciones .....	25
1.3.2 Tipos de distribución de planta .....	26
1.3.3 Diagrama de Pareto .....	30
1.3.4 Diagrama de recorrido.....	31
1.3.5 Flujograma .....	32
1.3.6 Diagrama de relación de actividades.....	32
1.3.7 Diagrama adimensional de bloques .....	33
1.3.8 Estudio de tiempos .....	34
1.3.9 Selección del operario .....	34
1.3.10 Observaciones requeridas.....	34
1.3.11 Cálculo del desempeño .....	35
1.3.12 Tiempo normal.....	35
1.3.13 Tiempo estándar .....	35
1.3.14 Suplementos y tolerancias.....	36
1.3.15 Capacidad de producción .....	36
1.3.16 Análisis costo-distancia.....	37
1.3.17 Planeación sistemática de la distribución en planta (SLP).....	37
1.3.18 Análisis económico .....	38
1.4 Objetivos .....	38
1.4.1 Objetivo general .....	38
1.4.2 Objetivos específicos .....	38
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>39</b>
2.1 Materiales .....	39
2.2 Métodos.....	40
2.2.1 Modalidad de la investigación .....	40
2.2.2 Enfoque de la investigación .....	40
2.2.3 Población y muestra .....	41
2.2.4 Recolección de información.....	41
2.2.5 Procesamiento y análisis de datos .....	43
<b>CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>

3.1 Descripción general de la empresa.....	44
3.1.1 Reseña histórica .....	44
3.1.2 Ubicación .....	44
3.2 Descripción general de la empresa.....	45
3.2.1 Misión empresarial.....	45
3.2.2 Visión empresarial .....	45
3.2.3 Organigrama empresarial .....	46
3.2.4 Productos y servicios .....	46
3.2.5 Clasificación de la empresa.....	47
3.2.6 Máquinas y equipos .....	48
3.3 Productos de la empresa.....	49
3.4 Fuentes de ingreso.....	51
3.5 Diagramas de flujo .....	53
3.5.1 Producto representativo de la empresa.....	59
3.6 Proceso de fabricación de bandas transportadoras.....	59
3.6.1 Etapa de diseño .....	60
3.6.2 Etapa de preparación .....	60
3.6.3 Etapa de ensamble.....	61
3.6.4 Etapa de soldadura .....	61
3.6.5 Etapa de pintura y acabados .....	62
3.7 Cursograma analítico .....	62
3.8 Estudio de tiempos .....	70
3.8.1 Observaciones requeridas.....	70
3.8.2 Tiempo normal .....	71
3.8.3 Tiempo estándar .....	71
3.8.4 Cálculo de suplementos .....	71
3.8.5 Resumen del estudio de tiempos .....	81
3.9 Capacidad de producción .....	81

3.9.1	Cálculo de producción diaria .....	82
3.9.2	Cálculo de producción .....	82
3.9.3	Producción semanal .....	82
3.9.4	Producción mensual .....	82
3.9.5	Producción anual .....	83
3.10	Análisis de la distribución .....	83
3.11	Cálculo del requerimiento de espacios .....	85
3.11.1	Áreas de producción.....	85
3.12	Áreas auxiliares .....	88
3.12.1	Diseño de oficinas .....	88
3.12.2	Diseño de cuarto de mantenimiento y herramientas .....	89
3.12.3	Diseño de plataformas de recepción y envíos .....	89
3.12.4	Criterios para diseño de bodegas.....	90
3.13	Servicios para empleados .....	90
3.13.1	Diseño de estacionamientos .....	90
3.13.2	Diseño de vestuarios .....	91
3.13.3	Diseño de excusados y sanitarios.....	91
3.13.4	Diseño de comedores .....	92
3.14	Normativas .....	92
3.14.1	Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto 2393).....	92
3.14.2	Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios.....	94
3.15	Planeación Sistemática de la Distribución (SLP).....	95
3.16	Diagrama de relaciones .....	96
3.17	Resumen de relacion de actividades.....	98
3.18	Diagrama adimensional de bloques.....	99
3.19	Alternativas de distribución.....	101

3.19.1	Análisis carga-distancia .....	104
3.20	Planos de la empresa .....	108
3.21	Análisis de costos de la propuesta .....	110
3.21.1	Cálculo de la Tasa de Descuento (TMAR) .....	113
3.21.2	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).....	114
3.21.3	Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	115
3.21.4	Cálculo del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	115
3.21.5	Resumen de indicadores.....	117
	<b>CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>118</b>
4.1	Conclusiones .....	118
4.2	Recomendaciones.....	119
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>120</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>123</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de una distribución por producto .....	27
Tabla 2. Ventajas y desventajas de una distribución por proceso .....	28
Tabla 3. Ventajas y desventajas de una distribución por células de trabajo. ....	31
Tabla 4. Diagrama de relación de actividades .....	34
Tabla 5. Números de ciclo a cronometrar - General Electric [23] .....	35
Tabla 6. Valorización del ritmo de trabajo [23] .....	36
Tabla 7. Materiales.....	40
Tabla 8. Población de la empresa.....	42
Tabla 9. Recolección de la información.....	43
Tabla 10. Productos ofertados.....	47
Tabla 11. Cartera de servicios.....	48
Tabla 12. Clasificación de empresas PYMES.....	49
Tabla 13. Maquinaria de la empresa .....	50
Tabla 14. Productos de la empresa.....	51
Tabla 15. Categorización de ingresos anuales de la empresa SOLUTIONS .....	53
Tabla 16. Producto representativo.....	59
Tabla 17. Cursograma analítico - fabricación de rodillos .....	64
Tabla 18. Cursograma analítico - fabricación de platinas.....	65
Tabla 19. Cursograma analítico - fabricación de eje motriz .....	66
Tabla 20. Cursograma analítico - fabricación de bocines .....	67

Tabla 21. Cursograma analítico - fabricación de tablero eléctrico .....	68
Tabla 22. Cursograma analítico - fabricación de banda transportadora.....	69
Tabla 23. Cursograma analítico - ensamble final de transportadora.....	70
Tabla 24. Resumen de tiempos – cursograma analítico .....	71
Tabla 25. Estudio de tiempos - fabricación de rodillos.....	73
Tabla 26. Estudio de tiempos - fabricación de platinas .....	74
Tabla 27. Estudio de tiempos - fabricación de eje motriz.....	75
Tabla 28. Estudio de tiempos - fabricación de bocines.....	76
Tabla 29. Estudio de tiempos - fabricación de tablero eléctrico .....	77
Tabla 30. Estudio de tiempos - fabricación de banda transportadora .....	78
Tabla 31. Estudio de tiempos - ensamble final de banda transportadora.....	81
Tabla 32. Resumen de estudio de tiempos .....	82
Tabla 33. Evaluación del espacio físico en el área de mecanizado.....	86
Tabla 34. Evaluación del espacio físico en el área de corte.....	87
Tabla 35. Evaluación del espacio físico en el área de conformado .....	88
Tabla 36. Evaluación del espacio físico en el área de soldadura .....	88
Tabla 37. Evaluación del espacio físico en el área de pintura y acabados.....	89
Tabla 38. Diseño de estacionamientos .....	91
Tabla 39. Dimensiones de estacionamientos .....	92
Tabla 40. Descripción de relación de cercanía entre áreas .....	97
Tabla 41. Razón de cercanía entre áreas .....	98

Tabla 42. Resumen de relación de actividades .....	100
Tabla 43 Distancia recorrida entre áreas .....	105
Tabla 44 Análisis de costo por acarreo de materiales para cada disposición.....	108
Tabla 45. Análisis de costos de la propuesta - actividades preliminares .....	110
Tabla 46. Análisis de costos de la propuesta – construcción .....	110
Tabla 47. Análisis de costos de la propuesta - adecuación de instalaciones eléctricas .....	111
Tabla 48. Análisis de costos de la propuesta - acabados.....	111
Tabla 49. Análisis de costos de la propuesta – montaje y adquisición de equipos..	112
Tabla 50. Resumen de costos .....	112
Tabla 51 Resumen - flujo de efectivo .....	113
Tabla 52 Calculo del PRI - método descontado.....	115
Tabla 53 Resumen de indicadores.....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución por producto.....	29
Figura 2. Distribución por proceso.....	29
Figura 3. Distribución por posición fija .....	30
Figura 4. Distribución de planta normal .....	31
Figura 5. Planta ordenada por células de trabajo .....	31
Figura 6. Diagrama de Pareto.....	33
Figura 7. Diagrama de recorrido .....	33
Figura 8. Diagramas de flujo.....	34
Figura 9. Diagrama adimensional de bloques .....	35
Figura 10. Planeación sistemática de la distribución en planta (SLP) .....	40
Figura 11. Organigrama empresarial.....	48
Figura 12. Ingresos anuales de la empresa SOLUTIONS.....	54
Figura 13. Diagrama de flujo - proceso de fabricación de banda transportadora .....	56
Figura 14. Diagrama de flujo - proceso de fabricación de tanques industriales .....	57
Figura 15. Diagrama de flujo - proceso de fabricación de tanqueros de leche .....	58
Figura 16. Diagrama de flujo - proceso de fabricación de estructuras metálicas .....	59
Figura 17. Banda transportadora.....	61
Figura 18. Etapa de diseño .....	62
Figura 19. Preparación de materiales .....	62
Figura 20. Etapa de ensamble y conformado .....	63



Figura 21. Etapa de soldadura.....	63
Figura 22. Etapa de pintura y acabados .....	64
Figura 23. Distribución por proceso.....	86
Figura 24. Diagrama de relaciones.....	99
Figura 25. Tabla de relación de actividades.....	100
Figura 26. Diagrama adimensional de bloques.....	102
Figura 27. Alternativa 1 .....	103
Figura 28. Alternativa 2 .....	104
Figura 29. Evaluación de ruta del proceso productivo – Disposición N° 1 .....	105
Figura 30. Evaluación de ruta del proceso productivo – Disposición N° 2.....	105
Figura 31. Disposición N° 1.....	110

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Cálculo de suplementos y holguras .....	124
Anexo B Ubicación Geográfica de la empresa SOLUTIONS .....	125
Anexo C. Diseño de una oficina moderna .....	125
Anexo D. Diseño de plataformas de recepción y envíos .....	126
Anexo E. Dimensiones de estacionamientos .....	126
Anexo F. Diseño de vestuarios.....	127
Anexo G. Diseño de excusados y sanitarios .....	127
Anexo H. Diseño de comedores.....	128
Anexo I Fabricación de engranaje.....	128
Anexo J Fabricación de rodillo .....	129
Anexo K Instalación de ejes y rodillos .....	129
Anexo L Colocación de guías .....	130
Anexo M Estructura de banda tipo jirafa .....	130
Anexo N Estructura de banda horizontal .....	131
Anexo O Unión de banda.....	131
Anexo P Banda transportadora tipo jirafa.....	132
Anexo Q Banda transportadora horizontal.....	132
Anexo R. Disposición N° 2.....	134

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se focaliza en proponer una adecuada distribución de planta en las nuevas instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS, iniciando con un detallado análisis de su situación actual mediante la identificación de los procesos y productos que ofrece la misma, así como la evaluación de la capacidad de producción e identificación de áreas productivas para centrar la investigación en el objeto de estudio que gira en torno a la fabricación de bandas transportadoras.

Se analizó la tipología de la distribución de planta, considerando la secuencia del proceso y la eficiencia operativa en cada uno de los departamentos. La determinación de los espacios requeridos se lleva a cabo mediante la consideración de normativa legal para asegurar la seguridad y bienestar de los trabajadores en la empresa.

Se aplicó la metodología SLP (Systematic Layout Planning) para la evaluación de alternativas de distribución. En la cual dos escenarios son comparados, ponderando variables como la proximidad de procesos relacionados y la reducción de movimientos superfluos. La elección de la alternativa óptima se respalda mediante el análisis de carga-distancia en el cual se estudian criterios como distancia corrida y costo por acarreo de materiales que influyen directamente en la productividad de la empresa.

Se estudió la alternativa seleccionada como óptima mediante un análisis detallado de costos que abarca la implementación de la propuesta ganadora mediante indicadores financieros (VAN, TIR, ROI y TRI), que facilitan determinar la viabilidad económica del proyecto y el tiempo necesario para recuperar la inversión realizada, de tal manera que el propietario pueda tomar una decisión futura en base a la favorable de dichos indicadores.

**Palabras clave:** Metalmecánica, capacidad, distribución de planta, SLP, análisis de costos.

## ABSTRACT

This present research focuses on proposing an appropriate layout for the new facilities of the metal-mechanical company SOLUTIONS, starting with a detailed analysis of its current situation by identifying the processes and products it offers, as well as evaluating production capacity and identifying productive areas to focus the research on the object of study related to the manufacturing of conveyor belts.

Typology of plant layout was analyzed, considering the sequence of the process and operational efficiency in each department. The determination of required spaces is carried out by considering legal regulations to ensure the safety and well-being of workers in the company.

Systematic Layout Planning (SLP) methodology was applied to evaluate layout alternatives. In this, two scenarios are compared, weighing variables such as the proximity of related processes and the reduction of unnecessary movements. Choice of the optimal alternative is supported by the analysis of load-distance, in which criteria such as travel distance and material handling cost, which directly influence the productivity of the company, are studied.

This selected alternative was studied as optimal through a detailed cost analysis covering the implementation of the winning proposal using financial indicators (NPV, IRR, ROI, and TRI) that facilitate determining the economic viability of the project and the time needed to recover the investment made. This allows the owner to make a future decision based on the favorable outcomes of these indicators.

**Keywords:** Metalworking, capacity, plant layout, SLP, cost analysis.

## **CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Tema de investigación**

“Diseño de distribución de planta en las nuevas instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS”.

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente es de vital importancia analizar y diseñar la distribución planta antes de implementarla, puesto que es una herramienta para reducir costos y aumentar la productividad, mediante el correcto aprovechamiento de recursos, es así como el diseño de distribución de instalaciones tiene una visión amplia de este concepto [2].

El desempeño del sector metalmecánico no solo define las trayectorias de crecimiento, sino es uno de los sectores estratégicos para el desarrollo. Así mismo, entre los países más desarrollados referente a la industria metalmecánica es Estados Unidos, Japón, China, Alemania, Corea del Sur, etc. Los cuales se centran en la adecuada utilización de maquinaria, elevado aprendizaje de mano de obra, disminución del riesgo de inversión de capital, satisfacción laboral y supervisión especializada [3].

En Latinoamérica principalmente en México, Argentina y Brasil la evolución industrial va en aumento, las pequeñas y medianas empresas deben acoplarse a un nuevo sistema que genere una ventaja competitiva y es ahí donde recae la importancia de mantener una planta ordenada desde el punto de vista estratégico, se puede considerar un objetivo a largo plazo que toda empresa debe tomar en cuenta, debido a las variaciones de la demanda a través del tiempo [4].

Según la Sociedad Nacional de Industrias (SIN), en 2019 la producción del rubro metalmecánica en el Ecuador, la cual provee bienes de capital como máquinas, equipos e instalaciones para industrias como la minería, construcción, transporte y otros sectores, ha tenido un crecimiento del 10,2% desde el año 2018, debido a la demanda generada por el crecimiento de las empresas tanto públicas como privadas [5].

El concepto de diseño y distribución de instalaciones está aún en desarrollo, pocas son las empresas que aplican estos conocimientos para la mejora de sus procesos productivos, que ayuden a la correcta utilización de la capacidad productiva de todas sus líneas. Los síntomas que presenta una ineficiente distribución en cualquier industria se pueden notar en la simultaneidad de cuellos de botella, puestos de trabajos ociosos y deficiente utilización del espacio [6].

La empresa metalmecánica SOLUTIONS, lleva sus procesos de una manera muy distintas de los diferentes talleres metalmecánicos porque decir esto en la actualidad tiene fallas en el control de tiempos de proceso de producción y atrasos en entrega de trabajo debido al mal manejo de tiempo y a la mala distribución de trabajos a realizar.

La realidad competitiva del mercado supone una oportunidad de crecimiento y fortalecimiento de la empresa Metalmecánica SOLUTIONS, por lo cual es necesario optimizar la administración de los procesos, mediante una correcta distribución de planta que englobe un nuevo direccionamiento estratégico que permita reducir costes, maximizando los niveles de productividad, orientado al cumplimiento de buenas prácticas de manufactura, condiciones de trabajo y valor agregado de sus productos [7].

## **1.2 Antecedentes investigativos**

Un estudio reciente sobre "La organización física de la producción en la fabricación de productos busca reducir los tiempos de desplazamiento entre operaciones y el área de fabricación, así como aumentar la productividad de los trabajadores diarios", se utilizaron herramientas de ingeniería para analizar los procesos actuales y encontrar oportunidades de mejora. Se concluyó que es importante respetar los espacios de desplazamiento entre las máquinas para facilitar el transporte, la gestión de la producción en curso y las actividades de los operarios [8].

En el estudio titulado "Propuesta para el diseño y distribución de la planta en las instalaciones de producción de estructuras metálicas utilizando técnicas de ingeniería", el objetivo era mejorar la eficiencia de la planta con el fin de reducir los costos de transporte. Se emplearon herramientas de ingeniería para modelar los procesos y rutas

dentro de las áreas de producción y almacenamiento, así como para evaluar las actividades y detectar oportunidades de mejora. Como resultado, la eficiencia de la planta aumentó del 52% al 76% en el último año [9].

En el proyecto de investigación llamado "Mejora de la distribución de la planta en la central Diésel de la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A.", se plantea como objetivo reducir la distancia recorrida por los objetos de trabajo y optimizar el espacio disponible mediante la distribución de la planta. Se utilizaron herramientas de ingeniería para analizar los procesos existentes y identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se logró reducir el costo total de transporte de \$2504 a \$1051 para el área de almacenamiento, de \$1623 a \$533 para las oficinas y de \$15693 a \$11789 para el parqueadero. En conclusión, la propuesta de distribución de la planta desarrollada mediante el método SLP y validada con el método CORELAP se basa en los principios de la distribución de la planta, lo que permite optimizar el flujo de secuencias tecnológicas [10].

En un proyecto de investigación titulado "Mejora del diseño de la distribución de planta para aumentar los niveles de productividad en la empresa Inversiones CIMAS E.I.R.L.", publicado en 2019, se plantea el objetivo de aumentar la productividad en el área de fabricación mediante una redistribución efectiva de la planta y el uso de herramientas de ingeniería para diagnosticar los procesos, lo que permitió analizar e identificar oportunidades de mejora. Como resultado, lograron aumentar la productividad diaria por trabajador en fabricación de 14 cajas a 15 cajas, de 143 estacas a 219 estacas y de 17 parihuelas a 19 parihuelas [11].

De manera similar, un estudio llevado a cabo en Perú tiene como objetivo aumentar la productividad del taller de mantenimiento mediante una distribución efectiva y sistemática de la planta, utilizando herramientas de ingeniería para diagnosticar los procesos y así identificar oportunidades de mejora. Como resultado, se logró aumentar el número de servicios anuales en un 20%, lo que representa ingresos anuales de \$154,418.82 para la empresa. En conclusión, se identificaron tres causas principales de ineficiencia en el taller de mantenimiento de Scania Perú S.A.: una distribución inadecuada de las áreas dentro del taller, una falta de planificación adecuada de los servicios y una distribución ineficiente del personal técnico [12].

En un trabajo titulado "Implementación de un plan de mejora para aumentar la productividad en una empresa fabricante de piezas de fibra de vidrio", se plantea el objetivo de incrementar la productividad de la empresa Fibras Alfa E.I.R.L. mediante el uso de herramientas de ingeniería, incluida una nueva distribución de la planta. Como resultado, se logró aumentar la productividad de la empresa fabricante de piezas de fibra de vidrio en un 12.29%, reducir el tiempo estándar de fabricación en un 14.42%, disminuir los costos de producción en un 12.87% y reducir el espacio ocupado por objetos innecesarios en un 39.64%. En conclusión, se recomienda ampliar la línea de producción aprovechando el nuevo espacio disponible en la planta, con el fin de generar mayores ingresos para la empresa [13].

En el estudio sobre "Implementación de un plan de mejora para aumentar la productividad en una empresa fabricante de piezas de fibra de vidrio", se abordan estrategias para aumentar la eficiencia operativa. Buelvas Marino, Martha Julia; Salom Martínez, Mónica Patricia; Pautt Osorio, Nancy. Programa de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. Año 1995. Proyecto que aborda la reconfiguración de las instalaciones operativas y administrativas de Industrias Químicas Real S.A. mediante la aplicación del enfoque de Distribución por Proceso en un sistema de producción intermitente. Este enfoque se basa en el análisis del flujo de operaciones y la evaluación de proximidades entre oficinas mediante la diagramación de relaciones. Incluye un plan de implementación para llevar a cabo la reestructuración de las instalaciones y un diseño para la construcción de una nueva planta en caso de ser necesario [13].

En el trabajo de investigación "Análisis y Resolución de Problemas de Eficiencia y Calidad en la Planta de Lavado de la Base Naval ARC. Bolívar. Gómez Vargas, Ricardo Alfonso y Morales Arrieta, Juan Antonio.", proponiendo opciones y recomendaciones para mejorar tanto la productividad como la calidad. Se examinan diversos aspectos, como Materiales, Maquinaria, Recursos Humanos, Manejo de Materiales y Distribución de la instalación. El estudio incluye la medición de tiempos de procesos mediante el método SLP, la elaboración de un modelo de seguridad para los trabajadores, y una comparación entre las distancias recorridas actualmente y las distancias propuestas con la nueva distribución [14].



En el proyecto de investigación sobre “Optimización de la Distribución de Planta, Programación y Control de la Producción en IMEC LTDA para lograr un sistema productivo eficiente y organizado. Ibáñez Lago, José Luis; Osorio Degiovanni, Emperatriz y Mora, Pedro. Programa de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de Bolívar. Año 1999. Este proyecto aborda un diagnóstico integral que incluye la evaluación de la distribución de instalaciones de la empresa, un estudio detallado de los tiempos de producción y un análisis de mercado. Estos elementos permiten la estandarización del sistema productivo, el diseño de una nueva distribución, el cálculo del retorno de inversión para posibles cambios en maquinaria, y la creación de un sistema integral de planificación, programación y control de la producción [15].

El estudio examina diversas técnicas de ingeniería para resolver los desafíos de distribución del espacio en el almacén de materias primas y productos terminados. En primer lugar, se destaca la necesidad de modelar un diseño de planta utilizando software CAD como AutoCAD, que posibilita la creación de diseños arquitectónicos para distintos contextos. Los autores también resaltan la aplicación de juicios de expertos, los cuales implican presentar a empleados y directivos diversas alternativas de distribución con el objetivo de lograr consenso en la elección del diseño más adecuado [16].

### **1.3 Fundamentación teórica**

#### **1.3.1 Distribución de instalaciones**

La distribución de planta implica la organización óptima de los elementos necesarios para llevar a cabo las actividades empresariales, como la ubicación estratégica de máquinas, estaciones de trabajo, almacenes, pasillos, áreas de descanso, oficinas, áreas de servicio, y otros, dentro de las instalaciones de producción. El objetivo principal es lograr una ejecución eficiente y adecuada de los objetivos establecidos. Para lograr una distribución en planta efectiva, es esencial considerar el espacio requerido para cada proceso de producción y las operaciones de apoyo, así como facilitar un flujo de materiales, personas e información.

Modificar la configuración física de las instalaciones para adecuarse a los cambios en las circunstancias en las que se llevan a cabo las operaciones, lo cual sugiere la adopción de disposiciones flexibles [17].

### 1.3.2 Tipos de distribución de planta

Debido a la naturaleza del estudio, se hará énfasis en los tipos de distribución enfocados a la elaboración de productos, los cuales se detallan a continuación:

- **Distribución de planta por producto**

Este tipo de layout es adoptado cuando la producción está organizada de forma continua (refinerías, hidroeléctricas, celulosas), o de forma repetitiva (electrodomésticos, vehículos). Para el primer caso la correcta interrelación de las operaciones se consigue a través del diseño de la distribución y las especificaciones de los equipos [17].

A continuación, en la Tabla 1 se muestran algunas ventajas y desventajas de una distribución por producto.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de una distribución por producto

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplificación de las tareas.</li> <li>• Simplificación en sistemas de planificación y control de producción.</li> <li>• Minimización en tiempos de fabricación.</li> <li>• Mínima existencia de trabajos en curso.</li> <li>• Manejo de materiales reducido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidad escasa en tiempos de fabricación de los productos.</li> <li>• Ausencia de flexibilidad del proceso.</li> <li>• Inversión elevada.</li> <li>• Actividades monótonas.</li> <li>• Paro en la cadena de producción.</li> </ul>

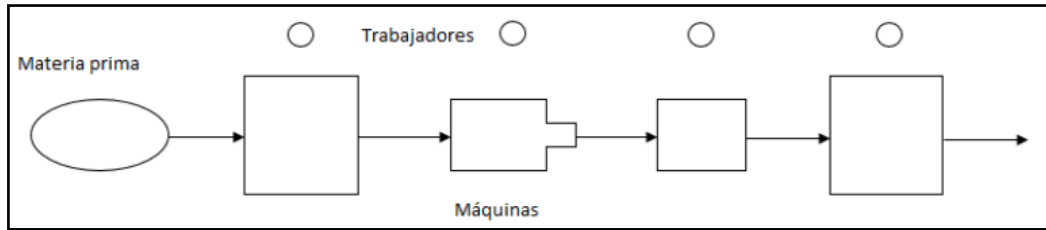


Figura 1. Distribución por producto

En la Figura 1 se aprecia una distribución básica de este tipo de layout.

▪ **Distribución de planta por procesos**

Esta disposición se emplea cuando la producción se organiza en lotes o en respuesta a la demanda de los clientes, como en talleres de vehículos, hospitales o sucursales bancarias. El personal y los equipos con funciones similares se agrupan en áreas específicas. En este tipo de distribución, los productos se desplazan de una zona de trabajo a otra siguiendo una secuencia de fabricación. En la Tabla 2, se presentan algunas ventajas y desventajas de este tipo de diseño de distribución [18].

Tabla 2. Ventajas y desventajas de una distribución por proceso

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor inversión en maquinaria.</li> <li>• Mayor fiabilidad.</li> <li>• Aumento en la flexibilidad.</li> <li>• Versatilidad de equipos y personal cualificado.</li> <li>• Aumento en la satisfacción y motivación de los operarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificulta en la planificación y control de la producción.</li> <li>• Baja eficiencia en el manejo de materiales.</li> <li>• Costo por unidad de producto elevado.</li> <li>• Baja productividad.</li> </ul>

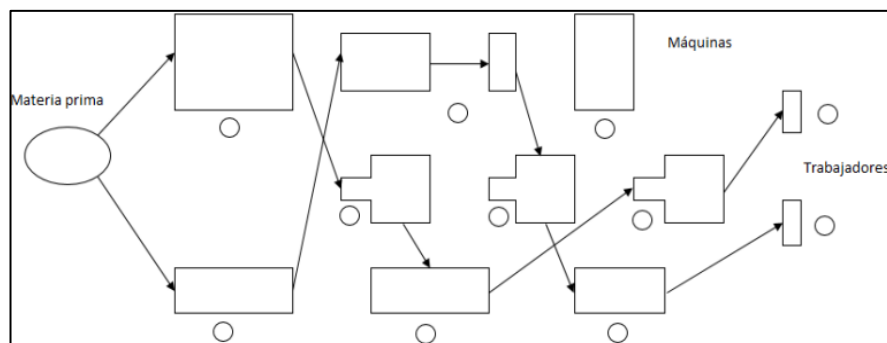


Figura 2. Distribución por proceso

Se resalta que este diseño de distribución es idóneo para respaldar una estrategia de diferenciación de productos. Además, se enfatiza la flexibilidad en la asignación de equipos y tareas como una ventaja fundamental de esta configuración como se aprecia en la Figura 2 [18].

