



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

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

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Tema:**

---

**DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MEJORAR LOS  
PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DEPORTEX**

---

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

**ÁREA:** Producción y operaciones

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

**AUTOR:** Inca Azas Sebastián Alexander

**TUTOR:** Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema, Mg.

**Ambato - Ecuador**

**febrero – 2024**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MEJORAR LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DEPORTEX, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Sebastián Alexander Inca Azas, 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. Christian Ismael Ortiz Sailema, Mg.

TUTOR

## AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MEJORAR LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DEPORTEX 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.



Sebastián Alexander Inca Azas

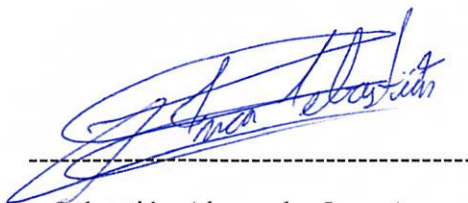
C.C. 1803780608

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.



Sebastián Alexander Inca Azas

C.C. 1803780608

AUTOR

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Sebastián Alexander Inca Azas, 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 LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MEJORAR LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DEPORTEX, 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. Franklin Tigre Ortega, Mg.  
PROFESOR CALIFICADOR

-----  
Ing. Jeanette Ureña Aguirre, Mg.  
PROFESOR CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

*Dedico este logro a mis padres Margarita y  
Luis, mi hermana Paula, y toda mi familia.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios y a la Virgen María, quienes me han guiado en la elección de esta carrera.*

*Mis padres, mi hermana y mi familia por su apoyo incondicional.*

*Gracias a los amigos que siempre han estado ahí para mí cuando lo he necesitado. Y gracias a quienes me han colaborado durante el proceso de mi proyecto de investigación.*

## 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>xv</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xix</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxi</b>
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tema de investigación.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Antecedentes investigativos .....	4
1.3 Fundamentación teórica .....	10



1.3.1	Importancia de la distribución de planta .....	10
1.3.2	Planta industrial.....	10
1.3.3	Distribución de planta .....	10
1.3.4	Objetivos de la distribución de planta.....	11
1.3.5	Tipos de distribución de planta .....	12
1.3.6	Principios de la distribución de planta .....	18
1.3.7	Factores que influyen en la distribución de planta.....	20
1.3.8	Metodologías empleadas en la distribución de planta.....	21
1.3.9	Estudio de tiempos .....	21
1.3.10	Cronometraje.....	22
1.3.11	Ciclos del estudio .....	22
1.3.12	Valorización del ritmo de trabajo.....	23
1.3.13	Suplementos .....	24
1.3.14	Tiempo normal .....	25
1.3.15	Tiempo estándar .....	25
1.3.16	Metodología SLP .....	26
1.3.17	Método de Guerchet.....	28
1.3.18	Software WinQSB.....	32
1.3.19	Método de carga-distancia .....	32
1.3.20	Software Flexsim .....	34
1.4	Objetivos .....	35

1.4.1 Objetivo general.....	35
1.4.2 Objetivos específicos .....	35
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>36</b>
2.1 Materiales.....	36
2.2 Métodos.....	37
2.2.1 Modalidad de la investigación .....	37
2.2.2 Población y muestra .....	38
2.2.3 Recolección de información.....	38
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos .....	39
<b>CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
3.1 Descripción de la empresa .....	40
3.2 Misión .....	41
3.3 Visión .....	41
3.4 Ubicación .....	41
3.5 Organigrama estructural.....	42
3.6 Diagrama del flujo para el proceso confección de medias deportivas .....	43
3.7 Área de almacenamiento de materia prima.....	44
3.8 Área de Diseño.....	44
3.9 Área de Tejido.....	45
3.10 Área de Costura.....	46
3.11 Área de Planchado.....	47