- **Distribución de planta por posición fija**

Cuando el producto presenta limitaciones en cuanto a su movilidad debido a su peso, tamaño, forma, volumen u otras características, se requiere una distribución de planta específica [13]. En consecuencia, el diseño de la distribución se concentra principalmente en organizar los materiales y equipos alrededor del área del proyecto, las técnicas para abordar este tipo de diseño no están plenamente desarrolladas, y esto se debe a tres razones:

- Existe una restricción de espacio en cualquier lugar donde se realice un proyecto o proceso de producción.
- A medida que el proyecto avanza a través de diferentes etapas, se requieren materiales diversos, lo que implica que ciertos elementos se vuelvan críticos en cada etapa.
- El volumen de materiales necesarios varía y está sujeto a cambios.

En la Figura 3 se aprecia el tipo de distribución mencionado anteriormente.

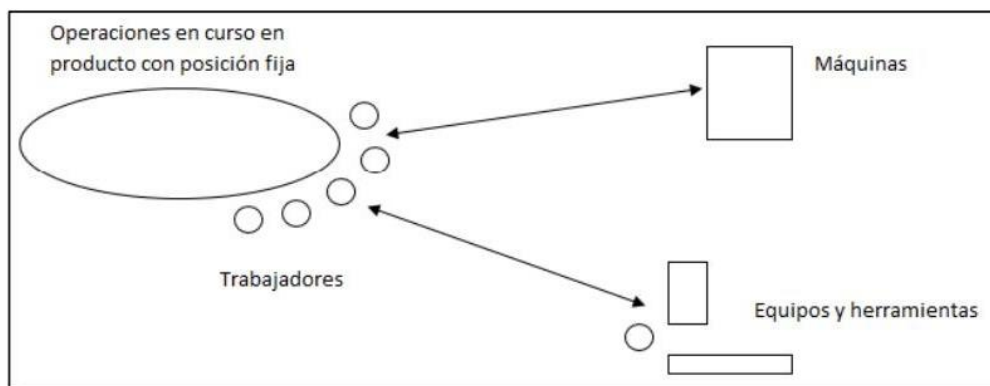


Figura 3. Distribución por posición fija

- **Distribución de planta híbrida**

La distribución de planta híbrida o celular tiene como objetivo aprovechar las ventajas de las distribuciones por producto y por proceso de manera simultánea, combinando la eficiencia de la primera con la flexibilidad de la segunda. En esta modalidad, se agrupan productos con características similares en familias y se asignan grupos de máquinas y trabajadores para producir cada familia [19].

En las Figura 4 y Figura 5 se muestra la diferencia que existe en una distribución de planta común con una que emplea el método de distribución por célula de trabajo.

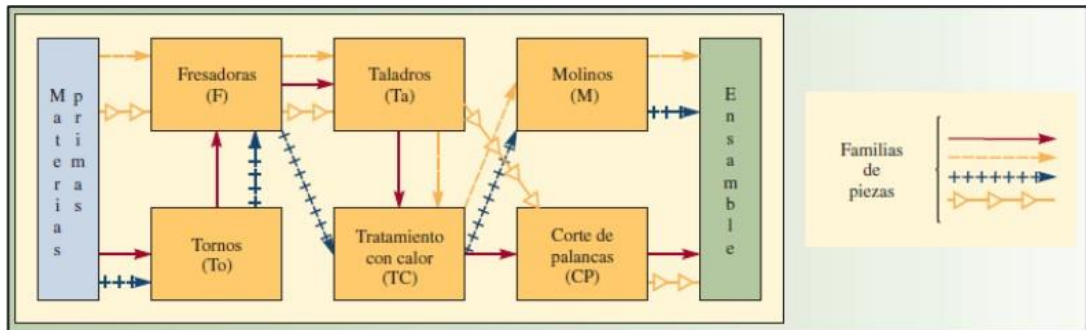


Figura 4. Distribución de planta normal

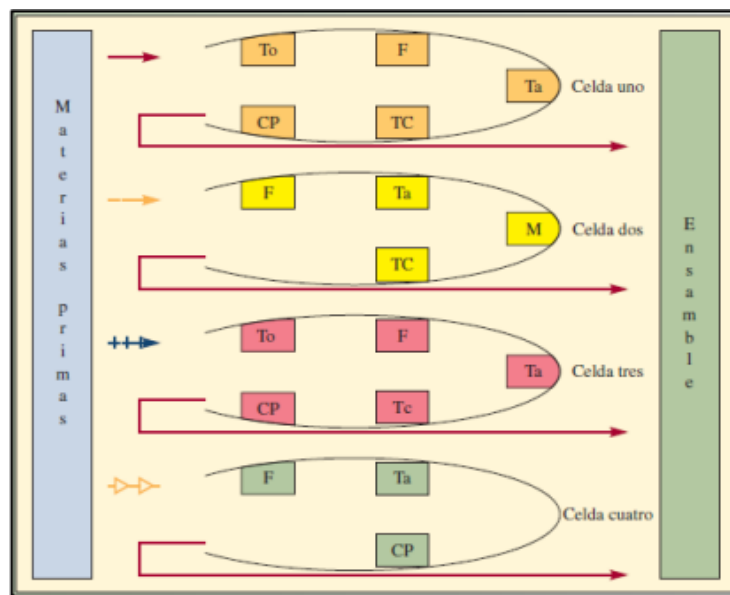


Figura 5. Planta ordenada por células de trabajo

A continuación, en la Tabla 3 se muestra algunas ventajas y desventajas de aplicar una distribución por células de trabajo.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de una distribución por células de trabajo.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora la pericia de los trabajadores.</li> <li>• Disminuye el flujo de material en proceso.</li> <li>• Reduce los tiempos de fabricación.</li> <li>• Disminuye los tiempos de preparación.</li> <li>• Simplifica la planificación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en el costo por cambios en la distribución.</li> <li>• Reducción de la flexibilidad en los procesos.</li> <li>• Incremento potencial en tiempos muertos de equipos y maquinarias.</li> <li>• Riesgo de obsolescencia debido a la implantación de nuevos productos y/o procesos.</li> </ul>

### 1.3.3 Diagrama de Pareto

Es una representación gráfica que resalta de manera visual las causas o problemas más importantes, facilitando la identificación de áreas donde es necesario enfocar la atención y los esfuerzos para lograr mejoras sustanciales. Con frecuencia, se nota que un reducido número de causas tiene un impacto significativo en la mayoría de los problemas, simplificando la toma de decisiones sobre la asignación de recursos y la implementación de acciones correctivas [20].

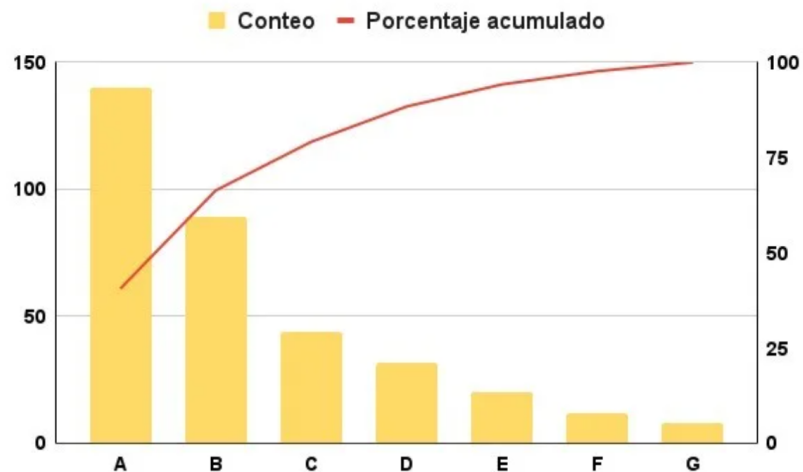


Figura 6. Diagrama de Pareto

### 1.3.4 Diagrama de recorrido

Se trata de un diseño que representa la zona de trabajo y señala la ruta seguida por el objeto o la actividad bajo estudio. Este diseño incluye los símbolos de análisis de procesos de la ASME dispuestos en el plano para indicar los acontecimientos que ocurren durante el recorrido del objeto o la actividad a través del proceso y ofrece una perspectiva integral, concisa y general de un proceso que ya está en marcha o que se está proponiendo. Constituye una herramienta valiosa en la labor de distribución de la planta [20].

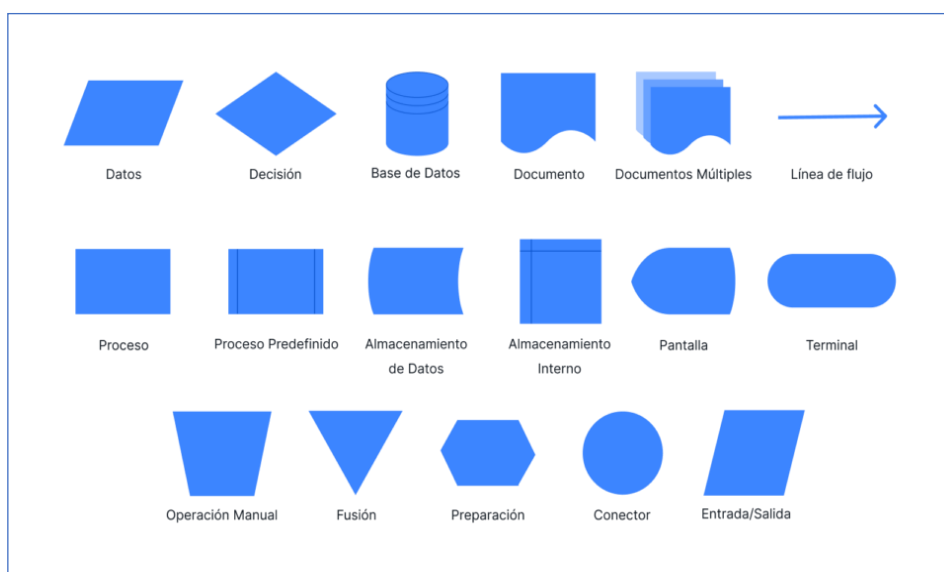


Figura 7. Diagrama de recorrido

### 1.3.5 Flujograma

Los diagramas de flujo permitieron representar de manera visual procesos complejos que involucran una serie de decisiones, con diversas acciones derivadas de cada elección; detallan de manera individual los procedimientos correspondientes a distintas partes del sistema. Estos esquemas no solo son valiosos en manuales, sino que también constituyen una herramienta técnica esencial para orientar la ejecución de un proceso de manera ordenada y esquemática, revelando la secuencia lógica y dinámica del trabajo. Esto facilita la comprensión de las unidades administrativas y los roles involucrados, así como del proceso en sí, a través de la documentación y los instructivos [20].

IDENTIFICACIÓN EMPRESA:				RESUMEN							
ACTIVIDADES:				ACTIVIDAD	SIMB	ACTUAL	PROPUESTO	AHORROS			
OPERADOR:		ANALÍTICO		OPERACIÓN	○						
MÉTODO ACTUAL		PROPUESTO		TRANSPORTE	⇒						
TIPO: OBRERO	MATERIAL	MÁQUINA	INSPECCIÓN	□							
			ALMACENAJE	▽							
COMENTARIOS:				DEMORAS	D						
				TIEMPO MIN.							
				DISTANCIA M.							
				COSTO							
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SÍMBOLOS					TIEMPO (MINUTOS)	DISTANCIA (METROS)	MEJORAS			
	○	⇒	D	□	▽			COMB	SIMPLF	DEJAR	CAM
	○	⇒	D	□	▽						
	○	⇒	D	□	▽						
	○	⇒	D	□	▽						
	○	⇒	D	□	▽						
	○	⇒	D	□	▽						

Figura 8. Diagramas de flujo

### 1.3.6 Diagrama de relación de actividades

El gráfico de relaciones de actividades, también llamado diagrama de análisis de afinidades exhibe las interconexiones entre cada departamento, oficina o área de servicios y cualquier otro departamento o área. Para reflejar la importancia de cada relación, se utilizan códigos de proximidad. Si es una persona nueva o un consultor externo, es necesario dialogar con varias personas para definir estos códigos. Una vez establecidos, estos códigos prácticamente definen la disposición de los departamentos, oficinas y áreas de servicio [21].



Los códigos en uso son los que se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Diagrama de relación de actividades

Necesidad de cercanía entre departamentos	
Código	Definición
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

### 1.3.7 Diagrama adimensional de bloques

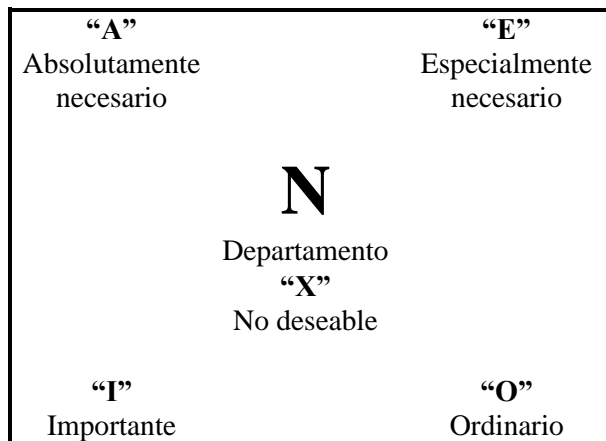


Figura 9. Diagrama adimensional de bloques

El diagrama de bloques adimensional representa el primer intento de distribución, resultado de la gráfica de relación de actividades y la hoja de trabajo. Aunque carece de dimensiones, este esquema se utiliza como base para la elaboración de la distribución maestra y la formulación del plan. Una vez determinado el tamaño de cada departamento, oficina e instalación de apoyo, se procederá a asignar espacio a cada actividad mediante la distribución del diagrama de bloques adimensional [22].

### 1.3.8 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos constituye una metodología de ingeniería industrial usada para cuantificar y examinar la duración requerida al realizar una tarea o llevar a cabo un proceso específico. Su finalidad primordial radica en calcular el tiempo estimado que un trabajador promedio emplearía para ejecutar una tarea en circunstancias normales de trabajo. Mediante este análisis minucioso, se logra establecer estándares de tiempo, detectar posibles ineficiencias y perfeccionar la efectividad y eficiencia de los procedimientos laborales [23].

### 1.3.9 Selección del operario

Es necesario elegir a un operario con un rendimiento promedio, que lleve a cabo su tarea de manera constante y sistemática. Además, el operador debe disfrutar de su labor y mostrar un genuino interés en realizarla de manera competente.

### 1.3.10 Observaciones requeridas

Para determinar los ciclos a observar, se toma como referencia la Tabla 5 proporcionada por la General Electric, la cual brinda pautas aproximadas para el número de ciclos a analizar como se muestra a continuación:

Tabla 5. Números de ciclo a cronometrar - General Electric [23]

Tiempo del ciclo u operación (minutos)	Número de ciclos a cronometrar
Hasta 0,10	200
0,25 – 0,50	100
0,50 – 0,75	60
0,75 – 1,00	40
1,00 – 2,00	30
2,00 – 4,00	20
4,00 – 5,00	15
5,00 – 10,00	10
10,00 – 20,00	8
20,00 – 40,00	5
40,00 o más	3

### 1.3.11 Cálculo del desempeño

Este cálculo hace referencia al desempeño que logran de manera natural y sin esfuerzo adicional los trabajadores capacitados, manteniendo un promedio durante la jornada o turno, siempre y cuando estén familiarizados y cumplan con el método establecido, y se les haya motivado para dedicarse plenamente. La Tabla 6 presenta las escalas de evaluación del ritmo de trabajo [23].

Tabla 6. Valorización del ritmo de trabajo [23]

Escala	Descripción de desempeño
0	Ninguna actividad
50	Operario somnoliento, movimientos descoordinados, lento, sin interés por trabajar
75	Parece lento, constante, sin prisa, trabaja bajo vigilancia.
100	Bajo observación; logra trabajar al nivel de calidad y precisión deseado, activo, capaz
125	Operario que actúa con seguridad, muy rápido, demuestra destreza, coordinación en movimientos, habilidad por encima del resto
150	Prominentemente rápido, virtuoso, contracción y esfuerzo por largos periodos de tiempo.

### 1.3.12 Tiempo normal

Hace referencia al tiempo que se espera para que un trabajador promedio lleve a cabo una tarea específica en condiciones de trabajo normales. La estimación de este tiempo toma en cuenta elementos como la destreza y velocidad del operario, las pausas permitidas y otros factores que influyen en la eficiencia laboral, como se muestra en la Ecuación (1) [24].

$$T_N = \frac{\text{Tiempo representativo} \times \text{Calificación representativa}}{\text{Calificación normal}} \quad (1)$$

### 1.3.13 Tiempo estándar

El tiempo necesario para completar una tarea utilizando un método y equipo estándar, realizado por un trabajador con la habilidad necesaria, manteniendo un ritmo normal sostenible día tras día y sin evidenciar signos de fatiga [24].

En la Ecuación (2) se muestra la fórmula ocupada para calcular el tiempo estándar.

$$T_{estandar} = T_{Normal} + (tolerancia \times T_{Normal}) \quad (2)$$

$$T_S = T_N \times (1 + Suplementos) \quad (3)$$

### 1.3.14 Suplementos y tolerancias

En la realidad, no siempre resulta viable que el trabajador aproveche completamente el tiempo establecido para la jornada normal, ya que frecuentemente su labor se ve interrumpida por distintos factores externos, que abarcan:

- Aspectos personales, como el tiempo destinado a necesidades personales (5%).
- Fatiga, para la cual es necesario considerar un período de recuperación que permita al cuerpo recuperarse del esfuerzo realizado (5%).
- Demoras involuntarias, generadas por incidentes como la caída de herramientas o materiales, fallos en equipos, pérdida de filo de las herramientas, con un rango de 0 a 5%.

Por consiguiente, se requiere compensar estos factores externos mediante la adición de tiempo extra. La cantidad de tiempo adicional depende de diversos elementos, tales como la naturaleza del trabajo, su duración y las condiciones ambientales.

### 1.3.15 Capacidad de producción

La capacidad de producción se define como la cantidad de materiales o productos que un proceso o una planta puede producir, almacenar o atender en un determinado tiempo.

Algunos tipos de capacidad son:

- **Capacidad de procesamiento:** Se refiere a la cantidad de materia prima o materiales que la planta puede procesar durante un determinado periodo.
- **Capacidad según la disponibilidad de recursos:** Proporciona una base para evaluar las posibilidades de producción considerando factores

constantes como el número de trabajadores, máquinas disponibles, área de la planta de producción y otros.

- **Capacidad de producción:** Indica la cantidad de productos terminados que la planta puede fabricar en un periodo específico.

El cálculo de la capacidad se determino mediante la Ecuación (4).

$$C_P = \frac{1}{T_S} \quad (4)$$

Donde:

$C_P =$  Capacidad productiva

$T_S =$  Tiempo estandar

#### **1.3.16 Análisis costo-distancia**

Es un modelo de distribución centrado en el proceso con el objetivo de minimizar el transporte, considerando factores como los traslados entre áreas, las distancias recorridas y la cantidad de material transportado. Este enfoque resulta valioso al comparar diferentes disposiciones físicas para determinar cuál de ellas implica la menor distancia de recorrido [25].

#### **1.3.17 Planeación sistemática de la distribución en planta (SLP)**

Planificar implica establecer un método para alcanzar un objetivo específico. Cuando se aplica a instalaciones, la planificación se utilizo para definir la configuración y los métodos de operación previstos para ellas. El propósito de la planificación es visualizar la disposición de la planta en planos o maquetas y realizar ajustes necesarios antes de entrar en la fase de implementación. De este modo, se pueden prevenir costos innecesarios y evitar inconvenientes que podrían surgir si, una vez completada la construcción, se identifican deficiencias en la disposición [25].

En la Figura 10 se muestra la estructura básica usada para emplear el método SLP.

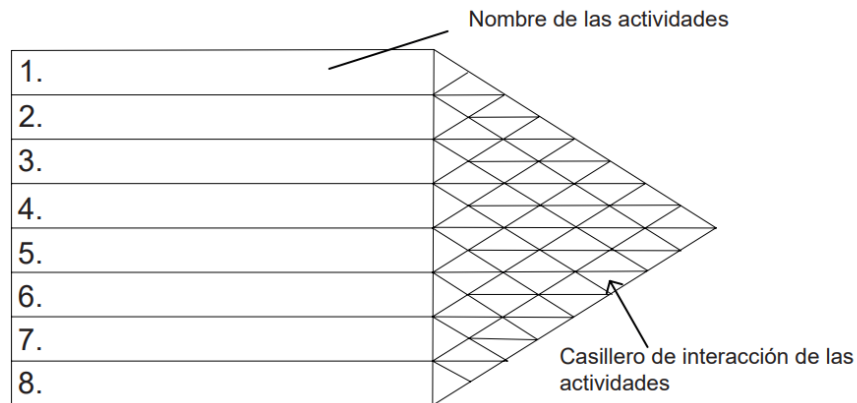


Figura 10. Planeación sistemática de la distribución en planta (SLP)

### 1.3.18 Análisis económico

El análisis de costos se constituye como un proceso esencial que conlleva la revisión y evaluación de los diversos desembolsos asociados con la producción, operación o desarrollo de un producto, servicio o proyecto. Su propósito fundamental radica en la comprensión profunda y la gestión de los costos, con el objetivo de tomar decisiones fundamentadas que redunden en la eficiencia y rentabilidad de una empresa [25].

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Diseñar la distribución de planta de las nuevas instalaciones para la empresa metalmecánica SOLUTIONS.

### 1.4.2 Objetivos específicos








- Analizar la situación actual de los procesos productivos y administrativos de la empresa SOLUTIONS.
- Establecer criterios y normativas para una correcta distribución de planta.
- Determinar la viabilidad económica de la propuesta de mejora mediante un análisis de costos.

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

En la Tabla 7 se muestran los materiales que se emplearon a lo largo de la investigación.

Tabla 7. Materiales

Material	Descripción	Figura
<b>Internet</b>	Red informática que permite consultar información acerca del tema.	
<b>Computador</b>	Dispositivo para procesar información mediante diferentes herramientas como Microsoft Word.	
<b>Teléfono móvil</b>	Dispositivo multifuncional empleado para medición de tiempos, captura de imágenes y grabación de audio.	
<b>Microsoft Word</b>	Herramienta digital para edición de texto que permite plasmar el contenido resuelto.	
<b>Microsoft Excel</b>	Software para el análisis e interpretación de datos numéricos, tablas y graficas de control.	
<b>AutoCAD</b>	Programa de diseño y modelado en 2D y 3D para entornos arquitectónicos de ingeniería.	
<b>Bizagi</b>	Es una herramienta usada para el modelamiento y documentación de procesos.	

## **2.2 Métodos**

### **2.2.1 Modalidad de la investigación**

La presente investigación se realizó a través de la metodología de proyecto de investigación aplicada, con el propósito fundamental de abordar de manera eficaz los problemas existentes en la empresa metalmecánica SOLUTIONS, centrándose específicamente en el caso de estudio de la distribución de planta. Se buscan y aplican soluciones innovadoras y viables con el fin de mejorar la eficiencia operativa.

- **Investigación Bibliográfica-Documental**

La investigación se fundamenta en el empleo de fuentes académicas confiables, tales como paper's, libros, tesis, revistas y páginas web. Esto se realizó con el objetivo de establecer una base teórica sólida con información pertinente y provechosa, lo cual facilita la obtención de conocimientos sobre la teoría de máquinas y mecanismos para el desarrollo del estudio.

- **Investigación de campo**

Se empleó una investigación de campo debido a que se realizó dentro de las instalaciones del área de producción de la nueva planta de la empresa SOLUTIONS. Las visitas brindaron la oportunidad de estar en contacto directo con la realidad de la empresa, obtener la información necesaria mediante la colaboración de las personas que interactúan en el lugar de estudio y de esta manera generar una propuesta que dé cumplimiento a los objetivos planteados.

### **2.2.2 Enfoque de la investigación**

La presente investigación es de enfoque cuali-cuantitativo. En este contexto, se realizó un análisis detallado de todas las causas y factores vinculados al tema del proyecto. La información recabada se empleó como fundamento para su interpretación respaldada por conocimientos científicos como el análisis e interpretación de datos y el uso

de criterios profesionales, además de analizar los datos obtenidos del proceso.



### 2.2.3 Población y muestra

La población para el estudio son todos aquellos trabajadores relacionados con los procesos productivos y administrativos dentro de la empresa SOLUTIONS, la cual se detalla en Tabla 8.

Tabla 8. Población de la empresa.

Área	Personal	Participación (%)
Administración	2	22%
Mecanizado	1	11%
Corte	2	22%
Plegado	2	22%
Conformado	2	22%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

### 2.2.4 Recolección de información

Con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos y realizar el estudio de manera adecuada, se utilizaron técnicas y herramientas para obtener la información necesaria y relevante, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Recolección de la información.

<b>Objetivo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Analizar la situación actual de los procesos productivos y administrativos de la empresa SOLUTIONS.	Recopilar información acerca de la empresa en general	Observación directa / entrevista / investigación bibliográfica-documental	Entrevista abierta / Motor de búsqueda (Google)
	Detallar los procesos productivos que realiza la empresa	investigación de campo / observación directa	Ficha de recolección de información
	Realizar análisis ABC para enfocar la investigación	Herramientas tecnológicas	Software de análisis de datos (Excel)
Establecer criterios y normativas para una correcta distribución de planta.	Realiza un estudio de tiempo sobre el objeto de estudio	Cronometraje de tiempos	Cronometro / Celular / Guía de observación
	Determinar la capacidad de producción en base al objeto de estudio	Observación sistemática	Lista de verificación
	Realizar un análisis sistemático de la distribución mediante para todas las áreas de la empresa	técnicas mixtas / revisión documental	Análisis de documentos / investigación combinada
	Generar propuestas de distribución en base al análisis de distribución	Herramientas tecnológicas	Software de diseño asistido por computador (AutoCAD)
	Definir la mejor opción entre las alternativas generadas	Grupos focales	Discusión con grupo de expertos / investigación cuantitativa
Determinar la viabilidad económica de la propuesta de mejora mediante un análisis de costos.	Realizar un análisis de costos de la propuesta ganadora	Herramientas tecnológicas	Software para el análisis de datos (Excel)

### **2.2.5 Procesamiento y análisis de datos**

En el procesamiento de datos se ocuparon las siguientes herramientas informáticas:

- Microsoft Word: Se ocupó para procesar y mostrar la información recopilada y generada durante la ejecución del proyecto de investigación. Además, se usó para diseñar formatos destinados a entrevistas y la obtención de datos.
- Microsoft Excel: Se utilizó para registrar y procesar datos, así como para crear formatos específicos que facilitan la clasificación de información y la elaboración de cursogramas.
- Bizagi: es un software que permitió diseñar y ajustar procesos de forma intuitiva. Además, permite la implementación de soluciones destinadas a mejorar la eficiencia operativa y el proceso de toma de decisiones.

Para el análisis de datos, se toma en consideración los siguientes puntos:

- Evaluación de la situación actual en los procesos productivos de la empresa a través de observación directa.
- Determinación de productos y servicios que tiene la empresa.
- Medición de tiempos de producción.
- Cálculo de la capacidad de acuerdo con los tiempos del sistema productivo.
- Delimitación de las áreas productivas y administrativas mediante el uso de métodos y herramientas.
- Análisis sistemático de la distribución de planta.
- Determinación de la alternativa óptima mediante el diseño de un layout de la empresa con el uso del software de diseño asistido por computador AutoCAD.
- Análisis económico de la propuesta de distribución óptima.

## **CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 Descripción general de la empresa**

La empresa metalmecánica SOLUTIONS, ha logrado una gran acogida en el sector industrial gracias a su equipo altamente capacitado y comprometido. Especializada en el diseño, fabricación y mantenimiento de equipos y estructuras en acero, esta compañía cuenta con maquinaria apta para llevar a cabo proyectos de calidad. Su personal debidamente calificado se esfuerza por ofrecer soluciones precisas y eficientes a las necesidades de sus clientes en la industria, lo que ha contribuido a su acogida en el mercado. La empresa se destaca por su enfoque en la excelencia y la satisfacción del cliente, convirtiéndola en una opción confiable y destacada en el ámbito metalmecánico de acero negro e inoxidable.

#### **3.1.1 Reseña histórica**

La creación de la empresa SOLUTIONS, en el año 2022 tiene sus bases en una antigua sociedad empresarial que se estableció en el año 2010 bajo el nombre jurídico de INOX-TECH, la cual en sus principios estaba integrada por tres socios mayoritarios y se dedicaba principalmente al diseño, fabricación y mantenimiento de accesorios y equipos industriales. Con el paso del tiempo y por diversos motivos se decide disolver la empresa. Es en ese momento que el actual gerente de la empresa SOLUTIONS, el Ing. Luis Salan, con el conocimiento y la experticia adquirida en los años anteriores decide fundar la empresa SOLUTIONS ya que contaba con parte de la maquinaria e infraestructura de la cual se había hecho en la repartición de bienes de la antigua empresa. Con base en estos precedentes la empresa comienza casi de inmediato sus actividades económicas en su nueva ubicación.

#### **3.1.2 Ubicación**

La empresa se encuentra ubicada a 200 metros de la plaza Arenillas, perteneciente a la parroquia Once de Noviembre en el cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, se puede acceder a la empresa partiendo de la Carretera E35 con dirección a la vía

Latacunga-Pujilí ya que dispone de vías de primer y de fácil acceso, por su ubicación resulta de gran importancia para el desarrollo de sus actividades productivas ya que cuenta con todos los servicios básicos, vías de primero orden y de fácil acceso. Su cercanía a la carretera principal le permite moverse con gran facilidad a lugares como Ambato, Salcedo y Quito en los cuales residen la mayoría de sus clientes y proveedores. En el anexo B se muestra la ubicación geográfica de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.

### **3.2 Descripción general de la empresa**

La empresa SOLUTIONS. no cuenta con una disposición de planta que esté previamente establecida. Esto se debe a que su creación es reciente y la maquinaria se coloca en función de su adquisición y de la disponibilidad de espacio para su funcionamiento. Actualmente, la dirección de la empresa no ha delimitado áreas de trabajo específicas, manteniendo una fabricación con enfoque artesanal.

#### **3.2.1 Misión empresarial**

SOLUTIONS es una compañía especializada en la producción de componentes y estructuras metálicas en acero inoxidable de primera calidad. Emplea equipos y herramientas debidamente ajustados, manejados por un personal altamente capacitado y dedicado. La empresa se preocupa por el bienestar de sus empleados y del entorno en el que opera, y se muestra responsable en sus relaciones con proveedores y clientes. Además, cumple rigurosamente con las regulaciones y leyes de los países en los que lleva a cabo sus operaciones comerciales.

#### **3.2.2 Visión empresarial**

Para el año 2028, nuestro objetivo es convertirnos en una empresa del sector metalmecánico altamente competitiva, tanto en la producción de estructuras y equipos industriales como en la comercialización de productos metálicos. Nos enfocamos en lograrlo a través de la constante búsqueda de innovación y la satisfacción continua de nuestros clientes.

### 3.2.3 Organigrama empresarial

Para lograr sus objetivos, SOLUTIONS. estructura sus distintos departamentos en las divisiones de administración, ventas y producción, como se muestra en la Figura 11.

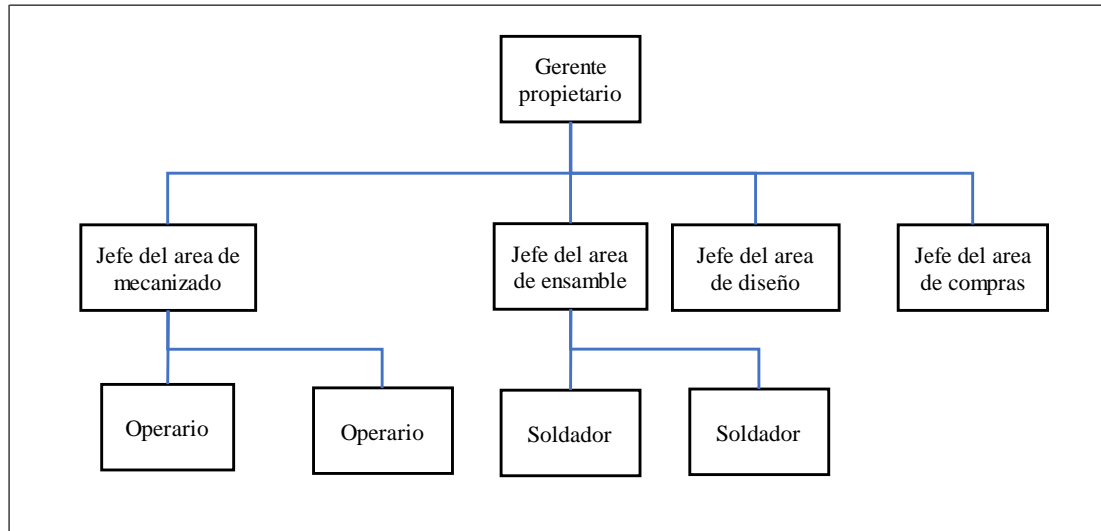


Figura 11. Organigrama empresarial

### 3.2.4 Productos y servicios

La empresa SOLUTIONS cuenta con una extensa gama de productos y servicios especializados en el sector metalmecánico. Su oferta abarca desde servicios de soldadura hasta la fabricación de equipos industriales con materiales de alta calidad, incluyendo acero negro e inoxidable.

En tal Tabla 10 se muestran los productos que oferta la empresa a sus clientes.

Tabla 10. Productos ofertados

1	Venta de elementos de abrasión
2	Venta de elementos de herrería
3	Venta de consumibles para soldadura
4	Venta de conexiones NPT
5	Venta de chumaceras
6	Venta de rodillos
7	Venta de ejes
8	Venta de lanitas
9	Venta de motores eléctricos
10	Venta de Tubos

A continuación, en la Tabla 11 se muestran algunos servicios que brinda la empresa a sus clientes.

Tabla 11. Cartera de servicios

1	Fabricación de bandas transportadoras
2	Fabricación de tanques industriales en acero negro
3	Fabricación de tanques industriales en acero inoxidable
4	Fabricación de tanqueros de leche
5	Fabricación de equipos industriales
6	Fabricación de estructuras industriales
7	Perforaciones
8	Torneado
9	Corte por plasma
10	Ensamble de piezas
11	Plegado de planchas
12	Mecanizado de piezas metálicas
13	Suelda TIC
14	Suelda MIC

### 3.2.5 Clasificación de la empresa

En Ecuador, las Micro y Pequeñas Empresas (MYPES) se clasifican principalmente en función de su nivel de ingresos anuales y el número de empleados. La Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros de Ecuador establece estas categorías de acuerdo con la Ley Orgánica de Emprendimiento e Innovación. A partir de su actualización en septiembre de 2021, en la Tabla 12 se muestran las categorías típicas de las MYPES en Ecuador.

Conforme a la definición gubernamental de las MIPYMES, SOLUTIONS es considerada una microempresa. Esto se debe a que actualmente tiene una plantilla de 9 trabajadores distribuidos en todas las áreas de la empresa. Además, en ocasiones, la empresa hace contrataciones temporales para ajustarse a sus necesidades de producción, lo que puede elevar el número total de empleados a alrededor de 15 personas.

Tabla 12. Clasificación de empresas PYMES

<b>EMPRESA</b> <b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MICRO</b>	<b>PEQUEÑA</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>GRANDE</b>
<b>Monto de activos</b>	Hasta 100.000	De 100.001 hasta 750.000	De 750.001 hasta 3.999.000	$\geq 4.000.000$
<b>Valor bruto de ventas anuales</b>	$\leq 100.000$	De 100.001 – 1.000.000	1.000.001- 5.000.000	$> 5.000.000$
<b>N° de trabajadores</b>	1-9	10-49	50-199	$\geq 200$

### 3.2.6 Máquinas y equipos

Los recursos materiales empleados por la empresa SOLUTIONS consisten principalmente en máquinas herramientas, dispositivos de soldadura y sistemas de transporte de materiales, como se muestra en la Tabla 13.



Tabla 13. Maquinaria de la empresa

N°	CÓDIGO	MAQUINARIA	TIPO	UBICACIÓN	FUNCIÓN
1	MS-001	Máquina para soldar	TIC	área de suelda	Suelda de piezas metálicas
2	MS-002	Máquina para soldar	TIC	área de suelda	Suelda de piezas metálicas
3	MS-003	Máquina para soldar	TIC	área de suelda	Suelda de piezas metálicas
4	MS-004	Máquina para soldar	TIC	área de suelda	Suelda de piezas metálicas
5	MS-005	Máquina para soldar	TIC	Conformado	Suelda de piezas metálicas
6	MS-006	Máquina para suelda	TIC	Conformado	Suelda de piezas metálicas
7	MS-007	Máquina para suelda	MIC	Conformado	Suelda de piezas metálicas
8	MS-008	Máquina para soldar	MIC	área de ensamble	Suelda de piezas metálicas
9	TC-001	Taladro	Columna	Conformado	perforación de materiales
10	TH-005	Torno	Horizontal	Conformado	Mecanizado de piezas metálicas
11	PDC-030	Cortadora de plasma	Plasma	Conformado	Corte de laminas
12	PGM-020	Puente grúa	Manual	Patio de producción	Trasporte de carga
13	BMC-030	Maquina curvadora	Mecánica	Conformado	Curvado de láminas y tubos
14	CPE-040	Compresor	Pistón	área de ensamble	Suministro de aire
15	TE-050	Transformador eléctrico	Trasformador	Patio de producción	Control de voltaje

### 3.3 Productos de la empresa

Con la finalidad de entender cuáles son los principales productos que fabrica la empresa SOLUTIONS, se describen en la Tabla 14.

Tabla 14. Productos de la empresa






Productos de la empresa		
Productos	Descripcion	Figura
A	Banda transportadora	<p>Una banda transportadora de acero inoxidable es un sistema mecánico utilizado para mover materiales, productos o mercancías de un lugar a otro de manera eficiente y continua. Está compuesta principalmente por una banda hecha de acero inoxidable y una estructura de soporte. Es un producto que aporta una solución versátil, duradera y de alta calidad para el transporte eficiente de materiales o productos en entornos que requieren resistencia a la corrosión y altos estándares de higiene.</p> 
B	Tanque de acero inoxidable	<p>Un tanque es un recipiente de almacenamiento con forma cilíndrica que puede contener líquidos, gases o sólidos a granel. Su capacidad varía ampliamente y puede estar construido con diversos materiales, como acero inoxidable o plástico reforzado con fibra de vidrio. Tiene extremos cerrados, que pueden ser planos o cónicos, y a menudo incluye accesorios para entrada y salida de contenido.</p> 
C	Estructuras metálicas	<p>Una estructura metálica se configura principalmente mediante elementos de metal, como acero o aluminio, con el propósito de proporcionar apoyo y estabilidad a diversas construcciones. Estas construcciones, ampliamente empleadas en la industria de la construcción, se caracterizan por la resistencia y durabilidad intrínsecas de los metales. Presentan una variedad de formas y tamaños, desde estructuras simples, como marcos, hasta complejas redes tridimensionales, y encuentran aplicación en una diversidad de contextos.</p> 

Tabla 14. Productos de la empresa (continuación)

Productos de la empresa		
Productos	Descripcion	Figura
D	Tanque de acero negro	<p>Un recipiente industrial de acero negro es un contenedor sin revestimiento fabricado con láminas de acero, diseñado para el almacenamiento a granel de líquidos o gases en diversos sectores industriales. Su construcción implica el ensamblaje de placas de acero mediante soldadura u otros métodos, dando lugar a una estructura resistente. La forma del tanque, ya sea cilíndrica, esférica u otra, se elige en función de la aplicación y los requisitos específicos de almacenamiento.</p> 
E	Tanquero para transporte de leche	<p>Un tanquero para transporte de leche, es un contenedor diseñado con precisión para facilitar el traslado seguro y eficiente de considerables cantidades de leche desde las instalaciones de producción hasta los puntos de procesamiento o distribución. Estos contenedores desempeñan un papel crucial en la cadena de suministro de la industria láctea. Su principal función radica en preservar la calidad de la leche durante el periodo de almacenamiento previo a su procesamiento o pasteurización.</p> 

### 3.4 Fuentes de ingreso

Dentro de estos proyectos, la producción de bandas transportadoras requiere una gran capacidad de maquinaria, mano de obra y materiales, además de pasar por todos los procesos de la planta. Este producto representa la principal fuente de ingresos para la empresa, mientras que la construcción de estructuras, ventas de materiales y reparaciones son generalmente de menor importancia en términos de ganancias para la empresa como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Categorización de ingresos anuales de la empresa SOLUTIONS

	Fuente de ingresos	Ventas mensuales (\$)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
<b>A</b>	Fabricación de bandas transportadoras	\$153,067.60	62%	62%
<b>B</b>	Fabricación de tanques industriales	\$46,907.81	19%	81%
<b>C</b>	Fabricación de estructuras metálicas	\$22,219.49	9%	90%
<b>D</b>	Venta de materiales	\$14,812.99	6%	96%
<b>E</b>	Reparaciones	\$9,875.33	4%	100%
	<b>TOTAL</b>	\$246,883.22	100%	

El siguiente diagrama de Pareto brinda la perspectiva de los ingresos anuales en función de los principales productos y servicios que oferta la empresa, apreciándose una notoria tendencia en el artículo A correspondiente a la fabricación de bandas transportadoras, como se muestra en la Figura 12.

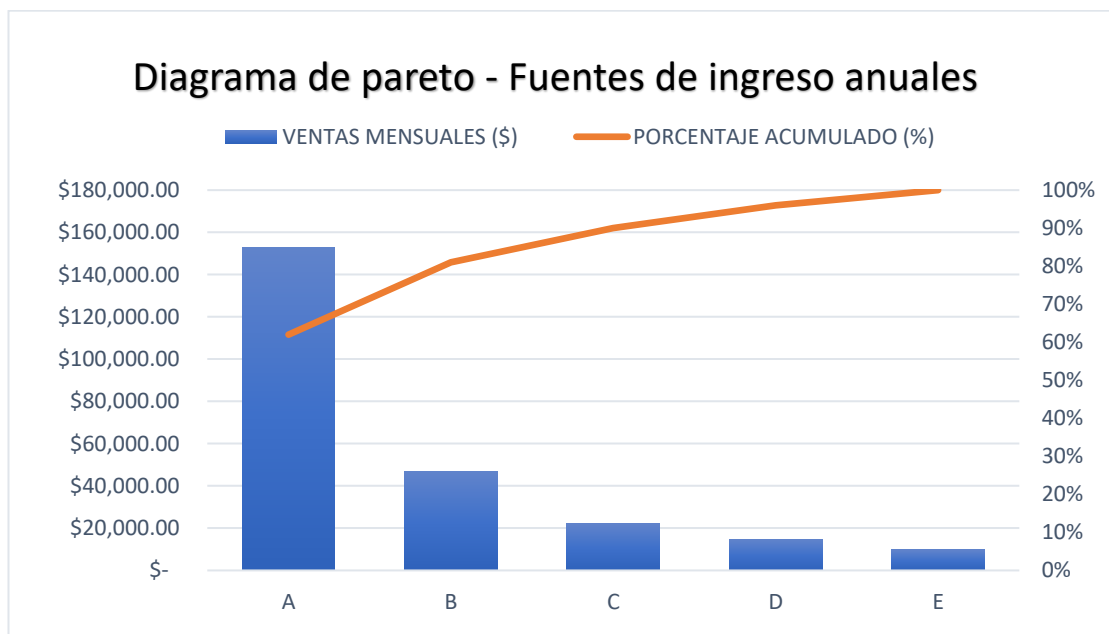


Figura 12. Ingresos anuales de la empresa SOLUTIONS

La empresa tiene como precedente una gran demanda de bandas transportadoras, las cuales se disponen en los modelos: horizontal, vertical, rotativa y tipo jirafa. A pesar

de la gran variedad de productos y servicios que ofrece al mercado SOLUTIONS, la fabricación de bandas transportadoras representa el 62% de los ingresos anuales. Además de la fabricación de este producto, también se lleva a cabo la manufactura de otros artículos, como: tanques de almacenamiento de leche, tanques industriales, estructuras para equipos, piezas de maquinaria, servicios de reparación, venta de material, etc.

### **3.5 Diagramas de flujo**

Con el propósito de obtener una representación gráfica de los procesos y comprender las secuencias de pasos asociadas a las operaciones, se analizan los diagramas de flujo que describen las actividades llevadas a cabo en la fabricación de los diversos productos de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.

Los productos que se analizan son los siguientes:

- Banda transportadora
- Tanque de almacenamiento industrial
- Tanquero para transporte de leche
- Estructuras metálicas

En la Figura 13 se observa el diagrama de flujo correspondiente a la fabricación de bandas transportadoras.

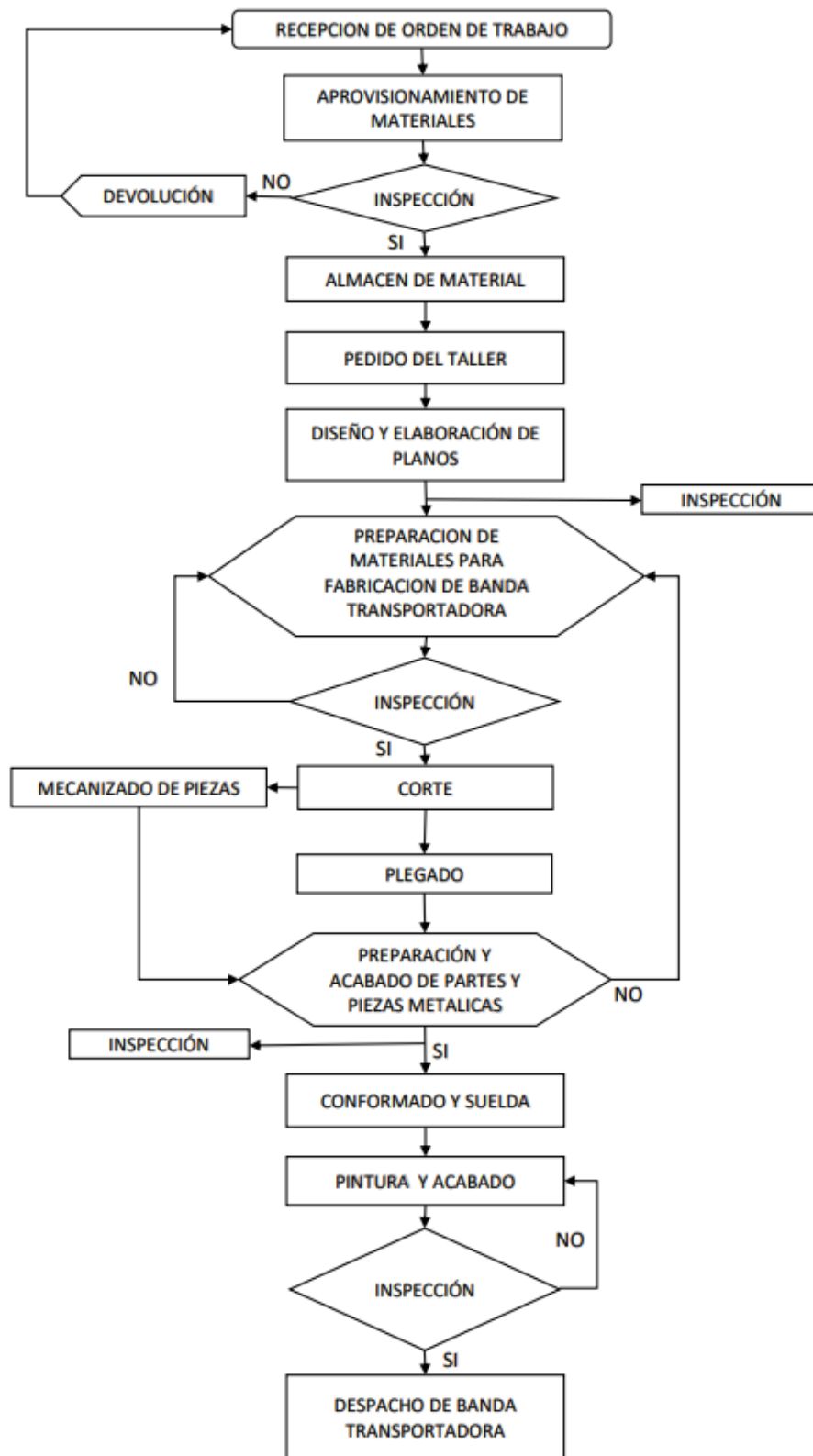


Figura 13. Diagrama de flujo - proceso de fabricación de banda transportadora

En la Figura 14, se observa el flujograma correspondiente al proceso de fabricación para tanques industriales.

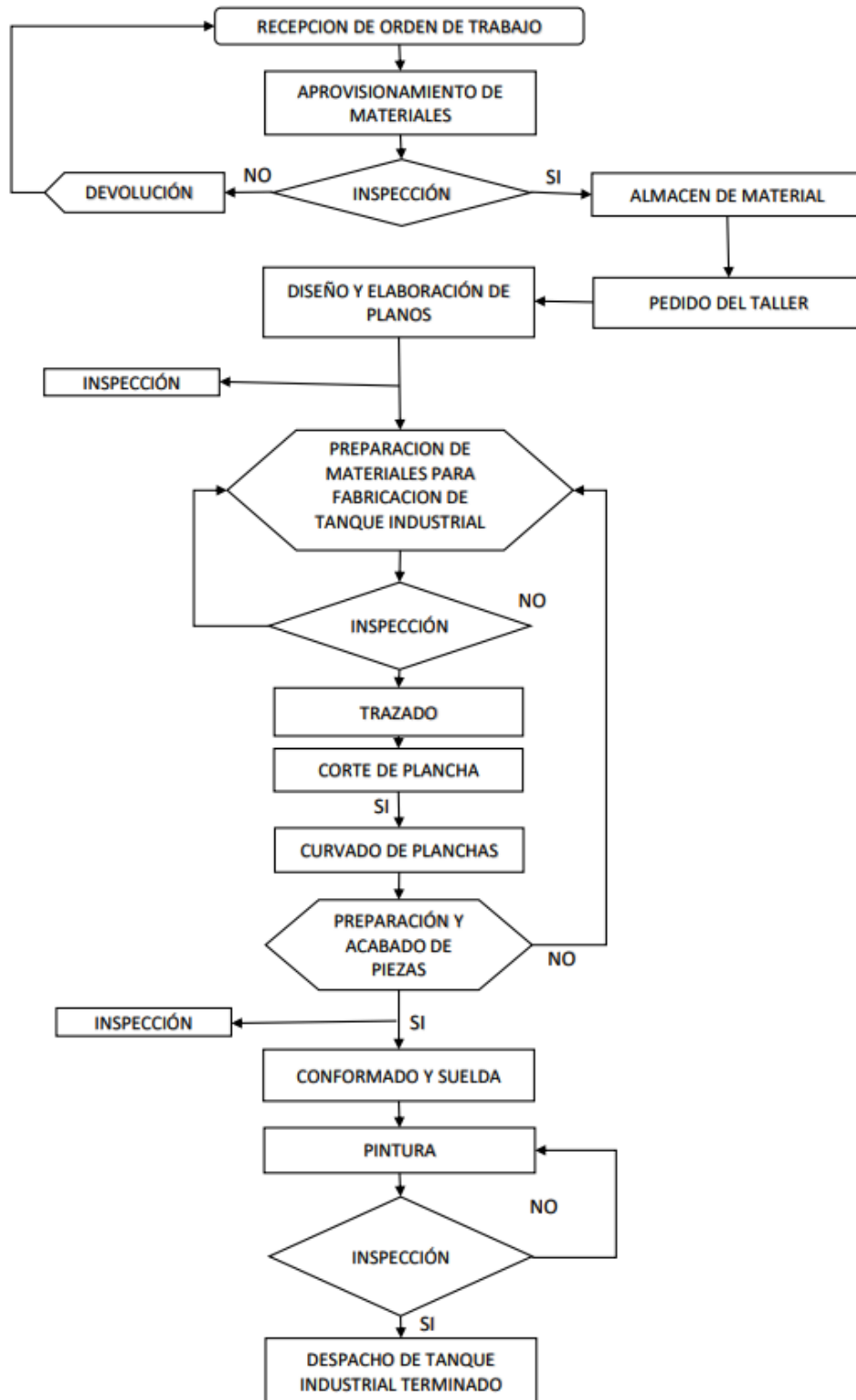


Figura 14. Diagrama de flujo - proceso de fabricación de tanques industriales

La Figura 15 presenta el flujograma correspondiente a la fabricación de tanqueros para transporte de leche.

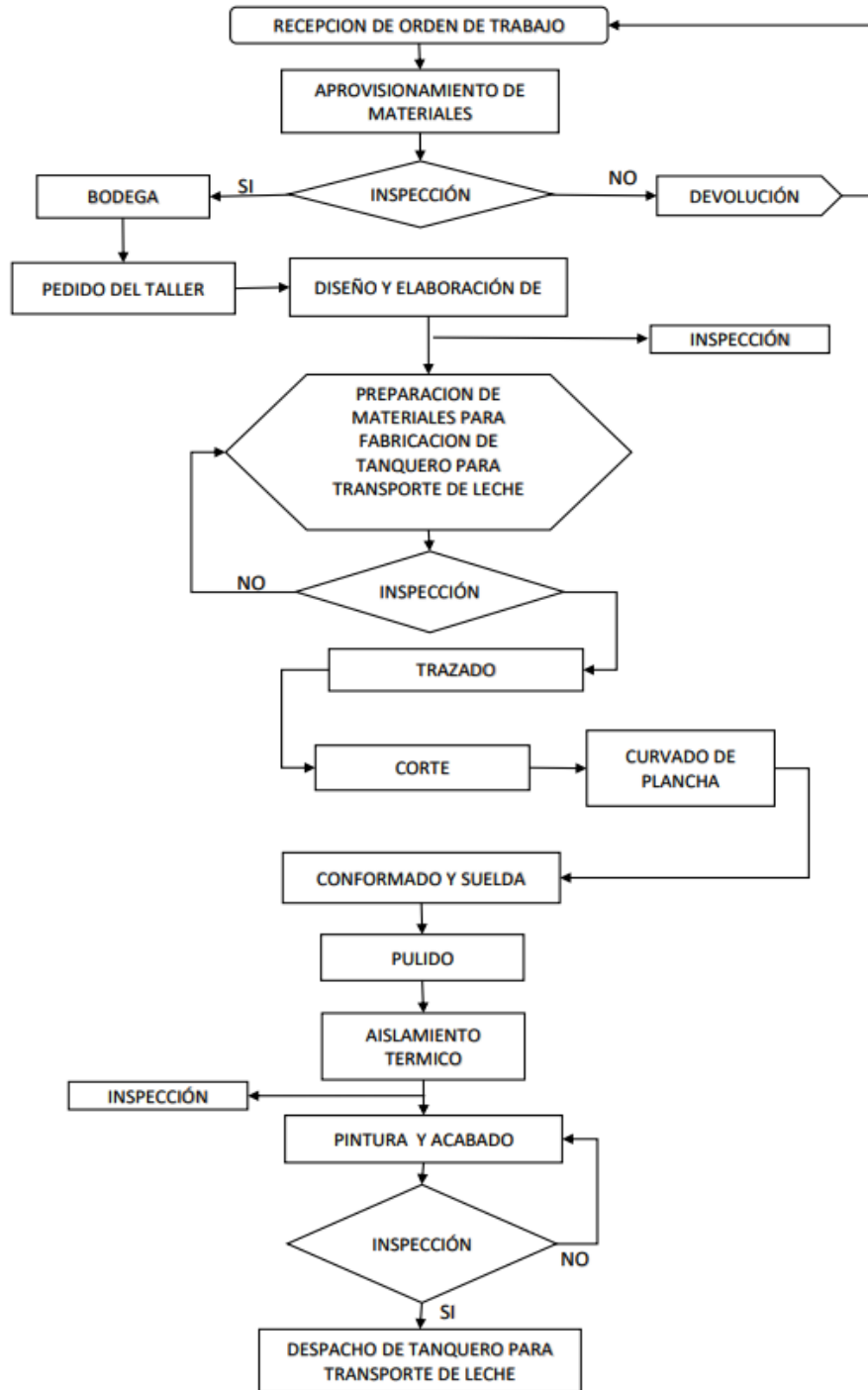


Figura 15. Diagrama de flujo - proceso de fabricación de tanqueros de leche



En la Figura 16 se observa el diagrama de flujo para la fabricación de estructuras metálicas.