3.12 Área de Etiquetado y Empacado .....	47
3.13 Área de Almacenamiento de Producto Terminado .....	48
3.14 Cumplimiento de los principios de distribución de planta actual .....	49
3.15 Cursograma analítico.....	55
3.16 Resumen del cursograma analítico.....	57
3.17 Estudio de tiempos .....	58
3.18 Suplementos .....	60
3.19 Tiempo estándar .....	61
3.20 Tabla resumen de tiempos estándar .....	61
3.21 Cuello de botella.....	62
3.22 Producción Diaria.....	63
3.23 Método de Guerchet .....	63
3.23.1 Cálculo de superficie estática, gravitacional y evolutiva .....	64
3.24 Método SLP.....	67
3.24.1 Etapa 1.- Delimitación de áreas .....	68
3.24.2 Etapa 2.- Diagrama de relaciones.....	68
3.24.3 Etapa 3.- Requerimiento de espacio.....	70
3.24.4 Etapa 4.- Consideraciones para la disposición del espacio .....	72
3.24.5 Etapa 5.- Selección de distribución .....	82
3.25 Win QSB .....	87

3.25.1 Desarrollo del algoritmo .....	87
3.25.2 Propuesta de distribución .....	94
3.26 Simulación en Flexsim .....	98
3.26.1 Diseño del modelo.....	98
3.26.2 Prueba de normalidad.....	101
3.26.3 Construcción del modelo.....	103
3.26.4 Experimentación en Flexsim.....	107
3.26.5 Cálculo de costos.....	114
3.27 Cursograma analítico propuesto.....	116
3.28 Resumen del cursograma analítico propuesto.....	119
<b>CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>120</b>
4.1 Conclusiones .....	120
4.2 Recomendaciones.....	123
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>128</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales empleados en el estudio. ....	36
Tabla 2. Principios de distribución de planta actual .....	49
Tabla 3. Cursograma analítico propuesto.....	55
Tabla 4. Resumen del cursograma analítico propuesto.....	57
Tabla 5. Procesos para estudio de tiempos .....	58
Tabla 6. Estudio de tiempos del proceso de diseño .....	59
Tabla 7. Suplementos del proceso de diseño .....	60
Tabla 8. Resumen de tiempos estándar .....	61
Tabla 9. Dimensionamiento de los equipos .....	64
Tabla 10. Cálculo de la superficie estática.....	64
Tabla 11. Cálculo de la superficie gravitacional .....	65
Tabla 12. Cálculo de la superficie gravitacional.....	65
Tabla 13. Cálculo de la superficie evolutiva.....	67
Tabla 14. Superficie estática, gravitacional, evolutiva y total .....	67
Tabla 15. Designación de áreas.....	68
Tabla 16. Valores de relación del método SLP.....	69
Tabla 17. Códigos de valoración de relaciones para el Método SLP.....	69
Tabla 18. Pares ordenados.....	70
Tabla 19. Espacio de área requerido .....	71

Tabla 20. Distancia entre departamentos .....	82
Tabla 21. Cálculo de la mano de obra.....	84
Tabla 22. Matriz de flujo entre departamentos .....	84
Tabla 23. Costo de transporte de material.....	85
Tabla 24. Costos al desplazar un lote entre departamentos .....	86
Tabla 25. Codificación de cada departamento .....	89
Tabla 26. Distancia entre departamentos .....	97
Tabla 27. Resultados de Prueba de normalidad. ....	102
Tabla 28. Distribuciones probabilísticas para cada proceso .....	105
Tabla 29. Distancia total recorrida por los operadores en simulación de 1 mes.....	108
Tabla 30. Cálculo de la mano de obra.....	115
Tabla 31. Cálculo de la mano de obra.....	115
Tabla 32. Ganancias mensuales .....	116
Tabla 30. Cursograma analítico propuesto.....	116
Tabla 31. Resumen del cursograma analítico propuesto.....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución por posición fija .....	12
Figura 2. Distribución por proceso.....	15
Figura 3. Distribución por producto.....	16
Figura 4. Distribución en U.....	18
Figura 5. Número recomendado de ciclos según la General Electric .....	23
Figura 6. Tabla de calificación de ritmo de trabajo .....	23
Figura 7. Suplementos para los trabajadores.....	24
Figura 8. Superficie estática, gravitacional y evolutiva .....	29
Figura 9. Valores de “K” .....	31
Figura 10. Logotipo de la empresa.....	40
Figura 11. Ubicación de la empresa.....	41
Figura 12. Organigrama estructural de la empresa .....	42
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de confección de medias .....	43
Figura 14. Almacenamiento de materia prima .....	44
Figura 15. Creación del diseño de la media .....	45
Figura 16. Tejido de la media .....	46
Figura 17. Costura de la media .....	46
Figura 18. Planchado de la media .....	47
Figura 19. Etiquetado y empaquetado de la media .....	48
Figura 20. Almacenamiento de producto terminado.....	48