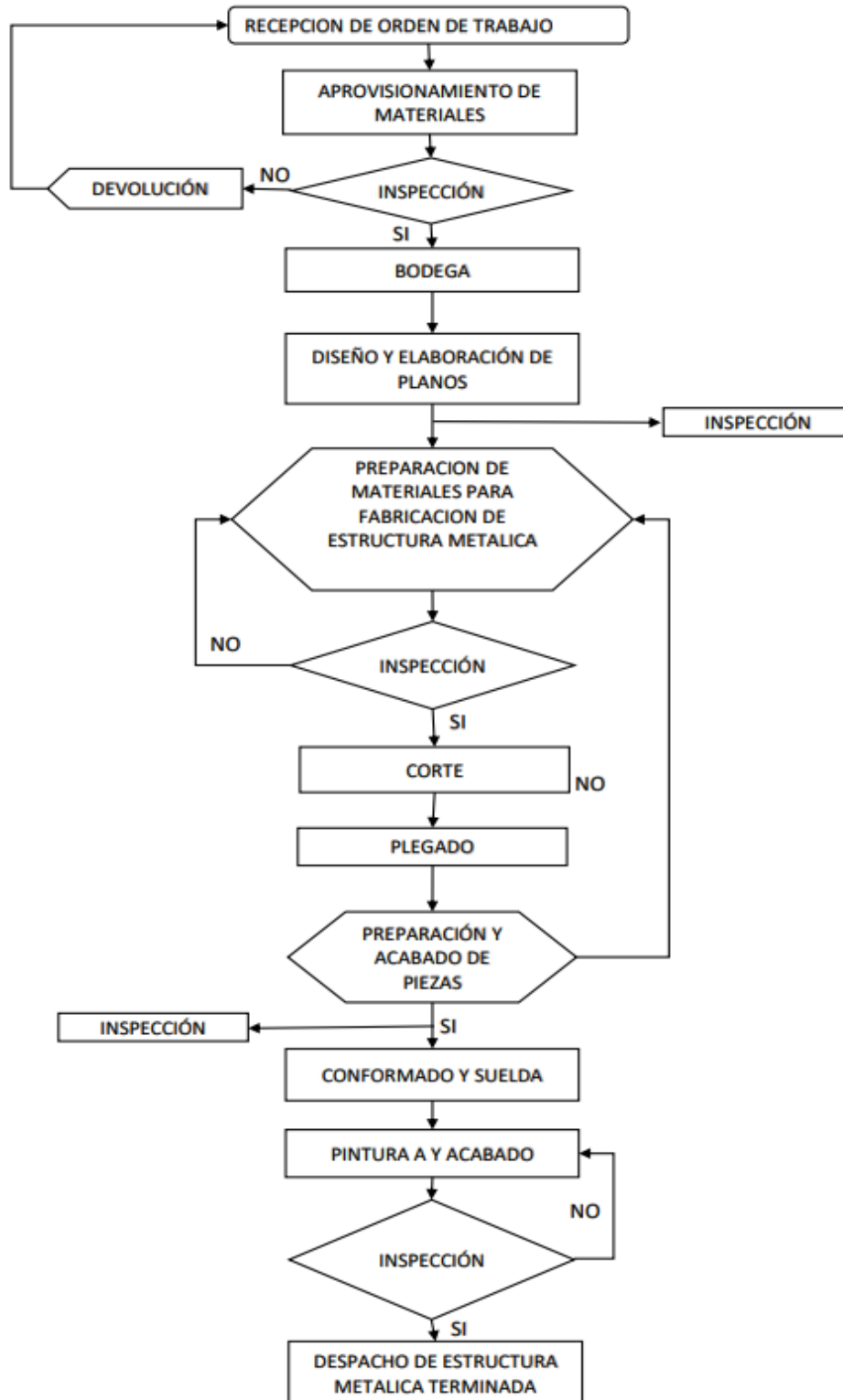


Figura 16. Diagrama de flujo - proceso de fabricación de estructuras metálicas

Tabla 16. Producto representativo

PRODUCTOS		OPERACIONES											
		DISEÑO	TRAZADO	MECANIZADO	CORTE	TALADRADO	PLEGADO	CURVADO	CONFORMADO	SUELDA	PULIDO	PINTURA	ACABADO
A	Bandas transportadoras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B	Tanquero para transporte de leche	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
C	Tanque de almacenamiento		X		X			X	X	X	X		X
D	Estructura de acero inoxidable	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
E	Tanques industriales en acero negro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

### 3.5.1 Producto representativo de la empresa

Se escoge el producto representativo de la línea de producción en base al análisis de los diagramas de flujo de los productos que se van a estudiar, se escoge el que abarque la mayor parte de procesos y tenga la mayor demanda.

Como se puede observar en la Tabla 16 el producto A pasa por todas las áreas productivas, además de representar la mayor parte de ingresos para la empresa como se muestra en la Figura 12, porque se determinó a este como objeto de estudio para calcular la capacidad de la planta en función del proceso de fabricación de la banda transportadora.

### 3.6 Proceso de fabricación de bandas transportadoras

En SOLUTIONS, los productos atraviesan un proceso de fabricación que se adapta a su forma y las especificaciones de los clientes. Estas etapas se desarrollan de manera secuencial, siguiendo los procedimientos específicos para cada una. Dado que la diversidad de productos y las necesidades particulares de los clientes pueden variar, el diseño de la planta se enfoca en adaptarse al proceso. Antes de pasar de una etapa a la siguiente, el producto es revisado detenidamente.



Figura 17. Banda transportadora

En la Figura 17 se observa el producto terminado correspondiente a la fabricación de bandas transportadoras.

### 3.6.1 Etapa de diseño

La etapa inicial del proceso implica la planificación y modelado de la banda transportadora a fabricar. Para ello, se lleva a cabo un exhaustivo análisis del entorno, se consideran las especificaciones del cliente en cuanto a dimensiones y funcionalidad, y se procede a la creación de planos utilizando software de diseño. Estos planos desempeñarán un papel fundamental como guía para la fabricación precisa del producto final como se muestra en la Figura 18.

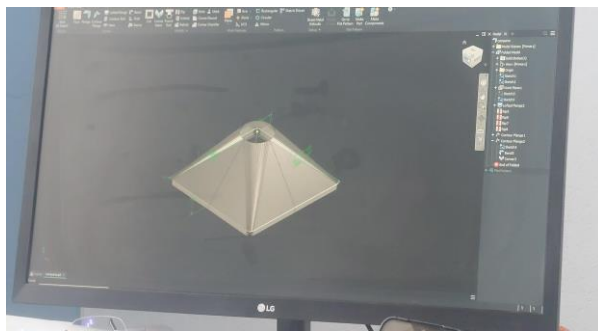


Figura 18. Etapa de diseño

### 3.6.2 Etapa de preparación

En esta fase, la materia prima se ajusta a las dimensiones especificadas en los planos. Esto implica procesos como corte, plegado y punzonado. Cada pieza se identifica con una marca metálica que indica la orden de trabajo o servicio, su posición y, en caso necesario, el plano de referencia.

La Figura 19 se muestra el proceso de preparación de materiales en el área de corte.



Figura 19. Preparación de materiales

### 3.6.3 Etapa de ensamble

En esta etapa, cada pieza preparada previamente se coloca en las posiciones definidas en los planos de ensamble proporcionados por el cliente para dar forma al producto final. Se utiliza el método de unión especificado para la etapa siguiente. Una vez que el coordinador de manufactura verifica las posiciones y dimensiones de las piezas y del conjunto en general, se autoriza su paso a la siguiente etapa como se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Etapa de ensamble y conformado

### 3.6.4 Etapa de soldadura

Los planos de fabricación indican el tipo de unión soldada, el proceso de soldadura a aplicar (por ejemplo, electrodo revestido MIC o TIC) y si las soldaduras se realizan en taller o en el campo. En caso de que el cliente no especifique una norma, se sigue la norma AWS y el procedimiento de soldadura establecido para este tipo de trabajos. La inspección incluye una revisión visual y, en caso necesario, ensayos no destructivos como tintas penetrantes como se aprecia en la Figura 21.



Figura 21. Etapa de soldadura

### 3.6.5 Etapa de pintura y acabados

La fase de pintura y acabado comprende la preparación de la superficie del artículo, la aplicación de la pintura mediante diversas técnicas, el proceso de secado o curado, la evaluación de calidad y el embalaje para su envío. En esta área también se llevan a cabo operaciones como la remisión de suela en artículos de acero inoxidable, el cual se realiza mediante el uso de ácido y posteriormente se retiran los residuos con abundante agua; a este proceso se le conoce como lavado.

En la Figura 22 se aprecia el proceso de pintura empleado en la estructura para soporte y agarré.



Figura 22. Etapa de pintura y acabados

En resumen, el proceso de fabricación en SOLUTIONS se adapta a la forma y las especificaciones de los productos y se ejecuta de manera secuencial, con especial atención a los procedimientos y la revisión por parte del jefe del área en cada etapa.

### 3.7 Cursograma analítico

Los siguientes cursogramas analíticos, proporcionan una visión general de las principales actividades que ocurren en la fabricación de bandas transportadoras.

Se registran las operaciones clave, los transportes, esperas e inspecciones realizadas para llevar a cabo la fabricación del producto, sin especificar quién las lleva a cabo ni su ubicación. Además de los símbolos y su secuencia, se agrega una breve descripción de la naturaleza de cada actividad correspondiente al proceso de fabricación de bandas transportadoras en acero inoxidable como se muestran en las siguientes Tablas:

Tabla 17. Cursograma analítico - fabricación de rodillos

CURSOGRAMA ANALÍTICO								
Símbolo	Definición	Resumen	Empresa	Metalmecánica "SOLUTIONS"				
○	Operación	12	Lugar	Instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.				
➔	Transporte	1						
□	Inspección	2						
▽	Almacenamiento	0	Objetivo	Fabricación de rodillos				
D	Espera	2	Tiempo (min)	275,69	Páginas	1 de 7		
TOTAL		17	Fecha:		Analista	Observador		
N°	Descripción de actividades	SÍMBOLOS					Cantidad	Tiempo (Segundos)
		○	➔	□	▽	D		
1	Transporte de material al área de torno		●				1	489
2	Preparación de cortadora de tubo (PE-UHMW)					●	1	946
3	Asignación de medidas	●					1	589
4	Corte de tubo d(PE-UHMW) para rodillo motriz	●					1	3268
5	Pulido de imperfecciones	●					1	713
6	Refrentado de tubo (PE-UHMW) para rodillo motriz	●					1	475
7	Verificación de medidas				●		1	108
8	Prepara tubo (PE-UHMW) para perforación					●	1	475
9	Perforación de tubo (PE-UHMW) para guía	●					1	2708
10	Preparación de cortadora de tubo	●					1	713
11	Toma de medidas	●					1	475
12	Corte de Barra (PE-UHMW)	●					1	1708
13	Pulido de imperfecciones	●					1	713
14	Refrentado de barra (PE-UHMW) para guía	●					1	475
15	Perforación de barra (PE-UHMW) para sujeción de guía	●					1	1708
16	Avellanado de barra (PE-UHMW)	●					1	475
17	Verificación de medidas					●	1	508
							Total (s)	16542
							Total (min)	275,69
							Total (h)	4,59
							Total (días)	0,57

Tabla 18. Cursograma analítico - fabricación de platinas

CURSOGRAMA ANALÍTICO								
Símbolo	Definición	Resumen	Empresa	Metalmecánica "SOLUTIONS"				
○	Operación	17	Lugar	Instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.				
⇒	Transporte	4						
□	Inspección	0						
▽	Almacenamiento	0	Objetivo	Fabricación de platinas				
D	Espera	0	Tiempo (min)	228,89	Páginas	2 de 7		
TOTAL		21	Fecha:		Analista	Observador		
N°	Descripción de actividades	SÍMBOLOS					Cantidad	Tiempo (Segundos)
		○	⇒	□	▽	D		
1	Preparación de punzadora platina 1	●					1	5112
2	Traslado de material		●				1	161
3	Corte de platina 1	●					1	145
4	Perforación agujero central	●					4	169
5	Preparación corte medio	●					4	394
6	Corte medio de platina	●					1	185
7	Preparación de punzadora platina 2	●					1	708
8	Corte de platina 2	●					1	121
9	Perforación de agujero central	●					1	129
10	Preparación corte	●					1	491
11	Corte mitad de platina 2	●					4	161
12	Preparación de ángulos para corte	●					1	612
13	Corte de ángulos	●					4	145
14	Movilización área de soldadura		●				1	129
15	Toma de medida para doblez de platina exterior e interior	●					1	749
16	Movilización área de doblado		●				1	161
17	Doble platina interior exterior	●					8	419
18	Traslado área de soldadura		●				1	185
19	Marcado de ángulo para soldar platina	●					1	483
20	Punteo y alineación de platina interior y	●					1	1167
21	Rematado de platina interior y exterior	●					1	1908
							Total (s)	13733
							Total (min)	228,89
							Total (h)	3,81
							Total (días)	0,48



Tabla 19. Cursograma analítico - fabricación de eje motriz

CURSOGRAMA ANALÍTICO								
Símbolo	Definición	Resumen	Empresa	Metalmecánica "SOLUTIONS"				
○	Operación	16	Lugar	Instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.				
➡	Transporte	1						
□	Inspección	1						
▽	Almacenamiento	0	Objetivo	Fabricación de eje motriz				
D	Espera	2	Tiempo (min)	329,33	Páginas	3 de 7		
<b>TOTAL</b>		20	Fecha:		Analista	Observador		
N°	Descripción de actividades	SÍMBOLOS					Cantidad	Tiempo (Segundos)
		○	➡	□	▽	D		
1	Generación de orden de trabajo					●	1	863
2	Pedido de materiales					●	1	518
3	Transporte de materiales		●				1	377
4	Preparación de eje para corte	●					1	20
5	Corte manual de eje motriz	●					1	230
6	Preparación de torno	●					1	236
7	Pulido de eje motriz	●					1	193
8	Centrado de luneta	●					1	380
9	Centrado de eje por ambos lados	●					1	1150
10	Refrentado de eje motriz	●					1	549
11	Comprobación de medidas para: diámetro y profundidad en la caja reductora			●			1	854
12	Ajuste y desbaste del eje motriz	●					1	5736
13	Pulido de eje motriz para acople de chumacera	●					1	437
14	Delimitación de puntos para cuñas y chavetas	●					1	440
15	Fabricación de chaveteros	●					2	5833
16	Corte de chaveta	●					2	273
17	Biselado de chavetas	●					2	681
18	Pulido de chavetas	●					2	129
19	Colocación de chaveta en eje motriz	●					2	569
20	Limpieza final de eje motriz	●					1	293
							Total (s)	19760
							Total (min)	329,33
							Total (h)	5,49
							Total (días)	0,69

Tabla 20. Cursograma analítico - fabricación de bocines

CURSOGRAMA ANALÍTICO								
Símbolo	Definición	Resumen	Empresa	Metalmecánica "SOLUTIONS"				
○	Operación	12	Lugar	Instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.				
➔	Transporte	2						
□	Inspección	0						
▽	Almacenamiento	0	Objetivo	Fabricación de bocines				
D	Espera	2	Tiempo (min)	1015,35	Páginas	4 de 7		
TOTAL		16	Fecha:		Analista	Observador		
N°	Descripción de actividades	SÍMBOLOS					Cantidad	Tiempo (Segundos)
		○	➔	□	▽	D		
1	Corte de bocines para soporte de ejes	●					4	10902
2	Biselado de bocines	●					4	7222
3	Traslado de discos y bocines para soldar		●				1	230
4	Preparación de insumos para soldar	●					1	6003
5	suelda de bocines y discos	●					4	10155
6	Preparación de disco en torno					●	4	4014
7	Ajuste de disco	●					4	140
8	Perforación de disco	●					4	5624
9	Desbaste diámetro exterior disco	●					4	3186
10	Biselado diámetro exterior disco	●					4	2887
11	Acabado diámetro interior	●					4	5601
12	Biselado diámetro interno y externo de	●					4	587
13	Traslado a taladro		●				1	130
14	Preparación para perforación de bocín					●		230
15	Perforado de bocín	●					2	828
16	Machuelado de agujero para prisionero	●					2	3186
							Total (s)	60921
							Total (min)	1015,35
							Total (h)	16,92
							Total (días)	2,12

Tabla 21. Cursograma analítico - fabricación de tablero eléctrico

CURSOGRAMA ANALÍTICO								
Símbolo	Definición	Resumen	Empresa	Metalmecánica "SOLUTIONS"				
○	Operación	5	Lugar	Instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.				
➡	Transporte	1						
□	Inspección	0						
▽	Almacenamiento	0	Objetivo	Fabricación de tablero eléctrico				
D	Espera	1	Tiempo (min)	563,23	Páginas	5 de 7		
TOTAL		7	Fecha:		Analista	Observador		
N°	Descripción de actividades	SÍMBOLOS					Cantidad	Tiempo (Segundos)
		○	➡	□	▽	D		
1	Pedido de materiales para tablero eléctrico						1	4830
2	Traslado de materiales para tablero eléctrico						1	470
3	Toma de medidas para realizar orificios en tapa de tablero	●					1	3369,5
4	Perforación en la caja de control	●					1	4726,5
5	Instalación de riel	●					1	3921,5
6	Conexión de circuito de fuerza	●					1	12052
7	Conexión de circuito de control	●					1	4424
							Total (s)	33794
							Total (min)	563,23
							Total (h)	9,39
							Total (días)	1,17

Tabla 22. Cursograma analítico - fabricación de banda transportadora

CURSOGRAMA ANALÍTICO								
Símbolo	Definición	Resumen	Empresa	Metalmecánica "SOLUTIONS"				
	Operación	40	Lugar	Instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.				
	Transporte	8						
	Inspección	4						
	Almacenamiento	0	Objetivo	Fabricación de banda transportadora				
	Espera	3	Tiempo (min)	5648,28	Páginas	6 de 7		
TOTAL		55	Fecha:		Analista	Observador		
N°	Descripción de actividades	SÍMBOLOS					Cantidad	Tiempo (Segundos)
1	Transporte de materiales						1	359
2	Preparación de vigas						2	4946
3	Toma de medidas de largo						2	997
4	Verificación de perfil						1	674
5	Corte plasma						2	2320
6	Limpieza de corte pulido						2	1290
7	Transporte de máquina de soldadura						1	196
8	Preparación de máquina de soldar						1	665
9	Soldadura de platinas por los 4 extremos						4	13226
10	Pulido de soldadura de platinas						4	31172
11	Toma de medidas de platinas						4	3265
12	Transporte de chumaceras						4	1212
13	Toma de medidas chumacera						2	3226
14	Corte de agujero de chumacera						2	2532
15	Montaje y alineación de perfil						1	3763
16	Preparación de la soldadora						1	2493
17	Montaje de platinas, alineación punteo						4	18905
18	Rayado para colocar rodillos de retorno						2	3715
19	Montaje y suelda de rodillos de retorno						2	4213
20	Rematado de platinas mediante soldadura						4	6657
21	Transporte de eje para rodillo motriz						1	4089
22	Transporte de bocines y disco para rodillo						1	241
23	Rectificado de diámetro interno del						1	14144
24	Ensamble y suelda de rodillo motriz						1	8221
25	Transporte de eje, tambor y bocines para						1	5953
26	Ensamble de rodillo conductor						1	10186
27	Transporte de chumacera para área de corte						1	338
28	Corte de ángulos para recorrido de						4	5015
29	Corte de 4 ejes para deslizar chumacera						4	5703
30	Corte de ángulos para soldar tuerca de eje roscada						2	2444
31	Corte de ejes roscadas						2	3216
32	Ajuste en torno de los ejes roscados para soldar tuerca						2	6696
33	Soldadura de eje con tuerca						2	1398
34	Torneado acabado de conjunto eje tuerca						2	5024
35	Soldadura de ángulos y ejes para movimiento chumacera						4	13167
36	Pulido de piezas						1	3734
37	Agujero para eje roscada en ángulos						4	6031
38	Pulido de piezas						1	6881
39	Montaje de recorrido de la chumacera						2	19061
40	Suelda de placa guía con tuerca por ambos lados						2	5709
41	Montaje de eje motriz y chumaceras						1	14819
42	Transporte de reductor						1	588
43	Prueba de ajuste de reductor - eje						1	11437
44	Elaboración de base de sujeción de motor y perforaciones soldado						1	38279
45	Montaje de rodillo conducido						1	6608
46	Transporte de rodillos conductores						8	743
47	Montaje de rodillos conductores pequeños y platinas						1	12463
48	Transporte de taladro						1	577
49	Taladrado para ajuste del tensor de						1	1857
50	Transporte de banda						1	381
51	Medición de longitud de banda						1	3763
52	Corte de banda						1	3685
53	Preparar niquelina para unión de banda						1	154
54	Unión de banda mediante niquelina						1	1808
55	Montaje de banda						1	8661
							Total (s)	338897
							Total (min)	5648,28
							Total (h)	94,14
							Total (días)	11,77

Tabla 23. Cursograma analítico - ensamble final de transportadora











CURSOGRAMA ANALÍTICO								
Símbolo	Definición	Resumen	Empresa	Metalmecánica "SOLUTIONS"				
	Operación	4	<b>Lugar</b>	Instalaciones de la empresa metalmecánica SOLUTIONS.				
	Transporte	1						
	Inspección	1						
	Almacenamiento	1	<b>Objetivo</b>	Ensamble final de banda transportadora				
	Espera	0	Tiempo (min)	845,55	<b>Paginas</b>	7 de 7		
<b>TOTAL</b>		7	Fecha:		<b>Analista</b>	Observador		
N°	Descripción de actividades	SÍMBOLOS					Cantidad	Tiempo (Segundos)
								
1	Montaje (motor rodillos y banda)	●					1	23035
2	Montaje de tablero eléctrico	●					1	9804
3	Prueba de funcionamiento				●		1	6176
4	Limpieza	●					1	2904
5	Embalado	●					1	5445
6	Traslado a bodega de producto terminado			●			1	1685
7	Almacenamiento de producto terminado					●	1	1685
							Total (s)	50733
							Total (min)	845,55
							Total (h)	14,09
							Total (días)	1,76

Tabla 24 Resumen de tiempos – cursograma analítico

Tiempos	Actividades							Total
	fabricación de rodillos	fabricación de platinas	fabricación de eje motriz	fabricación de bocines	fabricación de tablero eléctrico	fabricación de banda transportadora	Ensamble final de banda transportadora	
<b>Total (s)</b>	14040	13733	19760	60921	35841	338897	50733	<b>533925</b>
<b>Total (min)</b>	234	228.89	329.33	1015.35	597	5648.28	845.55	<b>8898.40</b>
<b>Total (h)</b>	3.9	3.81	5.49	16.92	10	94.14	14.09	<b>148.35</b>
<b>Total (días)</b>	0.5	0.48	0.69	2.12	1.2	11.77	1.76	<b>18.52</b>

Una vez concluido el levantamiento de datos correspondientes al proceso de fabricación para bandas transportadoras, se observó que se requieren 106 operaciones, 19 transportes, 7 inspecciones, 1 almacenamiento y 10 esperas. El tiempo necesario para fabricar la unidad es de 533925 segundos o equivalente a (8898.40 minutos, 148.35 horas, 18.52 días) como se observa en la Tabla 24.

Se recalca que el tiempo de fabricación depende en gran medida del modelo y tamaño de cada producto, ya que estos varían en función al requerimiento del cliente, su finalidad y el espacio físico en el cual se vaya a realizar la instalación.

### 3.8 Estudio de tiempos

Con la finalidad de obtener un análisis detallado de los tiempos dedicados a cada una de las actividades involucradas en el proceso de fabricación de la banda transportadoras en la empresa SOLUTIONS se realiza el levantamiento de tiempos en las diferentes etapas que conllevan la fabricación de la banda transportadora.

#### 3.8.1 Observaciones requeridas

Se examinaron los diversos componentes en la instalación de producción de la empresa SOLUTIONS, incluyendo las máquinas, herramientas, equipos, el personal disponible, las técnicas y/o métodos empleados por los trabajadores durante el horario laboral dando un total 3 observaciones debido a que todas las actividades registran un tiempo

de ciclo mayor a 40 minutos y en función a la extensa duración de los procedimientos, se considera más óptimo el método de General Electric, el cual brinda una aproximación del número de observaciones necesarias para realizar el estudio de tiempos, como se muestra en la Tabla 5.

### **3.8.2 Tiempo normal**

También conocido como tiempo básico, es aquel tiempo empleado para que un trabajador termine una actividad o elemento en condiciones normales.

Donde:

$$T_N = T_O * (1 + \text{suplementos})$$

$$T_O = \text{Tiempo de desempeño observado por actividad}$$

$$I_d = \text{Indice de desempeño}$$

### **3.8.3 Tiempo estándar**

Se establece la duración que un trabajador requiere para llevar a cabo una actividad en condiciones normales, considerando los suplementos, los cuales se calcula teniendo en cuenta diversos factores que pueden afectar la productividad y el rendimiento del trabajador. El cálculo del tiempo estándar se realiza utilizando la ecuación (2).

$$T_S = T_N * (1 + \text{suplementos})$$

### **3.8.4 Cálculo de suplementos**

Tomando en cuenta las directrices de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en relación con los intervalos de descanso, se realizó una evaluación exhaustiva de las posturas y condiciones que pudieran impactar en el desempeño de las labores por parte de los trabajadores. Los elementos señalados en el anexo A fueron identificados como factores adicionales para optimizar los periodos de descanso.

Tabla 25. Estudio de tiempos – fabrica

ción de rodillos

Estudio de tiempos								
Objetivo	Fabricación de rodillos			Tiempo estándar (min.)		229.71		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Transporte de material al área de torno	501	560	442	500.65	1	500.65	30%	650.85
preparación de cortadora de tubo (PE-UHMW)	719	803	634	718.68	1	718.68	30%	934.28
Asignación de medidas	501	560	442	500.65	1	500.65	30%	650.85
Corte de tubo d(PE-UHMW) para rodillo motriz	778	505	451	577.80	1	577.80	30%	751.14
Pulido de imperfecciones	306	377	334	338.96	0.9	305.06	30%	396.58
Refrentado de tubo (PE-UHMW) para rodillo motriz	404	451	356	403.75	0.95	383.56	30%	498.63
Verificación de medidas	301	572	431	434.71	1	434.71	30%	565.12
Preparación tubo (PE-UHMW) para perforar	404	451	356	403.75	1	403.75	30%	524.88
Perforación de tubo (PE-UHMW) para guía	2301	2572	2031	2301.38	0.95	2186.31	30%	2842.20
Preparación de cortadora de tubo	606	677	534	605.63	1	605.63	30%	787.31
Toma y asignación de medidas	404	451	356	403.75	0.9	363.38	30%	472.39
Corte de Barra (PE-UHMW)	1451	1622	1281	1451.38	0.95	1378.81	30%	1792.45
Pulido de imperfecciones	606	677	534	605.63	0.95	575.34	30%	747.95
Refrentado de barra (PE-UHMW) para guía	404	451	356	403.75	0.95	383.56	30%	498.63
Perforación de barra (PE-UHMW) para sujeción de guía	1151	101	1201	817.71	0.9	735.94	30%	956.72
Avellanado de barra (PE-UHMW)	404	451	356	403.75	0.95	383.56	30%	498.63
Verificación de medidas	131	182	181	164.71	1	164.71	30%	214.12
							Total (s)	13782.71
							Total (min)	229.71
							Total (h)	3.83
							Total (días)	0.48



Tabla 26. Estudio de tiempos - fabricación de platinas

Estudio de tiempos								
Objetivo	Fabricación de platinas			Tiempo estándar (min)		208,15		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Preparación de punzadora platina 1	9821	6141	9568	8510,00	1	8510.00	30%	11063.00
Traslado de material	207	276	230	237,67	0,95	225.78	30%	293.52
Corte de platina 1	265	150	150	187,83	0,9	169.05	30%	219.77
Perforación agujero central	184	322	230	245,33	0,9	220.80	30%	287.04
Preparación corte medio	633	552	771	651,67	0,95	619.08	30%	804.81
Corte medio de platina	368	334	219	306,67	1	306.67	30%	398.67
Preparación de punzadora platina 2	1288	886	817	996,67	0,95	946.83	30%	1230.88
Corte de platina 2	150	127	219	164,83	0,9	148.35	30%	192.86
Perforación de agujero central	138	173	138	149,50	0,9	134.55	30%	174.92
Preparación corte triangular	943	506	564	670,83	1	670.83	30%	872.08
Corte mitad de platina 2	173	161	161	164,83	0,95	156.59	30%	203.57
Preparación de ángulos para corte	978	1024	1208	1069,50	0,9	962.55	30%	1251.32
Corte de ángulos	219	253	276	249,17	1	249.17	30%	323.92
Movilización área de soldadura	138	138	161	145,67	0,9	131.10	30%	170.43
Toma de medida para doblez de platina exterior e interior	1438	1024	1426	1295,67	0,95	1230.88	30%	1600.15
Movilización área de doblado	288	322	219	276,00	1	276.00	30%	358.80
Doblez platina interior exterior	414	472	472	452,33	0,95	429.72	30%	558.63
Traslado área de soldadura	276	357	230	287,50	0,9	258.75	30%	336.38
Marcado de ángulo para soldar platina	644	840	771	751,33	1	751.33	30%	976.73
Punteo y alineación de platina interior y	1231	1495	1426	1383,83	1	1383.83	30%	1798.98
Rematado de platina interior y exterior	3393	3876	2174	3147,17	0,95	2989.81	30%	3886.75
Total (s)								27003.19
Total (min)								450.05
Total (h)								7.50
Total (días)								0.94

Tabla 27. Estudio de tiempos - fabricación de eje motriz

Estudio de tiempos								
Objetivo	Fabricación de eje motriz			Tiempo estándar (min)		439,44		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Generación de orden de trabajo	874	906	1001	926,90	1	926,90	30%	1204,97
Pedido de materiales	497	409	597	501,21	0,95	476,15	30%	618,99
Transporte de materiales	385	276	417	359,57	0,9	323,61	30%	420,69
Preparación de eje para corte	17	12	17	15,33	0,9	13,80	30%	17,94
Corte manual de eje motriz	230	177	255	220,80	0,95	209,76	30%	272,69
Preparación de torno	221	189	245	218,31	1	218,31	30%	283,80
Pulido de eje motriz	210	154	235	199,53	0,95	189,55	30%	246,41
Centrado de luneta	371	290	438	366,28	0,9	329,65	30%	428,54
Centrado de eje por ambos lados	963	982	1456	1133,71	0,9	1020,34	30%	1326,44
Refrentado de eje motriz	520	439	659	539,54	1	539,54	30%	701,40
Comprobación de medidas para: diámetro y profundidad en la caja reductora	960	460	1107	842,57	3	2527,70	30%	3286,01
Ajuste y desbaste del eje motriz	5333	4802	6776	5637,11	0,95	5355,25	30%	6961,83
Pulido de eje motriz para acople de chumacera	529	352	428	436,23	0,9	392,61	30%	510,39
Delimitación de puntos para cuñas y chavetas	497	343	580	473,23	1	473,23	30%	615,19
Fabricación de chaveteros	5578	4973	7538	6029,45	0,9	5426,51	30%	7054,46
Corte de chaveta	526	219	328	357,46	0,95	339,59	30%	441,46
Biselado de chavetas	523	545	818	628,67	0,9	565,80	30%	735,54
Pulido de chavetas	155	104	155	138,00	1	138,00	30%	179,40
Colocación de chaveta en eje motriz	604	419	693	571,93	0,9	514,74	30%	669,16
Limpieza final de eje motriz	354	242	307	300,73	1	300,73	30%	390,94
Total (s)								26366,27
Total (min)								439,44
Total (h)								7,32
Total (días)								0,92

Tabla 28. Estudio de tiempos - fabricación de bocines

Estudio de tiempos								
Objetivo	Fabricación de bocines			Tiempo estándar (min)		992,89		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Corte de bocines soporte de ejes	9267	8177	7086	8176,50	1	8176,50	30%	10629,45
Biselado de bocines	6139	5417	4694	5416,50	1	5416,50	30%	7041,45
Traslado de discos y bocines para soldar	196	173	150	172,50	1	172,50	30%	224,25
Preparación de insumos para soldar	5103	4502	3902	4502,25	1	4502,25	30%	5852,93
suelda de bocines y discos	8631	7616	6600	7615,88	1	7615,88	30%	9900,64
Preparación de disco en torno	3411	3010	2609	3010,13	1	3010,13	30%	3913,16
Ajuste de disco	155	135	160	150,00	1	150,00	30%	195,00
Perforación de disco	4780	4218	3655	4217,63	1	4217,63	30%	5482,91
Desbaste diámetro exterior disco	2708	2389	2071	2389,13	1	2389,13	30%	3105,86
Biselado diámetro exterior disco	2454	2165	1876	2164,88	1	2164,88	30%	2814,34
Acabado diámetro interior	4760	4200	3640	4200,38	1	4200,38	30%	5460,49
Biselado diámetro interno y externo de disco	499	440	381	439,88	1	439,88	30%	571,84
Traslado a taladro	130	126	118	124,67	1	124,67	30%	162,07
Preparación para perforación de bocín	230	242	234	235,33	1	235,33	30%	305,93
Perforado de bocín	704	621	538	621,00	1	621,00	30%	807,30
Machuelado de agujero para prisionero	2708	2389	2071	2389,13	1	2389,13	30%	3105,86
							Total (s)	59573,48
							Total (min)	992,89
							Total (h)	16,55
							Total (días)	2,07

Tabla 29. Estudio de tiempos - fabricación de tablero eléctrico

Estudio de tiempos								
Objetivo	Fabricación de tablero eléctrico			Tiempo estándar (min)		606,95		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Pedido de materiales para tablero eléctrico	2230	2241	2189	2220,08	0,9	1998,07	30%	2597,49
Traslado de materiales para tablero eléctrico	911	926	957	931,50	0,95	884,93	30%	1150,40
Toma de medidas para realizar orificios en tapa de tablero	1475	1568	1475	1505,93	1	1505,93	30%	1957,70
Perforación en la caja de control	2199	2029	2117	2114,85	0,95	2009,11	30%	2611,84
Instalación de riel	1754	1754	1744	1750,88	0,9	1575,79	30%	2048,52
Conexión de circuito de fuerza	5480	5398	5387	5421,68	1	5421,68	30%	7048,18
Conexión de circuito de control	14599	14583	14671	14617,7	1	14617,65	30%	19002,95
Total (s)								36417,08
Total (min)								606,95
Total (h)								10,12
Total (días)								1,26

Tabla 30. Estudio de tiempos - fabricación de banda transportadora

Estudio de tiempos								
Objetivo	Fabricación de banda transportadora			Tiempo estándar (min)		6452,55		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Transporte de materiales	1291	1427	999	1238,70	1	1238,70	30%	1610,32
Preparación de vigas	4699	5193	3635	4509,24	1	4509,24	30%	5862,01
Toma de medidas de largo	947	1047	733	908,98	0,95	863,53	30%	1122,59
Verificación de perfil	641	708	496	614,90	1	614,90	30%	799,37
Corte plasma	1254	1386	970	1203,06	1	1203,06	30%	1563,98
Limpieza de corte pulido	1226	1355	948	1176,32	0,95	1117,51	30%	1452,76
transporte de máquina de soldadura	186	205	144	178,23	1	178,23	30%	231,70
Preparación de máquina de soldar	631	698	489	605,98	0,95	575,69	30%	748,39
Soldadura de platinas por los 4 extremos	12564	13887	9721	12057,32	1	12057,32	30%	15674,51
Pulido de soldadura de platinas	29614	32731	22912	28418,91	0,9	25577,02	30%	33250,12
Toma de medidas de platinas	3102	3428	2400	2976,45	1	2976,45	30%	3869,39
transporte de chumaceras	1151	1273	891	1105,03	0,95	1049,78	30%	1364,71
Toma de medidas chumacera	3064	3387	2371	2940,81	1	2940,81	30%	3823,05
Corte de agujero de chumacera	2405	2658	1861	2308,09	0,95	2192,68	30%	2850,49
Montaje y alineación de perfil	3575	3952	2766	3430,94	0,95	3259,40	30%	4237,22
Preparación de la soldadora	2368	2617	1832	2272,44	1	2272,44	30%	2954,18
Montaje de 4 platinas, alineación y punteo	17960	19850	13895	17234,92	1	17234,92	30%	22405,40
Rayado para colocar rodillos de retorno	3529	3900	2730	3386,39	0,95	3217,07	30%	4182,19
Montaje y suelda de rodillos de retorno	4002	4424	3097	3840,87	1	3840,87	30%	4993,14
Rematado de platinas mediante soldadura	6324	6990	4893	6068,76	1	6068,76	30%	7889,39
transporte de eje para rodillo motriz	2934	3243	2270	2816,05	0,95	2675,24	30%	3477,82
transporte de bocines y disco para rodillo	1179	1303	912	1131,77	1	1131,77	30%	1471,30
Rectificado de diámetro interno	13437	14852	10396	12895,00	0,95	12250,25	30%	15925,33
Ensamble y suelda de rodillo motriz	7810	8632	6042	7494,61	1	7494,61	30%	9742,99

Tabla 29. Estudio de tiempos - fabricación de banda transportadora (continuación 1)

Estudio de tiempos								
Objetivo	Fabricación de banda transportadora			Tiempo estándar (min)		6452,55		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Transporte de eje, tambor y bocines para arrea de corte	5655	6251	4375	5427,13	1	5427,13	30%	7055,27
Ensamble de rodillo conductor	9676	10695	7486	9285,83	0,95	8821,54	30%	11468,00
transporte de chumacera para área de corte	1746	1930	1351	1675,37	0,95	1591,60	30%	2069,08
Corte de 4 ángulos	4764	5265	3686	4571,62	1	4571,62	30%	5943,11
Corte de 4 ejes para deslizar chumacera	3993	4413	3089	3831,96	0,9	3448,77	30%	4483,40
Corte de ángulos para soldar tuerca de eje roscada	2322	2566	1796	2227,89	0,95	2116,49	30%	2751,44
Corte de ejes roscadas	3055	3377	2364	2931,90	0,95	2785,30	30%	3620,89
Ajuste en torno de los ejes roscados para soldar tuerca	6361	7031	4921	6104,41	1	6104,41	30%	7935,73
Soldadura de eje con tuerca	1328	1468	1027	1274,35	1	1274,35	30%	1656,66
Torneado acabado de conjunto eje tuerca	4773	5276	3693	4580,53	0,95	4351,51	30%	5656,96
Soldadura de ángulos y ejes para deslizar chumacera	12509	13825	9678	12003,85	1	12003,85	30%	15605,00
Pulido de piezas	3547	3921	2745	3404,21	0,9	3063,79	30%	3982,92
Agujero para eje roscada en ángulos	5730	6333	4433	5498,42	0,95	5223,50	30%	6790,55
Pulido de piezas	2452	2710	1897	2352,65	1	2352,65	30%	3058,44
Montaje de recorrido de la chumacera	18108	20014	14010	17377,51	1	17377,51	30%	22590,76
Suelda de placa guía con tuerca por ambos lados	5423	5994	4196	5204,34	0,95	4944,12	30%	6427,36
Montaje de eje motriz y chumaceras	14078	15560	10892	13509,90	1	13509,90	30%	17562,87
transporte de motorreductor	4643	5132	3592	4455,77	0,9	4010,19	30%	5213,25
Prueba de ajuste de reductor - eje	10865	12009	8406	10426,50	1	10426,50	30%	13554,45
Elaboración de base de sujeción de motor y perforaciones soldado	36365	40193	28135	34897,60	0,95	33152,72	30%	43098,53

Tabla 29. Estudio de tiempos - fabricación de banda transportadora (continuación 2)

Estudio de tiempos								
Objetivo	Fabricación de banda transportadora			Tiempo estándar (min)		6452,55		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Montaje de rodillo conducido	6278	6938	4857	6024,20	0,95	5722,99	30%	7439,89
Transporte de rodillos conductores	706	780	546	677,28	1	677,28	30%	880,46
Montaje de rodillos conductores pequeños y platinas	2340	2586	1811	2245,71	0,9	2021,14	30%	2627,48
transporte de taladro	10048	11105	7774	9642,29	0,9	8678,06	30%	11281,48
Taladrado para ajuste del tensor de	1764	1950	1365	1693,19	1	1693,19	30%	2201,15
transporte de banda	2832	3130	2191	2718,02	1	2718,02	30%	3533,43
Medición de longitud de banda	3575	3952	2766	3430,94	0,95	3259,40	30%	4237,22
Corte de banda	3501	3869	2709	3359,65	1	3359,65	30%	4367,55
Preparar niquelina	146	162	113	140,26	0,9	126,23	30%	164,10
Unión de banda mediante niquelina	1718	1899	1329	1648,64	0,9	1483,77	30%	1928,90
Montaje de banda	5757	6364	4454	5525,16	0,9	4972,64	30%	6464,43
Total (s)								387153,06
Total (min)								6452,55
Total (h)								107,54
Total (días)								13,44

Tabla 31. Estudio de tiempos - ensamble final de banda transportadora

Estudio de tiempos								
Objetivo	Ensamble final de banda transportadora			Tiempo estándar (min)		985,0555		
Actividades	Tiempos Observados			Promedio tiempo observado	Desempeño	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo Estándar (s)
	T1	T2	T3					
Montaje (motor rodillos y banda)	22983	23029	22994	23001,92	0,9	20701,725	30%	26912,2425
Montaje de tablero eléctrico	9758	9792	9810	9786,50	0,95	9297,175	30%	12086,3275
Prueba de funcionamiento	6199	6101	6118	6139,08	1	6139,08333	30%	7980,80833
Limpieza	2944	2869	2812	2875,00	0,95	2731,25	30%	3550,625
Embalado	5468	5394	5480	5447,17	0,9	4902,45	30%	6373,185
Traslado a bodega de producto terminado	1725	1760	1593	1692,42	1	1692,41667	30%	2200,14167
Almacenamiento de producto terminado	0	0	0	0,00	0	0	0%	0
Total (s)								59103,33
Total (min)								985,0555
Total (h)								16,4175917
Total (días)								2,05219896



### 3.8.5 Resumen del estudio de tiempos

Al finalizar el análisis de tiempos en la fase de manufactura de la banda transportadora, se procedió a ordenar de manera sistemática los resultados específicos de cada proceso, tal como se indica en la Tabla 31.

Tabla 32. Resumen de estudio de tiempos

Tiempos	Actividades							Total
	fabricación de rodillos	fabricación de platinas	fabricación de eje motriz	fabricación de bocines	fabricación de tablero eléctrico	fabricación de banda transportadora	Ensamble final de banda transportadora	
<b>Total (s)</b>	14040	27003	26366	59573	35841	369126	59103	<b>591052.97</b>
<b>Total (min)</b>	234	450	439	993	597	6152	985	<b>9850.88</b>
<b>Total (h)</b>	3.9	7.5	7.3	16.5	10.0	102.5	16.4	<b>164.18</b>
<b>Total (días)</b>	0.5	0.9	0.9	2.1	1.2	12.8	2.1	<b>20.52</b>

En base al estudio de tiempos se estableció un tiempo total estándar de 591052.97 segundos equivalente a (99850.88 minutos, 164.18 horas o 20.52 días), se realiza este análisis debido al gran tiempo que conlleva la fabricación de una unidad, también se evidencia que la actividad con mayor tiempo estándar es la correspondiente a la fabricación de banda transportadora con un total de 369126 segundos.

### 3.9 Capacidad de producción

A través del análisis de tiempos, se concluye que la operación que consume más tiempo en el proceso, identificada como el cuello de botella, es la operación correspondiente a la fabricación de banda, con una duración de 591053 segundos por cada unidad fabricada.

### 3.9.1 Cálculo de producción diaria

Para el cálculo de la capacidad de producción diaria se ocupa la Ecuación (4), con el tiempo estándar ( $T_S$ ) en segundos como se muestra a continuación:

$$Cp = \frac{1}{591053}$$

$$Cp = 0.0000016918957 \frac{\text{unidades}}{\text{segundo}}$$

### 3.9.2 Cálculo de producción

Para el cálculo de la producción diaria, se ocupa la Ecuación (5), como se muestra a continuación:

$$\text{Produccion diaria} = Cp * (\# \text{ horas laborales}) * (\# \text{ de trabajadores}) \quad (5)$$

$$\text{Produccion diaria} = 0.0000016918957 * 8 * 4$$

$$\text{Produccion diaria} = 0.19 \frac{\text{unidades}}{\text{dia}}$$

### 3.9.3 Producción semanal

$$P. \text{ semanal} = P. \text{ diaria} * 6 \frac{\text{dias}}{\text{semana}}$$

$$P. \text{ semanal} = 0.19 \frac{\text{unidades}}{\text{dia}} * 6 \frac{\text{dias}}{\text{semana}}$$

$$P. \text{ semanal} = 1.17 \frac{\text{unidades}}{\text{semana}}$$

### 3.9.4 Producción mensual

$$P. \text{ mensual} = P. \text{ diaria} * 22 \frac{\text{dias}}{\text{mes}}$$

$$P. \textit{ mensual} = 0.19 \frac{\textit{ unidades}}{\textit{ dia}} * 22 \frac{\textit{ dias}}{\textit{ mes}}$$

$$P. \textit{ mensual} = 4.29 \frac{\textit{ unidades}}{\textit{ mes}}$$

### 3.9.5 Producción anual

$$P. \textit{ anual} = P. \textit{ semanal} * 52 \frac{\textit{ semanas}}{\textit{ año}}$$

$$P. \textit{ anual} = 1.17 \frac{\textit{ unidades}}{\textit{ semana}} * 52 \frac{\textit{ semanas}}{\textit{ año}}$$

$$P. \textit{ anual} = 60.81 \approx 61 \frac{\textit{ unidades}}{\textit{ año}}$$

### 3.10 Análisis de la distribución

El núcleo de la distribución en la planta y el punto de partida para el plan de gestión de materiales es el análisis del flujo del proceso. La ruta que sigue una parte mientras se desplaza por la planta es esencial para comprender este flujo.

Mediante el análisis del flujo, podemos optimizar la disposición de las instalaciones de manufactura al seleccionar la disposición más eficiente de máquinas, instalaciones, estaciones de manufactura y departamentos. La mejora del flujo del proceso está directamente vinculada al aumento de la rentabilidad. Este flujo puede perfeccionarse al desarrollar categorías o familias de productos o partes (aquellas con etapas de proceso similares) e implementar el concepto de tecnología de grupo. Se puede buscar que cada parte siga una ruta similar y que todas se desplacen de manera automática para mejorar aún más este proceso.

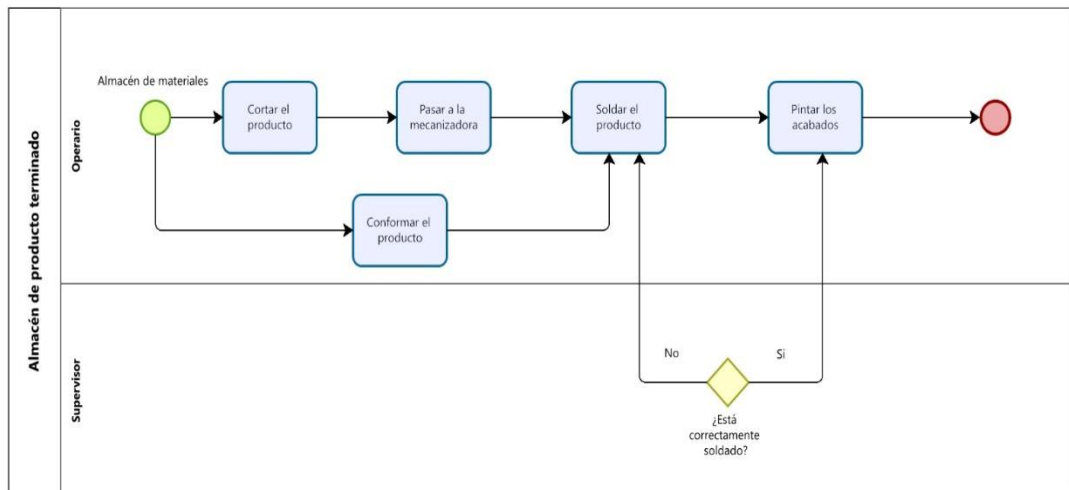


Figura 23. Distribución por proceso

En la lista siguiente se evidencian las ventajas del flujo orientado al producto y se reflexionará en torno a las líneas de ensamblado:

- Hay coordinación simplificada y programación de la producción, primeras llegadas primeras salidas, y nada se hace a un lado (no hay trabajos en proceso).
- Los usuarios y los fabricantes de las partes pueden verse y hablar entre sí, con lo que detectan y resuelven los problemas con más rapidez.
- Hay menos inventario de trabajos en proceso. Un fabricante de artículos para golf tenía seis meses de inventario en proceso cuando tenía una distribución orientada al proceso.
- Esta distribución elimina el manejo excesivo de materiales. Las celdas de manufactura combinan varias máquinas en una distribución en forma de U alrededor de un operador, y una parte se mueve por el círculo hasta que se completa.
- Los problemas de calidad son más fáciles de identificar y corregir porque hay muy pocas partes en el sistema.

### 3.11 Cálculo del requerimiento de espacios

#### 3.11.1 Áreas de producción

Una vez que se han identificado los departamentos que integran la empresa, resulta crucial establecer los espacios necesarios para asegurar un funcionamiento eficaz en su interior. Este proceso implica tener en cuenta elementos clave, tales como:

- Áreas específicas destinadas a la maquinaria
- Espacios designados para el inventario en proceso
- Zonas dedicadas al operador y acceso al equipo
- Pasillos
- Puertas de ingreso y salida
- Servicios Sanitarios

Para determinar la dimensión necesaria de cada estación de trabajo en la zona de producción se utilizó el método de Guerchet, el cual se empleó por su capacidad para abordar específicamente las necesidades de toda la planta, facilita la optimización del diseño y gran adaptación a diversos contextos. Este método simplifica la evaluación del espacio físico requerido para lograr una estimación más precisa de las áreas necesaria en el diseño de las instalaciones. La aplicación de este enfoque tiene como finalidad garantizar la provisión de espacio suficiente para albergar de manera eficaz tanto los equipos como la maquinaria, así como todos los recursos esenciales indispensables para llevar a cabo de manera eficiente el proceso de fabricación del producto.