Figura 21. Tiempo estándar de cada proceso .....	62
Figura 22. Gráfica de relación de actividades .....	70
Figura 23. Diagrama de relaciones entre áreas .....	71
Figura 24. Distribución actual.....	73
Figura 25. Diagrama de recorrido actual.....	74
Figura 26. Diagrama de la distribución 1 .....	76
Figura 27. Diagrama de la propuesta 1 .....	77
Figura 28. Diagrama de recorrido de la propuesta 1 .....	78
Figura 29. Diagrama de la distribución 2.....	79
Figura 30. Diagrama de la propuesta 2 .....	80
Figura 31. Diagrama de recorrido de la propuesta 2.....	81
Figura 32. Software WinQSB .....	87
Figura 33. Layout actual en cuadrícula.....	88
Figura 34. Especificaciones del problema .....	89
Figura 35. Detalle por departamento.....	90
Figura 36. Detalle de los costos .....	90
Figura 37. Detalle de las ubicaciones.....	91
Figura 38. Selección de la forma de solución .....	91
Figura 39. Distribución actual.....	92
Figura 40. Segunda iteración.....	93
Figura 41. Distribución final .....	94



Figura 42. Distribución propuesta 3 .....	95
Figura 43. Diagrama de recorrido de la propuesta 3 .....	96
Figura 44. Ingreso de dimensiones en Flexsim .....	98
Figura 45. Hoja de trabajo en FlexSim .....	99
Figura 46. Inserción de objetos y conexión .....	100
Figura 47. Inserción de elementos visuales en el modelo .....	101
Figura 48. Prueba de normalidad de los tiempos del proceso de Diseño.....	102
Figura 49. Generación de números aleatorios en Excel.....	103
Figura 50. Expertfit en Flexsim .....	104
Figura 51. Modelo de distribución obtenido a través del ingreso de datos.....	104
Figura 52. Configuración del proceso de Diseño.....	105
Figura 53. Jornada de trabajo actual .....	106
Figura 54. Distancia recorrida por operador en la distribución actual.....	107
Figura 55. Distancia recorrida por operador en la distribución SLP.....	107
Figura 56. Distancia recorrida por operador en la distribución WinQSB.....	108
Figura 57. Gráfico de barras de estado por proceso en la distribución actual .....	109
Figura 58. Gráfico de barras de estado por proceso en la distribución SLP .....	109
Figura 59. Gráfico de barras de estado por proceso en la distribución WinQSB ...	110
Figura 60. Gráfico de barras de estado por operario en la distribución actual.....	111
Figura 61. Gráfico de barras de estado por operario en la distribución SLP .....	111
Figura 62. Gráfico de barras de estado por operario en la distribución WinQSB ...	111

Figura 63. Volumen de trabajo de cada proceso en la distribución actual.....	112
Figura 64. Volumen de trabajo de cada proceso en la distribución SLP .....	113
Figura 65. Volumen de trabajo de cada proceso en la distribución WinQSB .....	113

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Número recomendado de ciclos según la General Electric .....	128
Anexo B. Tablas de estudio de tiempos .....	129
Anexo C. Suplementos para los trabajadores .....	135
Anexo D. Tablas de suplementos de los operarios .....	136
Anexo E. Cálculos del tiempo estándar .....	138
Anexo F. Pruebas de normalidad de Anderson-Darling .....	140
Anexo G. Layout actual dividido en cuadrícula.....	143
Anexo H. Distribución actual y diagrama de recorrido .....	144
Anexo I. Propuesta de distribución 1 y diagrama de recorrido.....	146
Anexo J. Propuesta de distribución 2 y diagrama de recorrido.....	148
Anexo K. Cálculo de Mano de Obra.....	150
Anexo L. Modelos de distribución.....	152
Anexo M. Distribución propuesta 3 y diagrama de recorrido.....	155