Tabla 33. Evaluación del espacio físico en el área de mecanizado

Área de mecanizado								
N°	Objeto	Largo (m)	Ancho (m)	Ss ( $m^2$ )	N° de lados	Sg ( $m^2$ )	Se ( $m^2$ )	St ( $m^2$ )
1	Torno Horizontal	3.5	1.3	4.55	2	9.1	27.3	40.95
2	Taladro vertical	0.95	0.55	0.523	1	0.52	2.09	3.135

3	Centro de mecanizado	4	3	12	2	24	72	108
4	Estante de herramientas 1	1.2	0.55	0.66	1	0.66	2.64	3.96

Tabla 32. Evaluación del espacio físico en el área de mecanizado (continuación)

Área de mecanizado								
N°	Objeto	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (m <sup>2</sup> )	N° de lados	Sg (m <sup>2</sup> )	Se (m <sup>2</sup> )	St (m <sup>2</sup> )
5	Estante de herramientas 2	1.2	0.55	0.66	1	0.66	2.64	3.96
6	Estante de material	1.2	0.55	0.66	1	0.66	2.64	3.96
7	Mesa de trabajo 1	2.5	1.3	3.25	1	3.25	13	19.5
<b>TOTAL</b>								183.5

Tabla 34. Evaluación del espacio físico en el área de corte

Área de corte								
N°	Objeto	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (m <sup>2</sup> )	# de lados	Sg (m <sup>2</sup> )	Se (m <sup>2</sup> )	St (m <sup>2</sup> )
1	Plasma de corte	0.8	0.6	0.48	1	0.48	1.92	2.88
2	Sierra de corte horizontal	5	5	25	1	25	100	150
3	Cizalla de corte	4	2	8	1	8	32	48
4	Plegadora	3.3	1.5	4.95	1	4.95	19.8	29.7
5	Cortadora laser	1.5	0.9	1.35	1	1.35	5.4	8.1
6	Estante de herramientas 3	2.4	1.2	2.88	1	2.88	11.52	17.28
7	Estante de herramientas 4	2.4	1.2	2.88	1	2.88	11.52	17.28
8	Estante de tubos 1	5	2.2	11	1	11	44	66
9	Estante de planchas 1	3	1.2	3.6	1	3.6	14.4	21.6
10	Mesa de corte 2	2.5	1.3	3.25	1	3.25	13	19.5
11	Mesa de corte 3	2.5	1.3	3.25	1	3.25	13	19.5
12	Área de material	2	1.5	3	1	3	12	18
13	Puente grúa 1	2.5	0.5	1.25	1	1.25	5	7.5
<b>TOTAL</b>								425.3

Tabla 35. Evaluación del espacio físico en el área de conformado

Área de conformado								
N°	Objeto	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (m <sup>2</sup> )	# de lados	Sg (m <sup>2</sup> )	Se (m <sup>2</sup> )	St (m <sup>2</sup> )
1	Máquina para soldar 1	0.8	0.5	0.4	1	0.4	1.6	2.4
2	Máquina para soldar 2	0.8	0.5	0.4	2	0.8	2.4	3.6
3	Máquina para soldar 3	0.8	0.5	0.4	3	1.2	3.2	4.8
4	Máquina para soldar 4	0.8	0.5	0.4	4	1.6	4	6
5	Estante de herramientas 5	2.4	1.2	2.88	5	14.4	34.56	51.84
6	Estante de herramientas 6	2.4	1.2	2.88	6	17.3	40.32	60.48
7	Mesa de trabajo 3	2.5	1.3	3.25	7	22.8	52	78
8	Mesa de trabajo 4	2.5	1.3	3.25	8	26	58.5	87.75
<b>TOTAL</b>								288.9

Tabla 36. Evaluación del espacio físico en el área de soldadura

Área de soldadura								
N°	Objeto	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (m <sup>2</sup> )	# de lados	Sg (m <sup>2</sup> )	Se (m <sup>2</sup> )	St (m <sup>2</sup> )
1	Máquina para soldar 5	0.8	0.5	0.4	1	0.4	1.6	2.4
2	Máquina para soldar 6	0.8	0.5	0.4	2	0.8	2.4	3.6
3	Máquina para soldar 7	0.8	0.5	0.4	3	1.2	3.2	4.8
4	Máquina para soldar 8	0.8	0.5	0.4	4	1.6	4	6
5	Mesa de trabajo 5	2.5	1.3	3.25	5	16.3	39	58.5
6	Mesa de trabajo 6	2.5	1.3	3.25	6	19.5	45.5	68.25
7	Mesa de trabajo 7	2.5	1.3	3.25	7	22.8	52	78
8	Mesa de trabajo 8	2.5	1.3	3.25	8	26	58.5	87.75
9	Estante de herramientas 5	2.4	1.2	2.88	9	25.9	57.6	86.4
10	Estante de herramientas 6	2.4	1.2	2.88	10	28.8	63.36	95.04
11	Puente grúa 2	2.5	0.5	1.25	11	13.8	30	45
<b>TOTAL</b>								535.7

Tabla 37. Evaluación del espacio físico en el área de pintura y acabados

Área de pintura y acabados								
N°	Objeto	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (m <sup>2</sup> )	# de lados	Sg (m <sup>2</sup> )	Se (m <sup>2</sup> )	St (m <sup>2</sup> )
1	Compresor 1	0.5	0.4	0.2	1	0.2	0.8	1.2
2	Compresor 2	0.5	0.4	0.2	2	0.4	1.2	1.8
3	Mesa de trabajo 8	2.5	1.3	3.25	1	3.25	13	19.5
<b>TOTAL</b>								22.5

### 3.12 Áreas auxiliares

#### 3.12.1 Diseño de oficinas

La distribución de oficinas suele afectar tanto a la productividad como a la calidad de vida laboral. Una oficina produce información, subdividida en papeles, archivos electrónicos, conversaciones personales y telefónicas. Los criterios de distribución de planta en oficinas, aunque difíciles de cuantificar, son la reducción al mínimo costo de comunicación y el incremento al máximo de la productividad de los empleados; por lo que el objetivo consiste en diseñar distribuciones en torno a los flujos de trabajo y los patrones de comunicación.

El concepto de diseño de la oficina personaliza las áreas de trabajo individuales para cumplir con las necesidades de la organización. Esta versión moderna de la oficina proporciona espacios privados donde sea necesario, sin tener un impacto negativo en los costos de instalaciones, mantenimiento y accesibilidad. Preste atención a los detalles del mobiliario:

- Los paneles no alcanzan ni el techo ni el suelo, permitiendo la circulación del aire. Además, estos paneles están acolchados con materiales suaves para reducir el ruido.
- Los gabinetes están integrados en los paneles para optimizar el espacio sobre escritorios y mesas.



- Las mesas están incorporadas en los paneles para ahorrar en costos y espacio.
- Las gavetas debajo de las mesas facilitan el almacenamiento de suministros, similar a un escritorio convencional.
- Las líneas para servicios (eléctricos, computadoras y teléfonos) están integradas en los paneles, lo que proporciona a la oficina un aspecto ordenado y mejora la seguridad.

### **3.12.2 Diseño de cuarto de mantenimiento y herramientas**

El tamaño del cuarto de mantenimiento y herramientas depende de si la administración quiere hacerlo en la empresa o prefiere contratar en el exterior una parte o todos estos trabajos. Un cuarto de herramientas está formado por máquinas y un área de ensamble similar a la de producción. Una vez que la administración determina qué hará la planta, se elabora una lista de maquinaria y cada máquina necesita un diseño de estación de manufactura. El tamaño del cuarto de herramientas es la suma total de todos los requerimientos de espacio por el 200 por ciento. El espacio adicional es para todo, excepto las áreas para almacenar materias primas y herramientas terminadas. Estas áreas se calculan como cualquier otra área de almacenamiento.

### **3.12.3 Diseño de plataformas de recepción y envíos**

Este proceso varía con el producto y el tipo de compañía. Una empresa puede tener miles de productos y un cliente que ordene cientos de ellos. Éstos se reúnen y empacan juntos. El empaque es una caja o parrilla, o incluso un contenedor de carga. Considere una compañía de herramientas de mano. Las órdenes se empacarían en cajas de cartón resistente. El empaque debe incluir la colocación cuidadosa de los artículos individuales, de modo que no se dañen durante el envío. Esto requiere envolver, apilar, proteger, e incluso, usar material diseñado especialmente para que absorba golpes. El peso del contenedor debe ser compatible con la capacidad del cliente para descargar el envío.

### 3.12.4 Criterios para diseño de bodegas

El primer criterio de diseño de bodegas (localizaciones fijas) significa que a cada producto debe asignarse una ubicación fija de modo que la persona encargada de la bodega encuentre el producto con rapidez. La manera más simple de hacer esto es ordenar los productos por número de parte, pero no es la más eficiente. Para incrementar la productividad, los artículos más solicitados deben estar en la ubicación más conveniente.

Para reducir aún más la distancia recorrida con objeto de surtir una orden, el análisis del inventario identificará los artículos más populares y rentables para que se sitúen en los lugares más convenientes. Este análisis se llama análisis ABC de inventarios.

### 3.13 Servicios para empleados

#### 3.13.1 Diseño de estacionamientos

El tamaño del estacionamiento es directamente proporcional al número de empleados. Si la compañía se localizara en el campo y los empleados manejaran para ir a trabajar, habría que prever un lugar de estacionamiento por cada empleado y medio. Si estuviera cerca de la ciudad y el terreno fuera caro, se daría un espacio de estacionamiento por cada dos empleados.

El estacionamiento para oficinas es diferente del de la fábrica porque los espacios para visitantes se incorporan a dicha área. Es apropiada la razón 1:1, y los lugares más cercanos serán para los visitantes, en la Tabla 37 se muestra una relación entre el número de estacionamientos y los trabajadores.

Tabla 38. Diseño de estacionamientos

Número de empleados		Espacio de estacionamiento	Espacios por cada 100 empleados ( $m^2$ )
1.25	a	1	2.3
1.5	a	1	1.9
1.75	a	1	1.6
2	a	1	1.4

Una vez que se determinó el número de estacionamientos y los lugares que tendrá cada uno, hay un número casi ilimitado de diseños. El factor que decide es el tamaño y forma del espacio disponible, pero ayudan las siguientes estadísticas:

Tabla 39. Dimensiones de estacionamientos

<b>Cajones de estacionamiento</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Carros chicos	2.4	4.6
Carros medianos	2.7	5.3
Carros grandes	3	6.1

Se toma en consideración el ancho de 3.4 metros de ancho para el flujo de un carril y 6,7 metros para el flujo de dos carriles.

### **3.13.2 Diseño de vestuarios**

El tamaño de un cuarto de casilleros típico está en proporción directa al número de empleados.

El tamaño del cuarto de casillero se determino, en principio, con la multiplicación del número de empleados por 0.4 metros cuadrados por persona. En el anexo E, se aprecia un ejemplo de distribución para casilleros.

### **3.13.3 Diseño de excusados y sanitarios**

El número de excusados que se necesitan depende de cuántos empleados trabajen en el turno principal. Es posible que el reglamento de construcciones local establezca el número necesario. La cantidad de lavabos es igual al número de excusados. En el anexo F, se aprecia un ejemplo parcial de las normas del reglamento para la construcción de cierta localidad. El tamaño del excusado es de 1.4 metros cuadrados por excusado, lavabo y vestíbulo, y de 0.83 metros cuadrados por mingitorio.

El anexo F brinda una idea del diseño usado en baños.

### **3.13.4 Diseño de comedores**

Para el diseño de la cafetería, se considera el flujo del personal, para que estos puedan suplir sus necesidades alimenticias en un breve periodo de tiempo. Las personas se forman en una fila y reciben su comida conforme recorren estaciones distintas, en un solo sentido. Esto ayuda a minimizar la congestión y agiliza el servicio.

En el anexo G, se aprecia un ejemplo de diseño para comedores en una empresa manufacturera.

### **3.14 Normativas**

Las directrices para la distribución de plantas comprenden conjuntos de normativas o estándares establecidos por entidades gubernamentales, reguladoras o la propia empresa. Estas tienen como propósito orientar y regular la planificación y disposición del espacio físico en instalaciones industriales o de servicios, con el fin de asegurar que dicha distribución cumpla con requisitos específicos relacionados con la seguridad, eficiencia, productividad y el cumplimiento normativo, como se muestra a continuación:

#### **3.14.1 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (Decreto 2393)**

El reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo propuesto en el decreto 2393 establece como objetivo la prevención, disminución o eliminación de riesgos del trabajo y el mejoramiento del ambiente de trabajo.

#### **Art 24.-Pasillos.**

En este apartado se abordan las siguientes consideraciones:

- Los corredores, galerías y pasillos deberán tener un ancho adecuado a su utilización.

- La separación entre máquinas u otros aparatos, será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor cómodamente y sin riesgo, no será menor a 800 milímetros, contándose esta distancia a partir del punto más saliente del recorrido de las partes móviles de cada máquina.
- Cuando existan aparatos con partes móviles que invadan en su desplazamiento una zona de espacios libre, la circulación del personal quedará limitada preferentemente por protecciones y en su defecto, señalizada con franjas pintadas en el suelo, que delimiten el lugar por donde debe transitarse.
- Los pasillos, galerías y corredores se mantendrán en todo momento libre de obstáculos y objetos almacenados.

**Art. 23.- Suelos, techos y paredes.**

- Los requerimientos que expone el apartado son:
- El pavimento constituirá un conjunto homogéneo, liso y continuo. Será de material consistente, no deslizante y fácil de limpieza.
- Los techos y tumbados deberán reunir las condiciones suficientes para resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo.
- Las paredes serán lisas, pintadas en to´{,+}.
- -4 claros y susceptibles de ser lavadas y desinfectadas.

**Art 33. Puertas y salidas.**

- Se exponen las siguientes consideraciones:
- Las salidas y puertas exteriores de los centros de trabajo, cuyo acceso será visible o debidamente señalizado, serán suficientes en número y anchura, para que todos los trabajadores ocupados en los mismos puedan abandonarlos con rapidez y seguridad.
- En los accesos a las puertas, no se permitirán obstáculos que interfieran la salida normal de los trabajadores.

- El ancho mínimo de las puertas exteriores será de 1,20 metros cuando el número de trabajadores que las utilicen normalmente no exceda de 200.
- Se procurará que las puertas abran hacia el exterior

#### **Art 42.- Excusados y urinarios**

Referente a la delimitación de áreas para servicios higiénicos se exponen los siguientes términos:

- Estarán provistos permanentemente de papel higiénico y de recipientes especiales y cerrados para depósito de desechos.
- Cuando los excusados comuniquen con los lugares de trabajo estarán completamente cerrados y tendrán ventilación al exterior, natural o forzada.
- Las dimensiones mínimas de las cabinas serán de 1 metro de ancho por 1,20 metros de largo y de 2,30 metros de altura.
- Las puertas impedirán totalmente la visibilidad desde el exterior y estarán provistas de cierre interior y de un colgador.
- Se mantendrán con las debidas condiciones de limpieza, desinfección y desodorización

#### **3.14.2 Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios**

##### **Art. 1.- Ámbito de aplicación**

Las disposiciones del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, serán aplicadas en todo el territorio nacional, para los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, en edificaciones a construirse, así como la modificación, ampliación, remodelación de las ya existentes, sean públicas, privadas o mixtas, y que su actividad sea de comercio, prestación de servicios, educativas, hospitalarias, alojamiento, concentración de público, industrias, transportes, almacenamiento y expendio de combustibles, explosivos, manejo de productos químicos peligrosos y de toda actividad que represente riesgo de siniestro.

- **Salidas de escape**

**Art. 16.-** En toda edificación se debe proveer salidas apropiadas teniendo en cuenta el número de personas expuestas, los medios disponibles de protección contra el fuego, la altura y tipo de edificación para asegurar convenientemente la evacuación segura de todos sus ocupantes.

**Art. 17.-** Para facilitar la libre evacuación de personas en caso de incidentes, las puertas deben cumplir con las condiciones estipuladas en las NORMAS INEN, 747, 748, 749, 754, 805, 806, 1473 y 1474.

- a. Las puertas que se ubican en las vías de evacuación se deben abrir en el sentido de salida al exterior.
- b. Toda puerta ubicada en la vía de evacuación debe tener un ancho mínimo de ochenta y seis centímetros (0.86 m) y una altura nominal mínima de dos puntos diez metros (2.10 m) dependiendo del número de ocupantes y la altura de la edificación.

### **3.15 Planeación Sistemática de la Distribución (SLP)**

La ejecución de la presente investigación se fundamenta en la aplicación de la metodología SLP, con el propósito primordial de concebir el diseño óptimo para la distribución de las áreas de producción y complementarias dentro de la empresa SOLUTIONS. En este contexto, se lleva a cabo un examen minucioso de diversas alternativas con el objetivo de potenciar la eficiencia global de la planta.






En el despliegue de la metodología SLP, se considera exhaustivamente el análisis efectuado sobre la disposición de las instalaciones, así como las actividades que se desarrollan en su interior. Además, se examinan detalladamente los factores que pueden incidir en el desempeño habitual de las tareas del personal. Para abordar este análisis integral, es imperativo tener en cuenta la función específica de cada departamento al definir las relaciones de proximidad entre ellos, lo que incluye consideraciones sobre las razones subyacentes a estas relaciones. Este enfoque integral se erige como un pilar esencial para la formulación de recomendaciones concretas

destinadas a mejorar la eficiencia operativa y la interconexión sinérgica de las distintas áreas en la planta.

### 3.16 Diagrama de relaciones

La determinación de las relaciones y justificaciones de proximidad se deja a discreción de la empresa, tomando en consideración las funciones específicas de cada departamento. El jefe de Producción, dada su amplia comprensión de la empresa, proporcionó las relaciones de cercanía, las cuales fueron documentadas en una hoja de trabajo de relación de actividades. A partir de esta información, se elaboró el Diagrama de Relaciones como se muestra en la Tabla 39.

Tabla 40. Descripción de relación de cercanía entre áreas

Letra	Color	Proximidad	Número de líneas	
<b>A</b>	Rojo	Absolutamente necesario	4 rectas	
<b>E</b>	Naranja	Especialmente importante	3 rectas	
<b>I</b>	verde	Importante	2 rectas	
<b>O</b>	Azul	Ordinaria	1 recta	
<b>X</b>	Pardo	No deseable	1 zigzag	
<b>U</b>	-----	Sin importancia	-----	

A continuación, en la Tabla 40 se describen los códigos con su respectiva justificación en cuanto a la cercanía entre áreas que se pretende manejar en el proceso, siendo importante analizar áreas que necesariamente necesitan estar cerca, u otras que no deberían tener a proximidad.



Tabla 41. Razón de cercanía entre áreas

Código	Razón
1	Necesidad de cercanía de personal
2	Flujo del proceso
3	Necesidad de supervisión
4	Movimiento de equipo y maquinaria
5	Contaminación
6	Conveniencia

Se entiende como razón de cercanía a la contaminación de todo tipo como es la: auditiva, visual, química y biológica. Al igual que a la conveniencia como la razón expresa por el Gerente propietario para que dichos departamentos no se encuentren próximos como se explica en la Tabla 40.

En la Figura 24 se observa la relación existente entre las áreas mediante el diagrama de relaciones para entender cual es la importancia que tiene cada una de las áreas en base a la relación de cercanía.

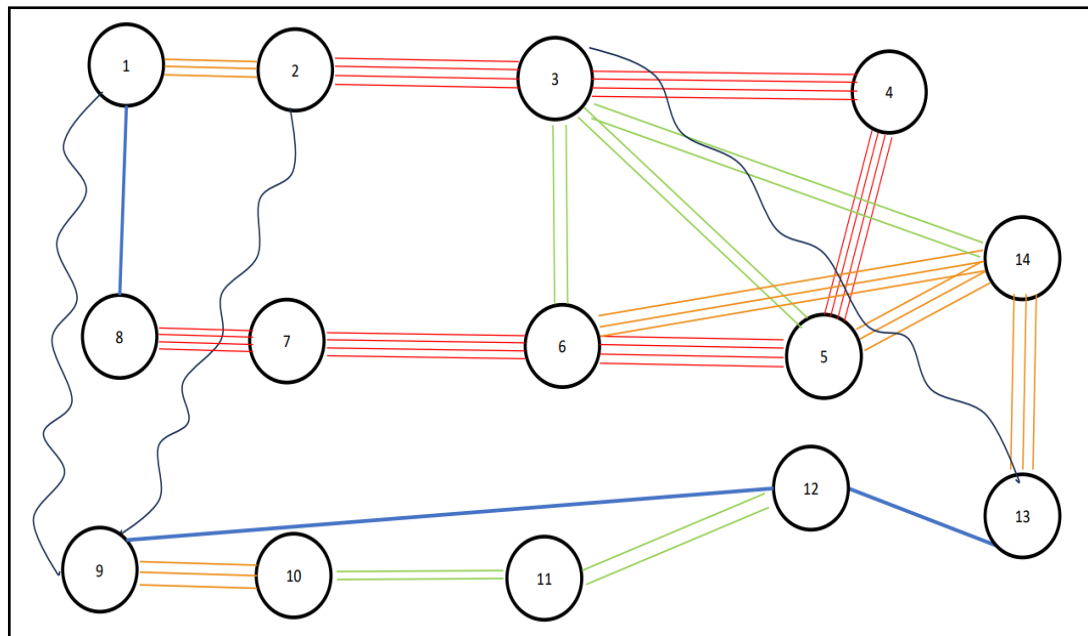


Figura 24. Diagrama de relaciones

Con el propósito de llevar a cabo el análisis SLP, se han identificado y definido 14 áreas esenciales para la ejecución de las actividades en la empresa, las cuales se aprecian en la Figura 25.

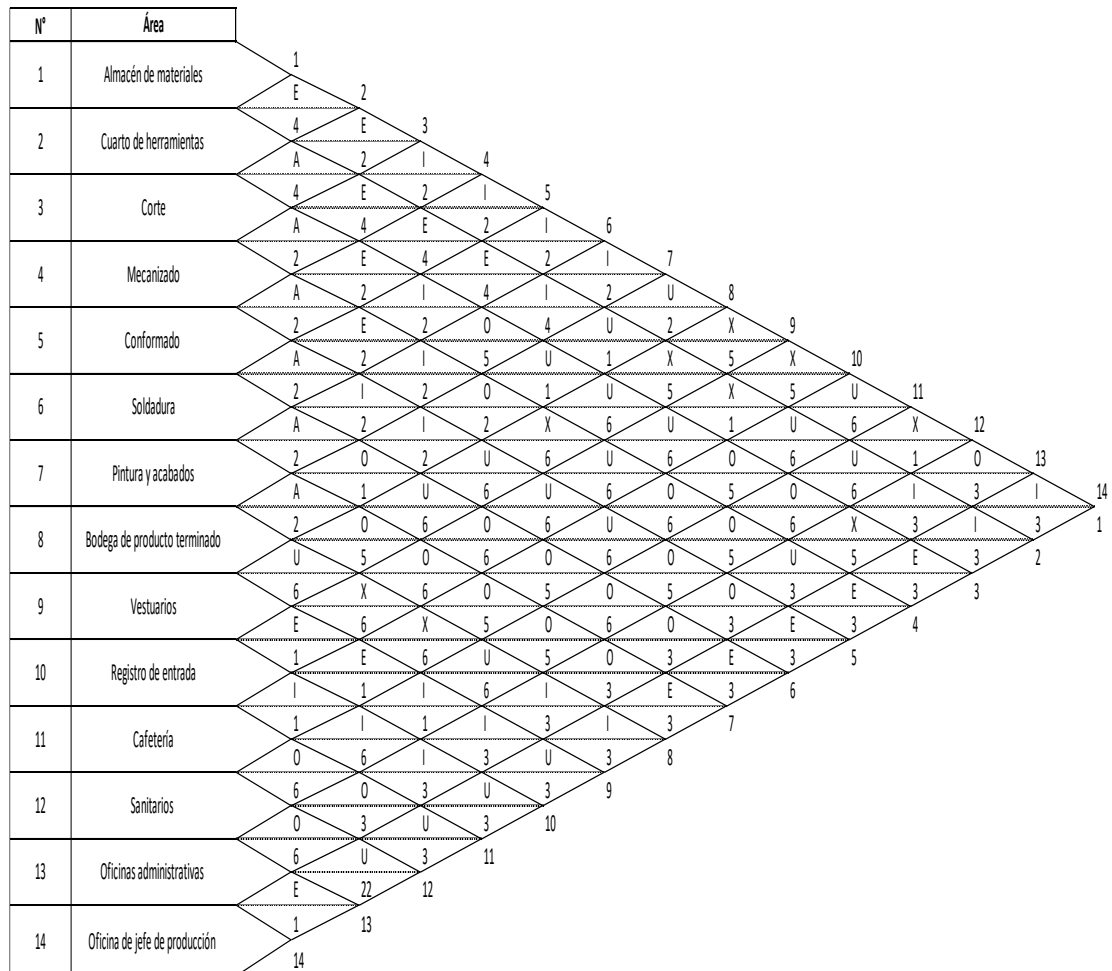


Figura 25. Tabla de relación de actividades

En la aplicación de la metodología SLP, se realiza el análisis de todas las áreas con las que cuenta la empresa, ya que su ubicación incide en la futura disposición de estas. De igual manera, se toma en consideración las observaciones y recomendaciones proporcionadas por el gerente de la empresa en cuanto a la disposición de los departamentos o la afinidad que estas llegarían a tener por intereses propios de la empresa.

### 3.17 Resumen de relacion de actividades

En la Tabla 41, se muestra de forma concisa la relacion que existe entre cada

departamento, para tener una idea mas clara de la relacion de cercania y la razon que se le asigna a cada uno de las areas.

Tabla 42. Resumen de relación de actividades

N°	Departamento	A	E	I	O	X
1	Almacén de materiales	***	1,2	3,4,5,6,14	12	8,9,11
2	Cuarto de herramientas	1,3	3,4,5	6,12,13	6,10,11,12	8,9
3	Corte	2,4	1,4,14	5	6,10,11,12	***
4	Mecanizado	3,5	2,5,14	1,6	7,10	8
5	Conformado	4,6	2,3,14	1,6,7	11,12	***
6	Soldadura	7,5	2,4,14	1,3	7,9,10,11	**
7	Pintura y acabados	6,8	14	1,2,4,5	3,8,9,10,11,12	10,11,12
8	Bodega de producto terminado	7	***	5,13,14	4,6	10,11,12
9	Vestuarios	***	7,9,10	11,12	7	1,2,4
10	Registro de entrada	***	9	10,11,12	6,7	1,2,8
11	Cafetería	***	9	10	3,4,6,12,13	8
12	Sanitarios	***	***	9,10	3,4,5,6,7,11,12	1
13	Oficinas administrativas	***	14	2,8,9,10	1,3,5,6,7,11,12	3
14	Oficina de jefe de producción	***	3,4,5,6,7,13	1,2,8	***	***

En este caso no se considera la relación de cercanía “U” por su bajo impacto en el análisis de sistemático de la distribución (SLP).

### 3.18 Diagrama adimensional de bloques

Utilizando la información derivada de la Tabla 41, correspondiente al diagrama de relaciones, se realiza una tabulación considerando las relaciones de proximidad (A, E, I, O, U, X) que cada departamento requiere con respecto a los demás. Seguidamente, se procedió a la elaboración del diagrama de bloques, una herramienta visual que resulta esencial para la concepción de los planos propuestos.

En el diagrama de bloques, se asigna el nombre y número correspondiente a cada departamento. De acuerdo con la información del diagrama de relaciones, los departamentos se agrupan en cada esquina del bloque según las relaciones de proximidad. A pesar de identificar los departamentos principalmente por números, se incluye el nombre para facilitar una comprensión más completa. Debajo del nombre,

se especifican los departamentos que, por diversas razones, no se aconseja que estén cercanos, principalmente por consideraciones de seguridad para los trabajadores.

Una vez finalizada la elaboración de cada bloque, se disponen los departamentos de manera adyacente, siguiendo un orden alfabético (A, E, I, O) y teniendo en cuenta aquellos que no pueden presentar adyacencias, marcados con la indicación "X". Este diagrama resalta principalmente los requisitos de proximidad. Tras ajustar los bloques según las necesidades de cercanía, se traza una línea que simboliza el recorrido del proceso productivo como se observa en la Figura 26.

	1,2	1,3	3,4,5	2,4	1,4,14	3,5	2,5,14
<b>1</b> Almacén de materiales 8,9,11		<b>2</b> Cuarto de herramientas 8,9		<b>3</b> Corte ***		<b>4</b> Mecanizado 8	
3,4,5,6,14	12	6,12,13	***	5	6,10,11,12	1,6	7,10
7	***	6,8	14	7,5	2,4,14	4,6	2,3,14
<b>8</b> Bodega de producto terminado 10,11,12		<b>7</b> Pintura y acabados 10,11,12		<b>6</b> Soldadura **		<b>5</b> Conformado ***	
5,13,14	4,6	1,2,4,5	3,8,9,10,11	1,3	7,9,10,11	1,6,7	11,12
***	7,9,10	***	9	***	9	***	***
<b>9</b> Vestuarios 1,2,4		<b>10</b> Registro de entrada 1,2,8		<b>11</b> Cafeteria 8		<b>12</b> Sanitarios 1	
11,12	7	10,11,12	6,7	10	3,4,6,12,13	9,10	3,4,5,6,7,11,12
				***	3,4,5,6,7,13	***	14
				<b>14</b> Oficina de jefe de producción ***		<b>13</b> Oficinas administrativas 3	
				1,2,8	***	2,8,9,10	1,3,5,6,7,11,12

Figura 26. Diagrama adimensional de bloques

### 3.19 Alternativas de distribución

Con los datos obtenidos mediante el análisis SLP, se procede a sugerir dos tipos de distribución, de las cuales se optará por aquella que se adapte de mejor manera al proceso productivo y brinde mayor rédito a la empresa.