## RESUMEN EJECUTIVO

La finalidad de esta investigación reside en proponer una redistribución física de las instalaciones de la empresa DEPORTEX. Se presenta una propuesta integral para mejorar la eficiencia operativa, proponiendo una redistribución física de las instalaciones. La importancia de este estudio radica en resolver el cuello de botella identificado en el proceso de planchado, y mejorar la capacidad de producción de la empresa.

Para alcanzar estos objetivos, se emplearon diversos procedimientos, como el análisis de tiempos, el método de Guerchet para calcular el espacio físico necesario, la metodología SLP para la distribución de planta, la simulación en FlexSim y la aplicación del software WinQSB.

Los resultados obtenidos revelaron que la propuesta de redistribución generó un aumento significativo del 12.05% en la producción mensual, eliminando la necesidad de horas extra y generando un ahorro mensual estimado de \$1068.96. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa de DEPORTEX, sino que también optimiza los recursos y fortalece su competitividad en la industria de fabricación de medias deportivas.

Las principales contribuciones de estos resultados incluyen proporcionar a DEPORTEX una estrategia práctica para mejorar su eficiencia operativa, adaptarse eficazmente a las demandas del mercado y mejorar su rentabilidad. Esta investigación, al ofrecer soluciones tangibles, contribuye a la gestión más eficiente de los recursos y a la capacidad de la empresa para enfrentar los desafíos de la industria con éxito.

**Palabras clave:** Redistribución física, producción de medias deportivas, estudio de tiempos, FlexSim

## ABSTRACT

The purpose of this research is to propose a physical redistribution of the facilities of the company DEPORTEX. An integral proposal is presented to improve the operational efficiency, proposing a physical redistribution of the facilities. The importance of this study lies in resolving identified bottleneck in the ironing process, and improving the company's production capacity.

To achieve these objectives, several procedures were used, such as time analysis, Guerchet's method for calculating the physical space required, SLP methodology for plant layout, FlexSim simulation and the application of WinQSB software.

The results obtained revealed that the proposed redistribution generated a significant increase of 12.05% in monthly production, eliminating the need for overtime and generating an estimated monthly savings of \$1068.96. This approach not only improves DEPORTEX's operational efficiency, but also optimizes resources and strengthens its competitiveness in the athletic hosiery manufacturing industry.

The main contributions of these results include providing DEPORTEX with a practical strategy to improve its operational efficiency, effectively adapt to market demands, and improve its profitability. This research, by offering tangible solutions, contributes to the more efficient management of resources and to the company's ability to face the challenges of the industry successfully.

**Keywords:** Physical redistribution, sports socks production, time study, FlexSim.

# CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Tema de investigación

“Diseño de la distribución de planta para mejorar los procesos productivos en la empresa DEPORTEX”.

### 1.1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, las empresas destacan que la productividad es un factor clave para el crecimiento económico que impacta no solo en la zona geográfica donde se ubica, sino también a nivel nacional [1]. Para mejorar la productividad, se deben reducir los costos de operaciones y producción sin disminuir la calidad logrando un resultado igual o mejor con menos o los mismos recursos [2]. En este contexto, se destaca la importancia de la distribución de la planta para el funcionamiento eficiente de la empresa y su impacto en el rendimiento del proceso de producción. El diseño de la planta debe buscar la optimización de recursos y una distribución óptima, teniendo en cuenta las condiciones específicas de la empresa y el entorno en el que se desenvuelve.

La supervivencia de cualquier organización depende en gran medida de la correcta asignación de sus recursos, que incluyen terrenos, edificios, materiales, instalaciones, máquinas, equipos, energía y recursos humanos. Por esta razón, empresas e instituciones se esfuerzan por utilizar eficientemente todos los recursos que poseen, ya sea a través de estudios de ingeniería o simplemente basándose en la experiencia acumulada a lo largo del tiempo [3]. En este sentido, se resalta que el diseño de planta óptimo es una estrategia operativa efectiva para reducir significativamente los costos y aumentar la productividad, mejorando el flujo de trabajo en la ruta trazada de operación con sus actividades.

La distribución de planta es fundamental para el funcionamiento eficiente de cualquier empresa. Si se logra diseñar de manera adecuada, se puede disminuir el espacio y la cantidad de material necesario, reducir la cantidad de productos en proceso y mejorar la administración de materiales y productos terminados [2]. Sin embargo, el diseño de la distribución de planta es un proceso complejo que involucra muchos factores

interrelacionados, como la disponibilidad de recursos para los productos o servicios ofrecidos, las operaciones y las estaciones de trabajo necesarias para la producción [2].

En América Latina, donde las empresas a menudo enfrentan limitaciones presupuestarias y de recursos [4], el diseño de la distribución de planta puede ser especialmente desafiante. La disposición adecuada de los medios productivos no solo tiene beneficios económicos, sino que también es importante contemplar otros criterios, como el bienestar, las condiciones laborales y la salud de los trabajadores [5]. Además, la reducción de costos en la producción no solo se debe a un aumento de la eficiencia en el uso de los recursos, sino también a un menor consumo de energía en procesos de mantenimiento y acopio de materiales, lo que tiene un impacto indirecto positivo en el medio ambiente al reducir el costo ambiental.

Para enfrentar este desafío, las empresas de América Latina necesitan desarrollar soluciones innovadoras que les permitan diseñar la distribución de planta de manera efectiva y económica. Esto puede incluir la utilización de tecnologías avanzadas de diseño, la implementación de procesos de producción más eficientes, y la reorganización de los recursos existentes para maximizar su uso [6]. De esta manera, las empresas de América Latina podrán mejorar su productividad y mantenerse competitivas en el mercado global.

En Ecuador, varias empresas enfrentan desafíos para lograr un diseño y distribución de planta adecuado, lo que afecta su capacidad para competir en el mercado global [3]. Uno de los principales desafíos que enfrentan las empresas en Ecuador es la falta de acceso a tecnologías y herramientas para el diseño y distribución de planta, lo que limita su capacidad para optimizar los procesos y mejorar la eficiencia [7].

Otro desafío importante que enfrentan las empresas en Ecuador es la falta de capacitación y formación en diseño y distribución de planta, lo que implica un desconocimiento de las mejores prácticas y metodologías para mejorar la eficiencia y productividad en sus procesos [8]. Además, la falta de una cultura de mejora continua y optimización de procesos [9], también contribuye a la subutilización de herramientas y tecnologías para el diseño y distribución de planta.

“DEPORTEX” es una empresa ubicada en Ambato que se dedica a la fabricación de productos textiles en la especialidad de confección de medias deportivas y la comercialización al por mayor. La empresa cuenta con una línea de productos conformada por medias deportivas para dama, niños y caballeros brindándoles comodidad y frescura para su vida diaria.

Actualmente el mayor problema al que se enfrenta la empresa donde se llevará a cabo el proyecto, es que las áreas de trabajo no se encuentran delimitadas, se trabaja manera empírica. El espacio que ocupa la empresa es pequeño debido a que su proceso de producción no es complejo ni a gran escala, sin embargo, el aprovechamiento de este espacio no es el óptimo y existe una clara evidencia de que el flujo de materiales, personas y equipo en general es deficiente.

Las consecuencias de no resolver este problema serán experimentadas por los empleados, quienes se enfrentarán a un ambiente laboral desorganizado y caótico. Además, los clientes sentirán las consecuencias en términos de posibles retrasos en las entregas, lo que podría llevar a la pérdida de confianza y lealtad hacia la marca, buscando alternativas en el mercado. En última instancia, la empresa se arriesga a perder clientes y oportunidades de negocio, lo que afectará su crecimiento y rentabilidad a largo plazo. Por lo tanto, es crucial abordar este problema y buscar soluciones efectivas para mejorar la distribución de la planta y optimizar el flujo de materiales y personas en la empresa.