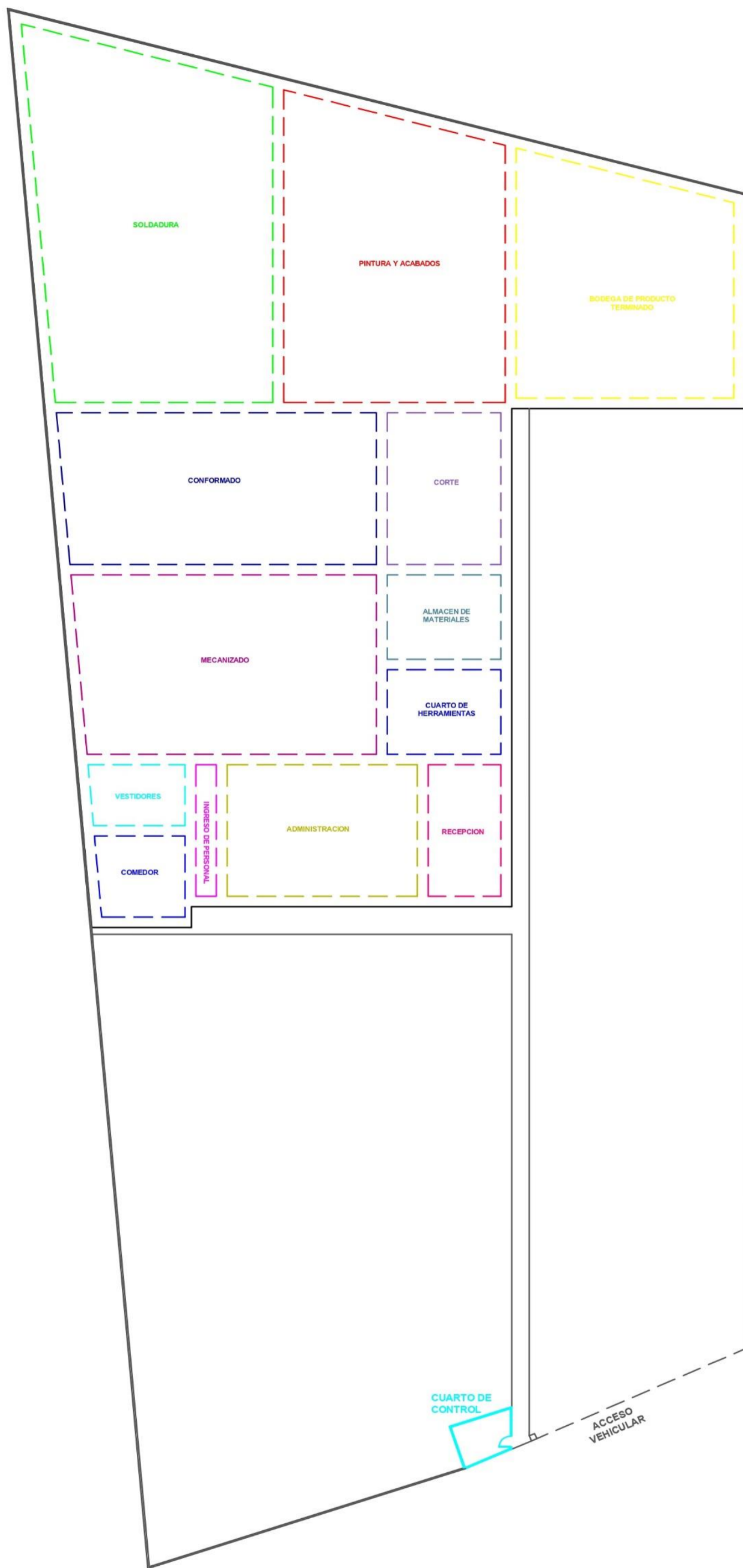


Figura 27. Alternativa 1

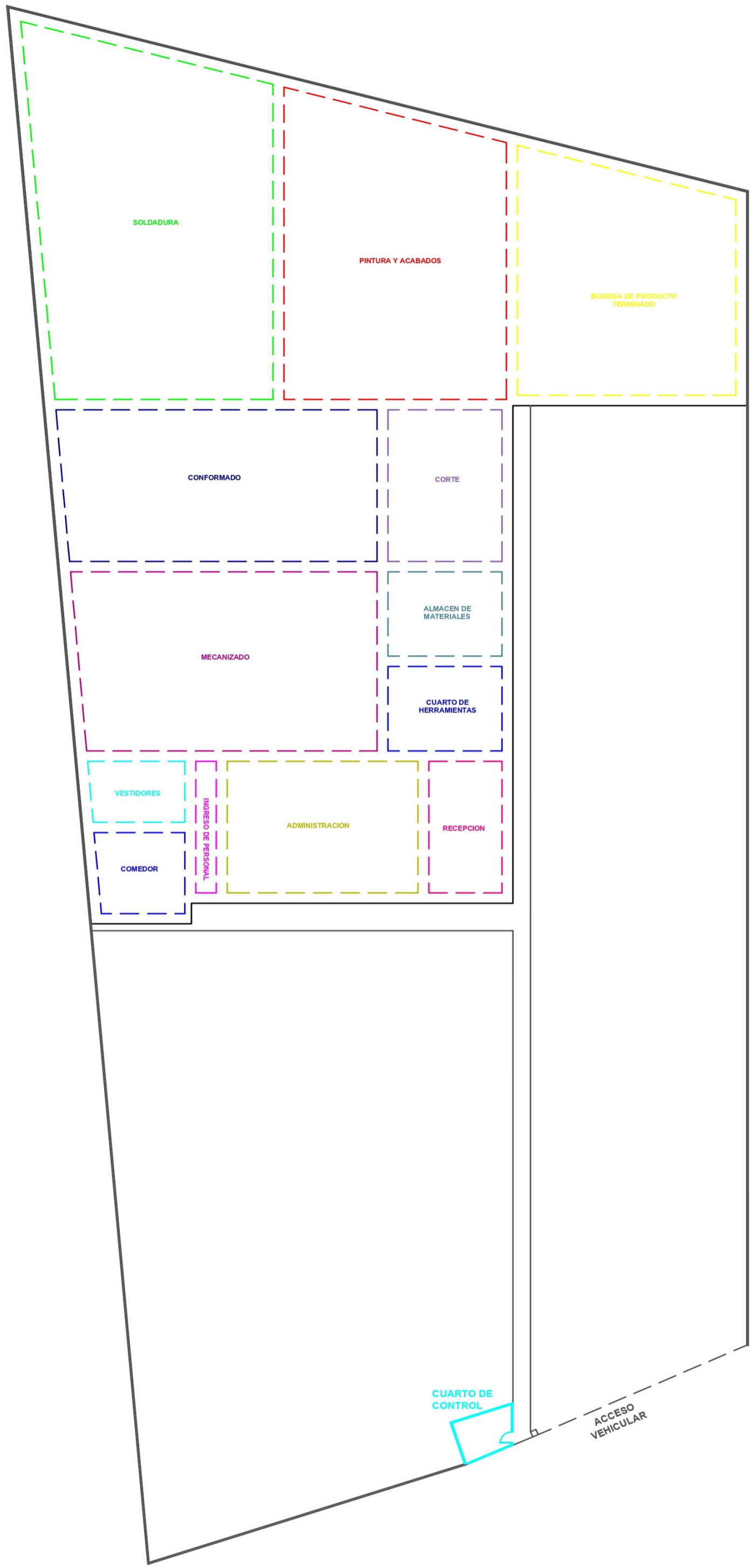


Figura 28. Alternativa 2

La selección de la distribución más eficiente, se abordarán mediante el análisis de carga-distancia, el cual tiene como objetivo evaluar y escoger la alternativa óptima, considerando la menor distancia total recorrida y el menor costos por acarreo de materiales.

### 3.19.1 Análisis carga-distancia

Para realizar el análisis en la empresa SOLUTIONS, en una primera instancia se evalúa la ruta que sigue el personal durante el proceso productivo. A continuación, se presentan las dos alternativas de disposición física: la Figura 29 detalla la primera opción.

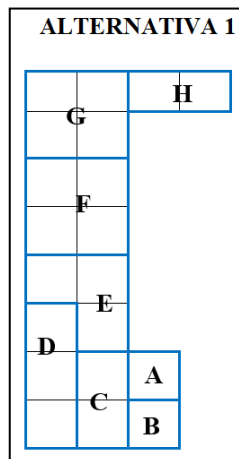


Figura 29. Evaluación de ruta del proceso productivo – Disposición N° 1

De igual manera, en la Figura 30 se describe la segunda alternativa, se usaron las áreas descritas en el análisis SLP que se detallan en la Figura 25.

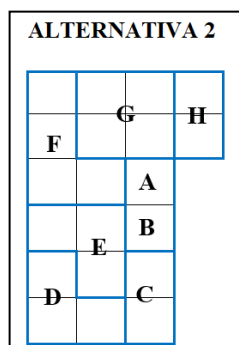


Figura 30. Evaluación de ruta del proceso productivo – Disposición N° 2



En el análisis de carga-distancia, no se consideran las áreas complementarias, ni las administrativas; debido a su poco impacto en las actividades productivas de la empresa, ya que el análisis se enfoca en el flujo del proceso el cual inicia desde la adquisición de la materia prima (A) y finaliza en el almacenamiento de producto terminado (H).

Se analiza la distancia recorrida entre los departamentos mediante la distancia rectilínea que existe entre cada uno de ellos y con una angulación de 90 grados, tomando como referencia el centro del área para enfocar los cálculos a una situación más realista.

En la Tabla 42 se muestran las distancias que existen en metros entre cada uno de los departamentos.

Tabla 43 Distancia recorrida entre áreas

<b>Distancia entre áreas (m)</b>		
<b>Movimientos de piezas entre departamentos</b>	<b>Disposición física</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
A-B	5.7	6.18
B-C	9.18	9.71
C-D	10.03	14.89
D-E	13.66	12.77
E-F	15.54	18.31
F-G	21.47	16.23
G-H	22.29	16.28

- **Análisis de distancia**

Utilizando las distancias anteriormente y siguiendo la secuencia de proceso para cada una de las piezas o partes que conforman la banda transportadora, se realiza el cálculo de la distancia recorrida en metros para cada una de las alternativas.

Tabla 43 Análisis de distancia para cada disposición

Producto	Piezas/Partes	Secuencia del proceso	Distancia recorrida (m)		Cant. anual	# de partes	Total de partes	Distancia recorrida por año (m)	
			Disp. 1	Disp. 2				Disp. 1	Disp. 2
Banda transportadora	Rodillos	A-B-C-D	24.91	30.78	61	2	122	3039.02	3755.16
	Platinas	A-C-E-F-G	64.39	70.63	61	10	610	39277.9	43084.3
	Eje motriz	A-C-D	19.16	30.78	61	2	122	2337.52	3755.16
	Bocines	A-C-D-E	41.04	48.86	61	4	244	10013.76	11921.84
	Tablero eléctrico	A-C-E	27.38	36.09	61	1	61	1670.18	2201.49
	Banda transportadora	C-D-E-F-G-H	82.99	78.48	61	1	61	5062.39	4787.28
<b>TOTAL</b>								<b>61400.77</b>	<b>69505.23</b>

Como se puede evidenciar en la Tabla 44, la disposición 1 es la más adecuada, ya que representa un recorrido menor en comparación de la disposición 2, con una disminución de 8104.46 metros recorridos en el lapso de un año.

▪ **Análisis de carga**

El propósito de esta parte es obtener el gasto que representaría cada una de las distribuciones en función del costo que representan acarrar materiales en cada una de las actividades pertenecientes a la fabricación de bandas transportadoras. Con los datos obtenidos en la Tabla 43, procedemos a calcular el costo de manejo de inventario mediante la Ecuación (7).

$$\text{Costo por disposicion} = \text{Distancia recorrida}(m) * \left( \frac{\text{costo}}{\text{material}} \right) \quad (7)$$

**Costo de manejo de material**

Se determino el coste asociado al desplazamiento del material en proceso, considerando el salario del operario. En esta evaluación, se toman en como referencia el salario básico de un trabajador, conforme a la ley vigente del Ecuador correspondiente a 460\$ por mes, 8 horas de trabajo, 6 días a la semana. También se

toma en cuentan los beneficios de ley que tiene cada trabajador para sacar el valor total.

▪ Salario acordado	\$460.00
▪ Aporte al IEES	\$43.47
▪ Aporte a fondos de reserva	\$38.32
▪ Décimo tercero	\$38.33
▪ Décimo cuarto	\$38.33
▪ TOTAL	\$618.45

A continuación, se calcula el número de horas que trabaja un operario en un mes.

$$\mathbf{horas\ al\ mes} = 8 \frac{horas}{días} * 22 \frac{días}{mes}$$

$$\mathbf{horas\ al\ mes} = 176 \frac{horas}{mes}$$

Con el valor obtenido, se procede a calcular el costo que representa cada trabajador por cada hora de trabajo con la Ecuación (6).

$$\mathbf{Costo\ por\ trabajador} = \frac{Sueldo\ mensual}{horas\ de\ trabajo\ al\ mes} \quad (6)$$

$$\mathbf{Costo\ por\ trabajador} = \frac{618.45 \frac{\$}{mes}}{176 \frac{horas}{mes}}$$

$$\mathbf{Costo\ por\ trabajador} = 3.51 \frac{\$}{hora}$$

Posteriormente, se calcula el costo de mover material, mediante el uso de la Ecuación (7), como se muestra a continuación:

$$\mathbf{Costo\ de\ mover\ material} = costo\ por\ trabajador \left( \frac{\$}{hora} \right) * \left( \frac{tiempo}{material} \right) \quad (7)$$

En la Tabla 44 se muestra los costos por mover material para cada una de las partes que conforman la banda transportadora.

Tabla 44 Costo de acarreo de manejo de material

Producto	Piezas/Partes	Costo de trabajador por hora	Tiempo/material (horas)	Costo de manejo de material (\$)
Banda transportadora	Rodillos	\$ 3.51	0.18	\$ 0.63
	Platinas	\$ 3.51	0.09	\$ 0.33
	Eje motriz	\$ 3.51	0.12	\$ 0.41
	Bocines	\$ 3.51	0.05	\$ 0.16
	Tablero eléctrico	\$ 3.51	0.16	\$ 0.56
	Banda transportadora	\$ 3.51	1.55	\$ 5.45

Como se observa en la Tabla 43, el proceso de fabricación de la banda transportadora es aquel que mayor costo representa, debido a la trayectoria que esta tiene en el proceso y la gran cantidad de recursos que emplea esta actividad.

Tabla 44 Análisis de costo por acarreo de materiales para cada disposición

Distancia recorrida por año (m)		Costo de manejo de material (\$)	Costo (\$)	
Disposición 1	Disposición 2		Disposición 1	Disposición 2
3039.02	3755.16	\$ 0.63	\$ 1,928.06	\$ 2,382.41
39277.9	43084.3	\$ 0.33	\$ 12,879.10	\$ 14,127.21
2337.52	3755.16	\$ 0.41	\$ 958.57	\$ 1,539.92
10013.76	11921.84	\$ 0.16	\$ 1,582.00	\$ 1,883.45
1670.18	2201.49	\$ 0.56	\$ 934.62	\$ 1,231.94
5062.39	4787.28	\$ 5.45	\$ 27,576.54	\$ 26,077.92
61400.77	69505.23	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 45,858.90</b>	\$ 47,242.84

Con los resultados obtenidos de cada alternativa planteada en la Tabla 45, se aprecia que la disposición 1 representa un costo menor en el transcurso de un año por acarreo de materiales con un valor de \$1,383.94 menos que la segunda opción.

Una vez realizado el análisis de carga-distancia, se opta por la primera alternativa de distribución, fundamentándose en el ahorro que representa esta para la empresa en cuanto a distancia corrida y costo por acarreo de materiales.

### 3.20 Planos de la empresa

A continuación, se presenta el plano correspondiente a la propuesta ganadora con las delimitaciones de las áreas productivas, administrativas y complementarias.



### 3.21 Análisis de costos de la propuesta

A partir de la propuesta de distribución para las nuevas instalaciones de la empresa SOLUTIONS, se procedió a detallar el plan de trabajo correspondiente a la implementación del proyecto mediante la asesoría técnica de ingenieros, técnicos y expertos en el área de construcción. En dicho documento, se detallan todas las actividades necesarias. Luego, se efectúa una evaluación económica que abarca la creación del presupuesto necesario para la ejecución del proyecto. En la elaboración del documento, se consideran 5 etapas como se muestra a continuación:

En una primera etapa, se llevan a cabo las actividades preliminares, que incluyen el adecuamiento del terreno. Para ello es necesario el uso de maquinaria pesada y trabajadores, para obtener una superficie que sea adecuada en la posterior construcción. Para esta actividad, se ha establecido el siguiente presupuesto:

Tabla 45. Análisis de costos de la propuesta - actividades preliminares

<b>Actividades preliminares</b>		
<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>
Estudios de terreno	1	\$ 3,150.00
Trabajadores	2	\$ 360.00
Maquinaria pesada	2	\$ 720.00
<b>Total</b>		\$ 4,230.00

En la segunda parte, se consideran gastos para la infraestructura de la empresa, en la cual se estiman valores de diseño de instalaciones, gastos de materiales, trabajadores y alquiler de maquinaria pesada.

Tabla 46. Análisis de costos de la propuesta – construcción

<b>Construcción</b>		
<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>
Diseño de planos	1	\$ 5,100.00
Material de construcción	1	\$ 420,000.00
Maquinaria pesada	1	\$ 21,000.00
Trabajadores	10	\$ 42,000.00
<b>Total</b>		\$ 288,100.00

Para la tercera etapa, al establecer la posición de la maquinaria, es necesario realizar adecuaciones en la red eléctrica en el lugar de producción y áreas complementarias con el fin de instalar nuevas conexiones que permitan su funcionamiento, para lo cual se tuvieron en cuenta los siguientes recursos:

Tabla 47. Análisis de costos de la propuesta - adecuación de instalaciones eléctricas

<b>Adecuación de instalaciones Eléctricas</b>		
<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>
Técnico en eléctrico	1	\$ 656.00
Ayudante	1	\$ 648.00
Tablero de distribución	1	\$ 600.00
Toma de corriente 110v	20	\$ 46.00
Toma corriente 220v	20	\$ 750.00
Protecciones para tomacorriente	40	\$ 150.00
Enchufes	40	\$ 60.00
iluminación	40	\$ 80.00
Interruptores	40	\$ 4,800.00
Rollo de cable eléctrico 110v	1	\$ 120.00
Rollo de cable eléctrico 220v	1	\$ 930.00
<b>Total</b>		\$ 8,840.00

En la cuarta etapa, se inicia el procedimiento de pintura integral, cubriendo tanto la zona de producción como el área administrativa y complementarias. Además, se tiene previsto llevar a cabo la marcación según los planos propuestos. Se desarrolla un presupuesto específico para llevar a cabo esta actividad.

Tabla 48. Análisis de costos de la propuesta - acabados

<b>Acabados</b>		
<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>
Pintor de obra	1	\$ 1,312.00
Ayudante	1	\$ 648.00
Alquiler de andamios	1	\$ 200.00
Galón de pintura para interior	20	\$ 364.20
Galón de pintura para exterior	20	\$ 470.00
Galón de pintura para piso	20	\$ 640.00
Cinta de marcación x 33 metros	10	\$ 25.00
Saco de empaste	50	\$ 625.00
Brochas	10	\$ 35.00
Rodillos	10	\$ 35.00
Materiales varios	1	\$ 400.00
<b>Total</b>		\$ 4,754.20

En la quinta etapa y para finalizar, se debe realizar el montaje total del área de producción. En este se especifica la compra de los equipos y maquinarias con los cuales la empresa aun no cuenta y son indispensables para llevar a cabo sus actividades. Para estas consideraciones es necesario el uso los siguientes recursos:

Tabla 49. Análisis de costos de la propuesta – montaje y adquisición de equipos

<b>Adquisición de equipos y montaje</b>		
<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>
Cortadora laser	1	\$ 32,000.00
Cizalla hidráulica	1	\$ 18,500.00
Plegadora	1	\$ 15,500.00
Puente grúa	1	\$ 5,500.00
Montacarga	1	\$ 18,000.00
Alquiler de camión grúa	1	\$ 1,500.00
Estantería para materia prima	4	\$ 4,000.00
<b>Total</b>		\$ 95,000.00

Al finalizar el análisis de costos que conllevaría la implementación de la propuesta de distribución seleccionada, se realiza un resumen de los gastos correspondiente a las 5 etapas que se consideran en el proyecto.

Tabla 50. Resumen de costos

<b>Resumen de costos</b>	
Actividades preliminares	\$ 4,230.00
Construcción	\$ 288,100.00
Adecuación de instalaciones Eléctricas	\$ 8,840.00
Acabados	\$ 4,754.20
Adquisición de equipos y montaje	\$ 4,754.20
<b>Total</b>	\$ 400,924.20

Para analizar las posibles implicaciones y tomar decisiones sobre la inversión en la alternativa seleccionada, es imperativo realizar estudios que permitan anticipar las estimaciones de la viabilidad de la inversión. La aplicación de los criterios de evaluación de inversión, tales como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI), se erige como un conjunto de herramientas de evaluación que facilitan la toma de decisiones con respecto a la participación o no el proyecto para implementar la propuesta.



- Inversión inicial \$ 400,924.20
- Rentabilidad esperada para el proyecto 15%
- Inflación 2,5%

Tabla 51 Resumen - flujo de efectivo

Resumen	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		\$ 246,883.22	\$ 250,586.47	\$ 254,345.27	\$ 258,160.44	\$ 262,032.85
Egresos	\$ -400,924.20	\$ 125,200.00	\$ 126,890.20	\$ 128,603.22.50	\$ 130,339.36	\$ 132,098.94
Flujo de activo neto	\$ -400,924.20	\$ 121,683.22	\$ 123,696.27	\$ 125,742.05	\$ 127,821.08	\$ 129,933.91

### 3.21.1 Cálculo de la Tasa de Descuento (TMAR)

La evaluación de la tasa de descuento requiere tener en cuenta la rentabilidad esperada para el proyecto y la tasa de inflación establecidas anteriormente. Se presenta la Ecuación (8) pertinente para realizar dicho cálculo.

$$TMAR = i + f (i * f) \quad (8)$$

Donde:

**i** = rentabilidad del proyecto

**f** = Inflación Anual

Datos:	$TMAR = 0,15 + 0,025 + (0,15 \times 0,025)$
$i = 0,15\%$	$TMAR = (0,17875)$
$f = 2,5\%$	$TMAR = 17,88\%$

Fundamentalmente, la empresa aspira a lograr un rendimiento mínimo 15% a futuro. Al emplear una tasa de descuento y considerar la inflación en el Ecuador correspondiente al 2,5% según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se consigue un rendimiento del 17,88%, que supera las expectativas iniciales. En otras palabras, esto resulta ser atractivo para el inversionista.

### 3.21.2 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Para llevar a cabo los procesos necesarios, resulta crucial contar con los datos relativos al Flujo Neto de Caja. Para calcular el VAN se empleó la Ecuación (9) en concordancia con el cálculo deseado.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - FE_0 \quad (9)$$

En donde:

$VAN =$  Valor Actual Neto

$CF_t =$  Flujo de efectivo neto en el periodo  $t$

$k =$  tasa de descuento

$n =$  numero total de periodos

Posteriormente, se recoge la información de los flujos netos proyectados durante los 5 años de ejecución del proyecto, tal como se detalla en la tabla 51.

$$VAN = \$7,323.69$$

En base al dato obtenido, se deduce que la aprobación del proyecto se da cuando el VAN es mayor a 0. Al emplear la fórmula correspondiente, en este caso, se obtiene un VAN positivo de \$7,323.69, lo que respalda la viabilidad del proyecto como aprecia en el anexo Q correspondiente a la hoja de cálculo en el software Excel.

### 3.21.3 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se obtiene la nueva Tasa Interna de Retorno (TIR) con el fin de identificar la tasa que igualará el Valor Actual Neto a cero. Considerando que esta tasa reemplazará a la TMAR, se toman en cuenta los flujos proyectados durante los 5 años de vida útil del proyecto, como se muestra en la Ecuación (10).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FE_t}{(1 + TIR)^t} - FE_0 = 0 \quad (10)$$

A través de cálculos matemáticos, se establece que la Tasa Interna de Retorno a aplicar es del 18.32%. Posteriormente, se procedió a realizar los cálculos respectivos, lo que permitirá evaluar la atractividad del proyecto de inversión para el inversionista. Se pudo observar que la tasa aplicada es del 18.32%. En este punto, se alcanza la recuperación de la inversión, dado que el Valor Actual Neto se iguala a cero, como evidencia en el anexo Q correspondiente a la hoja de cálculo en el software Excel.

### 3.21.4 Cálculo del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

El analizar este parámetro, resulta crucial considerar el método descontado ya que es el más fiable. A continuación, se implementa la fórmula correspondiente que permitirá calcular el tiempo en el cual se recuperaría el dinero invertido utilizando los datos de la Tabla 52.

Tabla 52 Calculo del PRI - método descontado

Método descontado	Tipo	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Flujo de caja normal	-\$400,924.20	\$121,683.22	\$123,696.27	\$125,742.05	\$127,821.08	\$129,933.91
	Flujo de caja descontado	-\$400,924.20	\$87,576.44	\$89,025.25	\$90,497.61	\$91,993.91	\$93,514.53
	Flujo de Caja acumulado		\$87,576.44	\$176,601.69	\$267,099.30	\$359,093.21	\$452,607.74

La Ecuación (11) permite encontrar el PRI para la implementación de la propuesta de distribución.

$$PR = \left\{ \begin{array}{l} N^{\circ} \text{ de años antes de} \\ \text{recuperar la} \\ \text{inversión inicial} \end{array} \right\} + \left\{ \frac{\text{Cantidad de la inversión inicial no recuperada al inicio del año de recuperación}}{\text{Flujo total de efectivo obtenido durante el año de recuperación}} \right\} \quad (11)$$

$$PR = 5 + \left\{ \frac{\$ 93,514.53}{\$ 359,093.21} \right\}$$

$$PR = 5.3 \text{ años}$$

Debido a que este cálculo excede la inversión que se necesita, se realiza una regla de tres con el valor de la inversión inicial con el fin de obtener el valor real, como se muestra a continuación.

$$PR = \frac{\$ 400,924.20 * 5.3}{\$ 452,607.74}$$

$$PR = 4.7 \text{ años}$$

Mediante la aplicación del método descontado, en la Tabla 51, se determinó que mediante este enfoque la recuperación de la inversión demanda un período de 4 años, 8 meses y 12 días.

### 3.21.5 Resumen de indicadores

A continuación, se observa de manera concisa los resultados obtenidos durante la evaluación del proyecto de inversión.

Tabla 53 Resumen de indicadores.

<b>Resumen de evaluación del Proyecto</b>	
<b>Tiempo (años)</b>	5
<b>VAN</b>	\$7,323.69
<b>TIR</b>	18.32%
<b>ROI</b>	18.55%
<b>TRI (años)</b>	4.7
<b>Decisión</b>	Si es viable

Según se detalla en la tabla 52, el proyecto se muestra rentable. Esto se evidencia al calcular un Valor Actual Neto de \$1,054.59, indicando su aceptabilidad y su capacidad para cubrir futuras obligaciones. Además, la Tasa Interna de Retorno, situada en un 18.32%, supera la Tasa Mínima de Atracción de Recursos (TMAR) del 17.88%, de igual manera se evidencia un Retorno de la Inversión de 18.55% señalando que a esta nueva tasa el proyecto generará rentabilidad, convirtiéndose en una opción llamativa para los inversionistas y al evaluar el proyecto se estima que la recuperación de la inversión se culminará en 4 años, 8 meses y 12 días. Por consiguiente, desde la perspectiva económica, el proyecto de inversión se considera viable.