La resolución del problema permitirá la comprensión del tema al brindar una visión clara de cómo una estructura organizativa adecuada y un flujo eficiente pueden impactar positivamente en los resultados empresariales. Al identificar las mejores soluciones efectivas, se podrán extraer lecciones y conocimientos aplicables a otras empresas del sector textil y manufacturero. Por lo que beneficiará a futuras investigaciones en áreas relacionadas, como la optimización de espacios de trabajo, la gestión del flujo de materiales y personas, y la mejora de la eficiencia operativa en el sector textil.



## 1.2 Antecedentes investigativos

La disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo y otras áreas dentro de una instalación productiva afecta directamente la productividad, la capacidad de respuesta ante cambios y la facilidad de automatización del sistema. Además, los procesos desempeñan un papel fundamental en la generación de productos o servicios, por lo que su correcta selección y diseño influyen en la competitividad de cualquier empresa en términos de calidad, flexibilidad, costo y tiempo. Existen diferentes enfoques y soluciones para mejorar la distribución de planta y optimizar los procesos, como el rediseño de la disposición de planta y la implementación de herramientas como el CRAFT (Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones) y el SLP (Planeación Sistemática de la Distribución de Planta) [10].

La aplicación de técnicas de optimización, como manufactura esbelta, y la consideración de los requerimientos y necesidades de los usuarios son elementos fundamentales en el diseño de la distribución de planta. En el caso de la empresa MAO Corporación Impactex Cia. Ltda. [8], se seleccionó la matriz QFD (Despliegue de la Función de Calidad) como herramienta para satisfacer las necesidades de la planta de producción. El diseño de la disposición de planta resultó crucial para mejorar los procesos de producción y se implementó un esquema de circuito en peine, que combina circuitos en I y en U, beneficiando las nueve zonas de trabajo, los espacios de almacenamiento y las líneas de circulación.

Luego determinar la situación actual del flujo productivo y entender el flujo de producción en la empresa Artica Textil, que se dedica a la producción y comercialización de prendas de vestir [11], se identificó que la distribución de maquinaria y equipos no era adecuada. Para optimizar los procesos de producción, se aplicaron los métodos SLP., CORELAP (Planificación computarizada del diseño de relaciones de planta) y CRAFT. El método SLP proporcionó 3 alternativas, mientras que el método CORELAP determinó el índice total de cercanía (TCR) para cada departamento, recomendando ubicar la oficina de gerencia y diseño en el centro de la empresa. Por último, el método CRAFT permitió reducir en un 4,28% el costo total de transporte de los objetos de trabajo.

Además, se establecieron las bases teóricas para el desarrollo de la investigación. Los métodos utilizados fueron SLP, CORELAP y CRAFT. Mediante el diagnóstico inicial de Artica Textil, se obtuvieron datos relevantes sobre el flujo de producción, la disposición de planta actual y la maquinaria utilizada. La aplicación del método SLP permitió definir las relaciones entre departamentos y determinar las áreas óptimas de trabajo. El método CORELAP, basado en las relaciones definidas por SLP, ubicó la oficina de gerencia y diseño en el centro de la distribución. Por último, el método CRAFT logró una reducción del 4,28% en el costo total de transporte. Estas mejoras en la distribución en planta contribuirán a optimizar los procesos de producción en Artica Textil.

La implementación de una redistribución de planta afecta significativamente el tiempo de fabricación de los productos principales de la empresa, esto fue demostrado en el estudio que se llevó a cabo en la empresa HAYPA [12], donde se indicó que la implementación de una redistribución de planta afecta significativamente el tiempo de fabricación de los productos principales de la empresa. Mediante una simulación en el software Arena, se comparó el escenario actual con el escenario propuesto, y se observó una variación de productividad del 29.26%. Esto indica que la redistribución de planta puede generar mejoras sustanciales en la eficiencia de los procesos de fabricación. Asimismo, se identificó que los tiempos muertos en las actividades involucradas generan una demora teórica del 39.78% en el tiempo de fabricación, aunque la simulación mostró una demora práctica menor, equivalente al 7.15% del tiempo total de producción en la propuesta seleccionada.

Por otro lado, se confirmó que el mantenimiento preventivo influye en los tiempos de fabricación, con una mejora teórica del 9.08% y una mejora práctica del 8.42% del tiempo total. En cuanto a la redistribución de planta, se identificaron dos diseños candidatos, uno basado en procesos y otro en células de trabajo. Sin embargo, la propuesta que demostró tener el mayor impacto en el tiempo de fabricación fue la distribución por procesos, con una reducción teórica del 50.47% y una mejora práctica del 22.64% en el tiempo total del ciclo de producción. Esta distribución permitió aumentar la producción de mochilas de 119 unidades al día a 206 unidades al día, lo que representa una mejora del 73.11%. Estos hallazgos respaldan la importancia de la

redistribución de planta como estrategia para mejorar la eficiencia y productividad en una empresa textil.

La distribución de planta es una integración de factores clave de cualquier empresa con el objetivo de aumentar la productividad y reducir los costos de producción. Afirmación establecida el proyecto desarrollado en la empresa textil Creaciones Luis Star [13], en donde se muestra un buen potencial de expansión en la región sur del país, con presencia en mercados locales y extranjeros. La propuesta de distribución de planta es una opción viable para mejorar los procesos, reducir los tiempos de traslado y optimizar el flujo de trabajo. Y es fundamental considerar la opinión de las personas involucradas en la producción y comercialización para detectar problemas y posibles mejoras.

En cuanto a la distribución de planta en sí, se demostró la viabilidad técnica de reducir el tiempo de fabricación mensual mediante una redistribución efectiva. La propuesta logró reducir significativamente los tiempos de traslado por ciclo, mejorando la eficiencia en un 80.32%. Asimismo, se observó una reducción del tiempo total por ciclo y un aumento en la producción por ciclo. La alternativa propuesta permite recuperar un 30% del área total actualmente utilizada, lo que abre la posibilidad de utilizar ese espacio para otros fines. Respaldando la importancia de la distribución de planta como estrategia para mejorar la eficiencia y productividad en la empresa textil en estudio.

La industria textil Arsein Perú ha experimentado cambios significativos en los últimos años a nivel global, con una disminución en la productividad del sector manufacturero en general, incluyendo la confección textil [14]. Se observa un aumento en los índices de exportación en el sector textil, aunque en un porcentaje reducido. En el caso específico de la empresa dedicada al diseño y confección de uniformes industriales, se identificaron problemas en la producción debido a una distribución deficiente de áreas y a la falta de eficiencia en los recorridos de los trabajadores. Estos problemas han afectado la productividad y la competitividad de la empresa en el mercado.

Se utilizaron herramientas como el Método Guerchet y el Diagrama de Relación de Actividades para medir y mejorar los tiempos, los espacios y las áreas de las máquinas, así como estandarizar la línea de producción. Estas mejoras permitieron eliminar los

tiempos muertos, los espacios confinados y los cuellos de botella, logrando un incremento del 14% en la productividad. Asimismo, se observó una mejora del 13% en la eficiencia y un aumento del 8% en la eficacia de la empresa, demostrando los beneficios de la nueva Distribución de Planta en términos de rendimiento y resultados.

La investigación realizada por [15], se centra en la aplicación exitosa de la metodología TOC (Teorías de las restricciones) en el área de producción de la Corporación Impactex. Al implementar los pasos propuestos por TOC en un modelo de simulación utilizando Flexin, se logró un notable aumento del 79% en la productividad en el modelo simulado. El análisis detallado de las restricciones identificó operaciones específicas, como la unión de bomba y el recubrimiento de piernas, como elementos críticos que afectan el ritmo de la producción. La aplicación de correctivos en estos procesos condujo a una productividad de 20.81 unidades por hora en el modelo simulado, superando en 4 unidades por hora la productividad actual de 16.38 unidades por hora.