## **CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

- Mediante un análisis de la situación inicial en la empresa SOLUTIONS, se evidencia una inadecuada distribución de planta, un trabajo enfocado en la fabricación artesanal, además de una deficiente delimitación en las áreas productivas, administrativas y complementarias provocando inconvenientes en el desarrollo de actividades laborales, al igual que en el flujo del proceso debido a las excesivas distancias recorridas e incorrecto acarreo de materiales, factores que generan gastos para la organización, bajo rendimiento laboral e inconformidad en sus colaboradores.
- Por medio del análisis de la distribución, Se evidencio que la disposición ideal para los espacios de trabajo en la planta de manufactura de la empresa SOLUTIONS esta centraliza en el proceso e implica un diseño en forma de U para el flujo de materiales. Este enfoque mejora la eficiencia operativa al facilitar la gestión de materiales, reducir la carga de trabajo gracias al correcto acarreo de materiales, acortar distancias entre departamentos, además de proporcionar un entorno más seguro.
- Se aplicó la metodología de Planificación Sistemática de la Distribución (SLP), mediante la cual se definieron las relaciones de proximidad esenciales entre todas las áreas, proponiendo dos alternativas de distribución. Este enfoque abarcó consideraciones cualitativas, tales como la afinidad entre departamentos, riesgos y conveniencias expresas por parte del gerente, al igual que, aspectos cuantitativos, como el análisis carga-distancia el cual permitió tomar decisiones fundamentadas en la optimización de la distancia recorrida y la gestión eficiente de los costos asociados al manejo de materiales.
- Luego de examinar las dos alternativas propuestas para la distribución de la nueva planta manufacturera mediante el análisis de carga-distancia, se evidencia una marcada disminución en el recorrido total. Obteniendo que, la disposición numero 1 sobresale al presentar una reducción significativa de

8104.46 metros, además de generar un ahorro de \$1,383.94 en los costos asociados al manejo de materiales durante un año, en comparación con la disposición número 2, la cual genera mayores gastos para la empresa.

- La inversión necesaria para implementar la disposición seleccionada como la más efectiva es de \$400,924.20. Se muestra que la opción resulta viable para su implementación al determinar un Valor Actual Neto de \$7,323.69, lo cual sugiere que el proyecto es aceptable y tiene la capacidad de cumplir con las obligaciones futuras. Además, la Tasa Interna de Retorno alcanza el 18.32%, la cual supera la Tasa Mínima de Atracción de Recursos (TMAR) del 17.88%. Asimismo, se observa un Retorno de la Inversión del 18.55%, indicando que el proyecto generará beneficios y se recuperará a la inversión en un periodo de 4 años, 8 meses y 12 días.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Tomar en consideración las sugerencias y observaciones emitidas por el personal inmerso en el proceso debido a la experiencia y conocimiento que pueden aportar al mejoramiento de las condiciones en su entorno.
- Considerar la proyección a futura en la empresa, teniendo en cuenta las futuras adquisiciones e innovaciones que se vayan a realizar con el propósito de conservar una buena distribución y evitar problemas en la posterioridad al debido a adecuaciones en la infraestructura o compra de máquinas y equipos.
- Implementar señalizaciones efectivas en los puestos de trabajo para informar sobre las limitaciones de espacio en cada área, con el propósito de que el personal pueda identificar de manera clara y precisa el espacio destinado al flujo de materiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Lluis, “Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva.”, *Ediciones Diaz de Santos*, 2011.
- [2] C. L. Salguero Burgos, J. A. De La Cruz Luis, y J. E. Gutiérrez Ascón, “Redistribución de planta y satisfacción del cliente interno en la empresa Electromecánica Nolazco E.I.R.L., Chancay 2014”, *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 4, núm. 2, 2017, doi: 10.26495/icti.v4i2.719.
- [3] M. De Klerk, B. J. J. M. Haase-Kromwijk, M. Witvliet, F. H. J. Claas, y W. Weimar, “PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA, PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA EN ATE LIMA, PERÚ.”, 2007.
- [4] D. Cárdenas, “Propuesta de distribución de planta y de ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa Mv Contrucciones Ltda de la comuna de Llanquihue.”, 2017.
- [5] E. Ramírez Drada, V. L. Chud Pantoja, y J. P. Orejuela Cabrera, “Propuesta metodológica multicriterio para la distribución semicontinua de plantas”, *Suma de Negocios*, vol. 10, núm. 23, 2019, doi: 10.14349/sumneg/2019.v10.n23.a6.
- [6] A. F. Salazar, L. C. Vargas, C. E. Añasco, y J. P. Orejuela, “PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA BIETAPA EN AMBIENTES DE MANUFACTURA FLEXIBLE MEDIANTE EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO”, *Revista EIA*, núm. 14, pp. 161–175, 2010, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149218986013>
- [7] J. Heizer y B. Render, *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas*, núm. September 2013. 2007.
- [8] D. Cárdenas, J. Giraldo, J. H. Parra, y W. Sarache, “Procedimiento para evaluar la estrategia de manufactura: aplicaciones en la industria metalmecánica”, *Cuadernos de Administración*, vol. 20, núm. 33, 2007.



- [9] H. M. Avila y M. G. Vásquez, “Aplicación de software de simulación como herramienta en el rediseño de plantas de producción en empresas del sector de alimentos”, *Prospectiva*, vol. 6, núm. 2, 2019.
- [10] R. A. Sortino, “Radiación y distribución de planta (Layout) como gestión empresarial”, en *Invenio*, vol. 4(6), 2001.
- [11] Néstor De La Cruz, “DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CALZADO EN LA EMPRESA ‘PIONERO’”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [12] K. J. Torres, L. S. Florez Peña, C. W. Sánchez, y M. Castañeda Peñaranda, “Metodología SLP para la distribución en planta de empresas productoras de Guadua Laminada Encolada (G.L.G)”, *Ingeniería*, vol. 25, núm. 2, pp. 103–116, jul. 2020, doi: 10.14483/23448393.15378.
- [13] Giovanna Chalus, “DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE LA EMPRESA DE CALZADO BOOM’S DE LA CIUDAD DE AMBATO”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [14] J. Nataly Roa Gámez y J. Alejandra Rivera Camargo, “Propuesta para el diseño y distribución de planta para las instalaciones de producción de biopinturas mediante técnicas de ingeniería”, 2017, Consultado: el 14 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_industrial](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial)
- [15] A. Chee, “Facility layout improvement using systematic layout planning (SLP) and arena”, ene. 2009.
- [16] Harold Maynard, *Manual del ingeniero industrial*, 5a ed., vol. 4. Mexico, 2005.
- [17] B. D. Garay y M. N. Aranibar, “Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios”, 2017, Consultado: el 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10709>
- [18] F. Meyers, M. Stephens, y J. Brito, “Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales”, 2006, Consultado: el 12 de enero de 2024. [En línea].

Disponible en:  
[https://www.academia.edu/download/52823534/Diseno\\_de\\_Instalaciones\\_de\\_Manufactura\\_y\\_Manejo\\_de\\_Materiales\\_3edi\\_Meyers.pdf](https://www.academia.edu/download/52823534/Diseno_de_Instalaciones_de_Manufactura_y_Manejo_de_Materiales_3edi_Meyers.pdf)

- [19] A. Manresa y F. Marimon, “Dirección de operaciones”, en *B-SMART Connecting University & Business*, 2020. doi: 10.3926/oms.402-7.
- [20] B. Render, “Principios de administración de operaciones.”, *Pearson Educación*, 2009.
- [21] B. Render y J. H. Heizer, “Principios De Administración”, *Peces del mar*, vol. 1, 2009.
- [22] Luis Palacios, *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*, 1a ed. Bogota, 2009.
- [23] L. J. Krajewski, L. P. Ritzman, y M. K. Malhotra, *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor*. 2008. doi: 10.4067/S0718-07642009000500001.
- [24] K. J. Torres Soto *et al.*, “Metodología SLP para la Distribución en Planta de Empresas Productoras de Guadua Laminada Encolada (GLG)”, *Ingeniería*, vol. 25, núm. 2, pp. 103–116, jul. 2020, doi: 10.14483/23448393.15378.
- [25] Pedro Zapata, “CONTABILIDAD DE COSTOS”, 3ra ed. Bogotá, 2019.

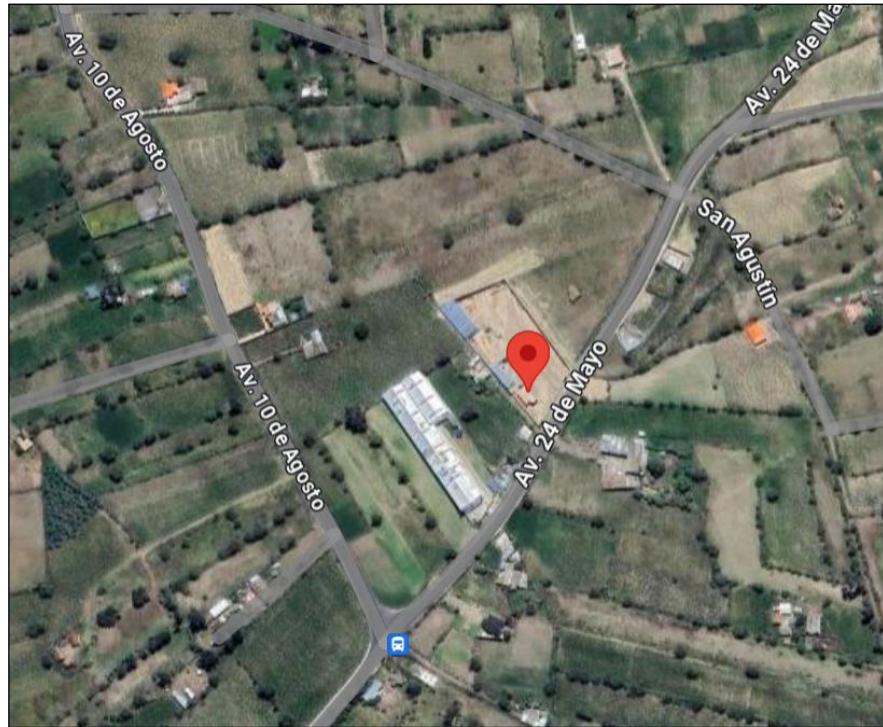
## ANEXOS

A continuación, se muestra los suplementos y holguras por descanso empleado para el presente proyecto de investigación.

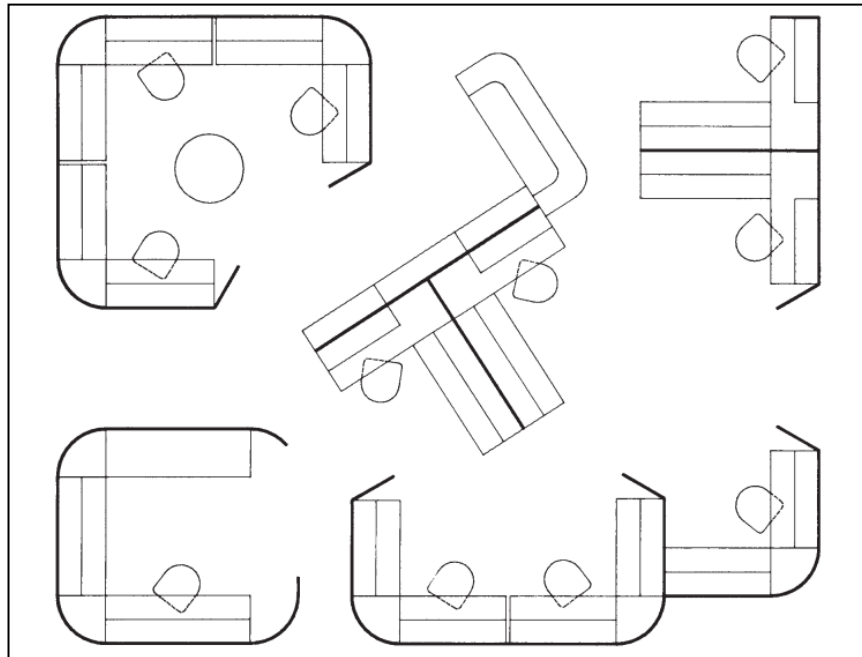
Anexo A. Cálculo de suplementos y holguras

<b>Suplementos y holguras al descanso</b>				
<b>Suplemento</b>			<b>Observación</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>1. Suplementos Constantes</b>	<b>A</b>	Suplementos por necesidades personales	Necesidades primarias	2%
	<b>B</b>	Suplementos básicos por fatiga	Pausas activas	3%
<b>2. Suplementos Variables</b>	<b>C</b>	Suplemento por trabajar de pie	Medianamente incomoda	2%
	<b>D</b>	Suplemento postura Anormal	Medianamente incomoda	4%
	<b>E</b>	Levantamiento de cargas y aplicación fuerza (levantar, tirar o empujar)	Peso levantado o fuerza ejercida mayor a 40.0 Kg	10%
	<b>F</b>	Calidad de aire y factores climáticos	Mala ventilación, pero sin emanaciones tóxicas ni nocivas	2%
	<b>G</b>	Tensión visual	Trabajos que requieren precisión o fatigosos	3%
	<b>H</b>	Tensión Auditiva (Intermitente y fuerte)	Constante y fuerte	2%
	<b>I</b>	Monotonía Física	Retrasos en remuneración	2%
<b>Total</b>				<b>30%</b>

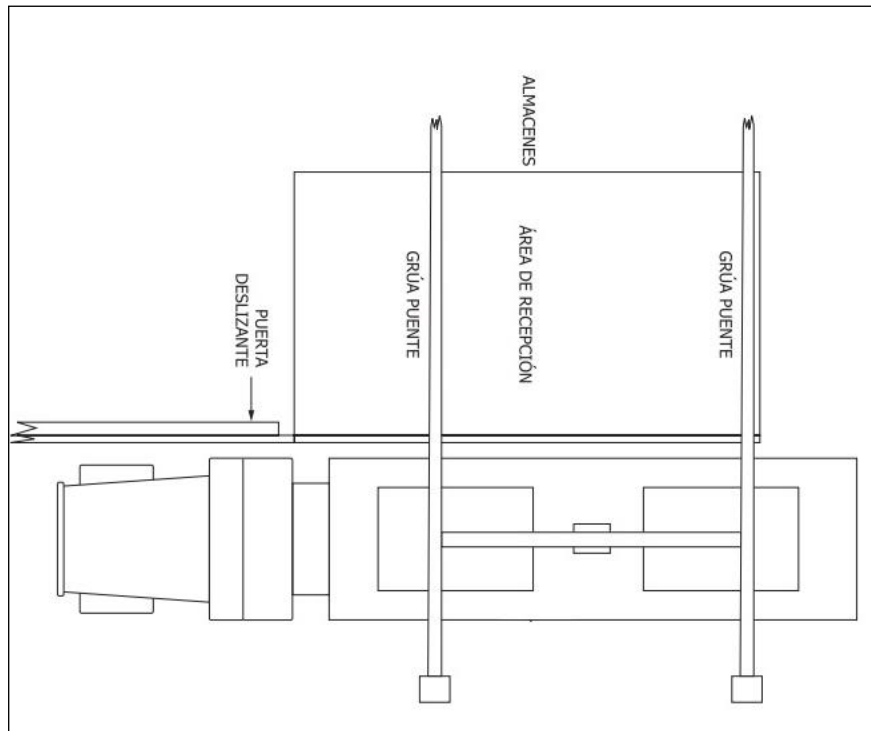
Anexo B Ubicación Geográfica de la empresa SOLUTIONS



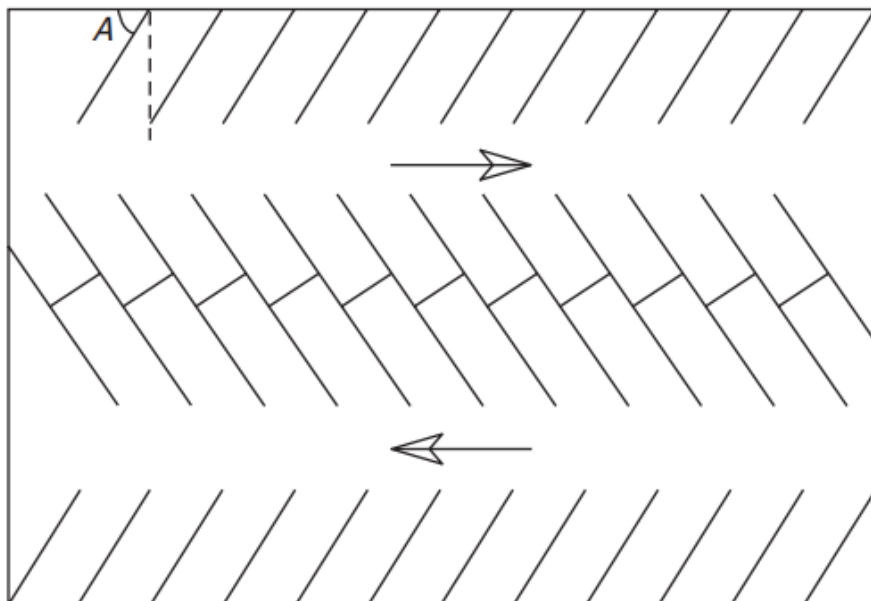
Anexo C. Diseño de una oficina moderna



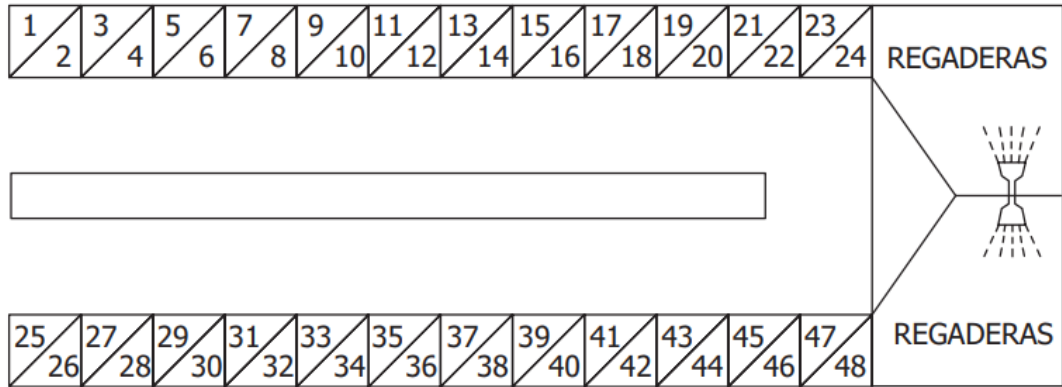
Anexo D. Diseño de plataformas de recepción y envíos



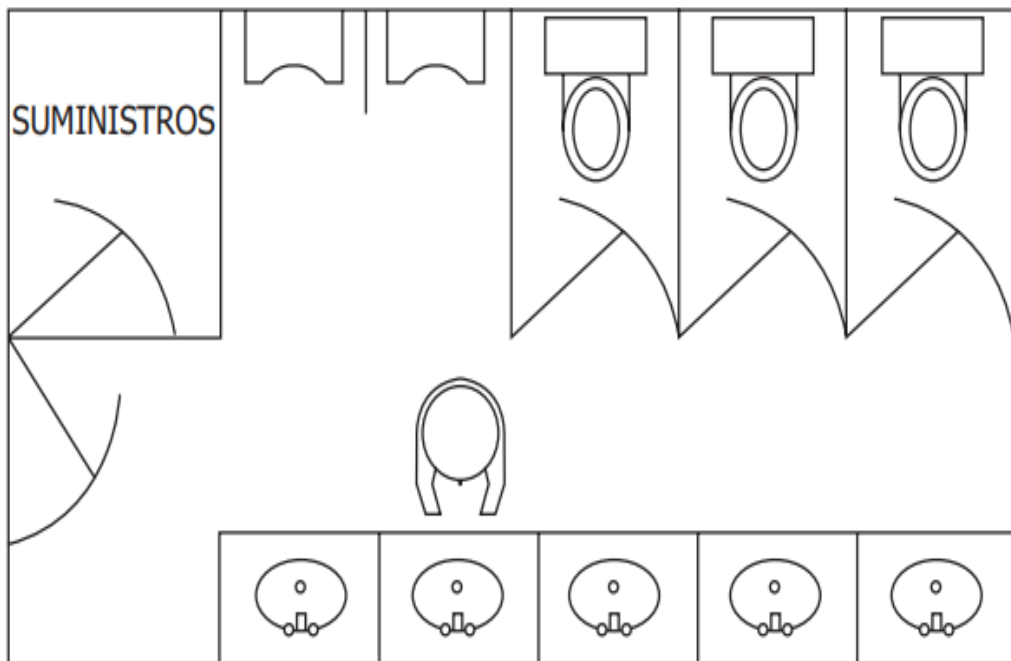
Anexo E. Dimensiones de estacionamientos



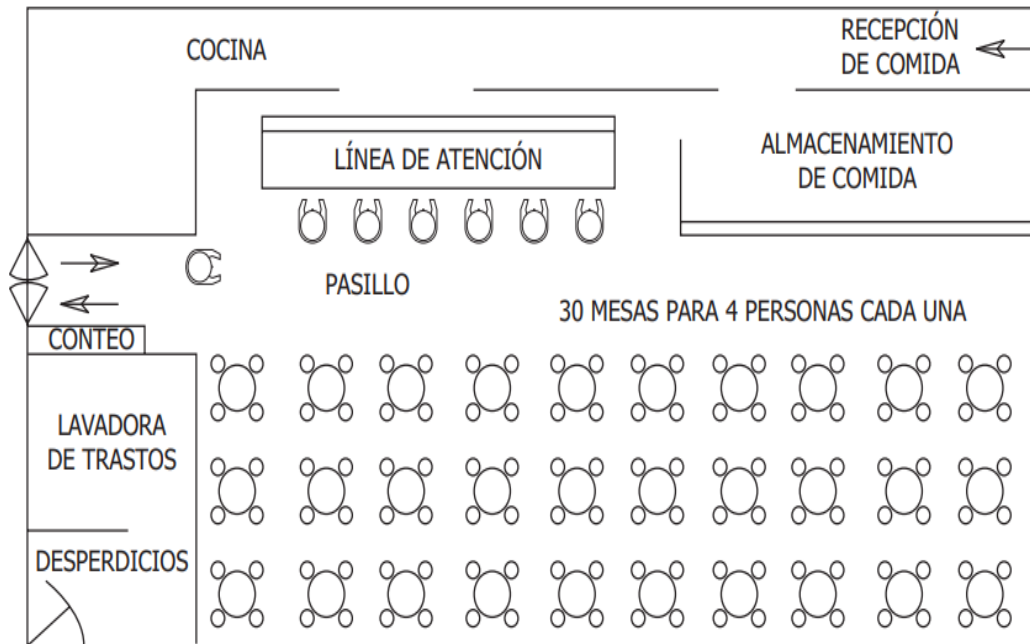
Anexo F. Diseño de vestuarios



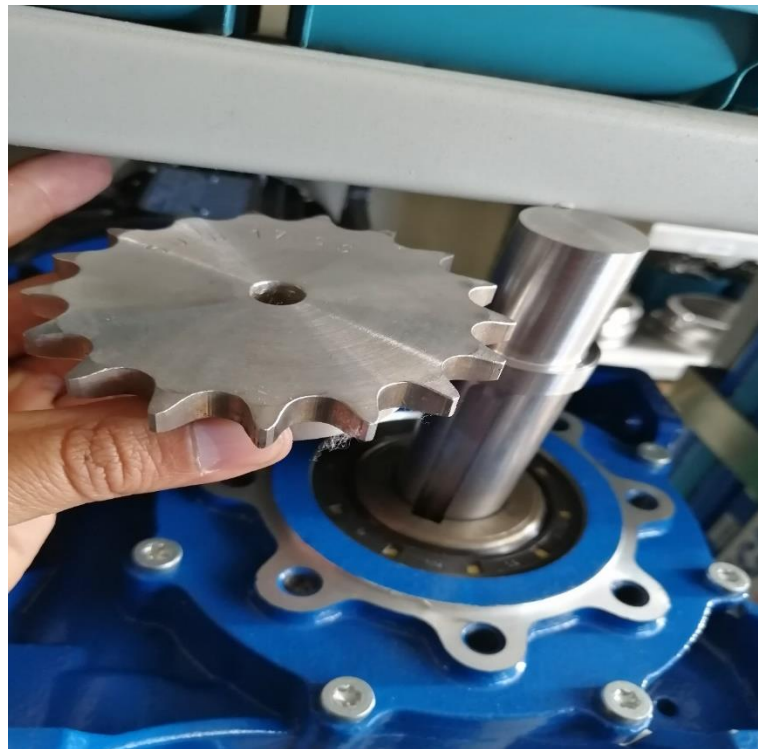
Anexo G. Diseño de excusados y sanitarios



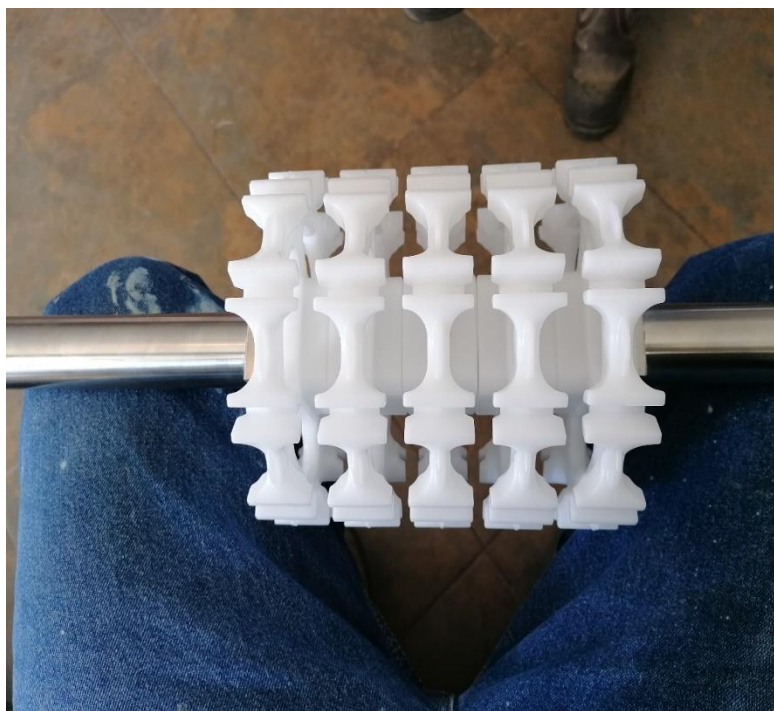
Anexo H. Diseño de comedores



Anexo I Fabricación de engranaje



### Anexo J Fabricación de rodillo



### Anexo K Instalación de ejes y rodillos





### Anexo L Colocación de guías



### Anexo M Estructura de banda tipo jirafa



Anexo N Estructura de banda horizontal



Anexo O Unión de banda



Anexo P Banda transportadora tipo jirafa



Anexo Q Banda transportadora horizontal



En el anexo Q, se muestran los calculo empleados para determinar la viabilidad económica de la propuesta ganadora para la distribución de planta en la empresa metalmecánica SOLUTIONS.

Anexo Q Calculo de indicadores financieros

Indicadores financieros
<a href="#"><u>Calculo-de-VAN-TIR-ROI-TRI.xlsx</u></a>

En el Anexo R, se muestra el diseño de distribución N° 2, con el propósito de tener un punto de referencia y comparar la disposición de ambas alternativas.