Además, para contextualizar y enfocar el estudio, se realizaron análisis de ventas utilizando el teorema de Pareto y un análisis ABC en productos representativos de la Corporación Impactex. Se identificaron las referencias más relevantes, y al analizar las limitaciones del proceso de producción, se determinó que el pegado de círculo y el recubrimiento de piernas son cuellos de botella que restringen el proceso en un 100%. Estos antecedentes proporcionan la base para el proyecto de investigación al revelar áreas específicas de mejora y establecer la necesidad de optimizar el flujo de trabajo en la producción de la corporación.

En el proyecto de investigación [16], se destaca los resultados positivos obtenidos mediante el rediseño de la distribución de planta en la empresa Confecciones María. La implementación de esta medida redujo significativamente el nivel de servicio de pedidos no atendidos, pasando de un 18,85% a un 0%. Además, se realizó un diagnóstico exhaustivo de la situación actual de la empresa, identificando los polos deportivos como el producto más relevante económicamente, pero que también generaba pedidos no atendidos con pérdidas de utilidades. Se determinaron actividades improproductivas, tiempos de traslados y costos asociados a procesos tercerizados. La

metodología elegida para el diseño de la distribución, el Systematic Layout Planing (SLP), obtuvo la más alta calificación en comparación con otros métodos evaluados.

Además, se destaca que la implementación del nuevo diseño de planta condujo a mejoras notables en diversos aspectos operativos y económicos. Las actividades productivas aumentaron en un 18,43%, las improductivas se redujeron en un 76,92%, el tiempo de ciclo disminuyó en un 24,70%, la producción aumentó en un 24,65%, y se observaron mejoras significativas en la productividad de mano de obra y económica, así como en la eficiencia económica. La reducción del nivel de servicio de pedidos no atendidos a cero, la disminución de los tiempos de traslado y la eliminación de costos asociados a procesos tercerizados son resultados cruciales que respaldan la efectividad del proyecto de rediseño de la distribución de planta. El análisis costo-beneficio concluye que la inversión requerida es rentable, con una relación de costo-beneficio positiva, lo que proporciona una base sólida para la continuidad y expansión del proyecto.

El proyecto de investigación [17], se fundamenta en la necesidad de aplicar la metodología Lean Manufacturing como estrategia de mejora en la empresa Corporación Madrid. A partir del análisis de casos de éxito que respaldan la efectividad de Lean Manufacturing, se destaca su capacidad para reducir costos y mejorar procesos de manera significativa. La flexibilidad de esta metodología se confirma, permitiendo su implementación en empresas mediadas y manufactureras. Sin embargo, se reconoce que no todos los ambientes de producción son adecuados para la aplicación completa de Lean Manufacturing, lo que motiva la propuesta de adaptar fragmentos de sus estructuras para obtener resultados positivos. Además, se subraya la falta de un orden estricto en la aplicación de las estrategias que componen Lean, enfatizando la capacidad de cada técnica para ajustarse a otras ya implementadas.

También, revela la situación específica de Corporación Madrid, una empresa que opera bajo el modelo Make to Order y enfrenta desafíos significativos en términos de entregas fuera de tiempo, generando pérdidas monetarias y penalidades. Se evidencia la importancia de la implementación de Lean Manufacturing en este contexto, ya que se identifican desperdicios en el proceso productivo, especialmente en movimientos innecesarios y transporte. La propuesta de mejora incluye la aplicación de

herramientas como la Distribución de Planta y las 5S, con el objetivo de optimizar la eficiencia y reducir pérdidas económicas. La validación del proyecto se realiza a través de la simulación de escenarios utilizando el software Arena, lo que proporciona una base sólida para evaluar el impacto de las mejoras propuestas en la producción y la eficiencia de la empresa.

El proyecto de investigación [18], se centra en la evaluación y rediseño de la distribución de planta en una fábrica, con el objetivo principal de determinar áreas de trabajo, número de cargas y distancias recorridas, así como analizar los costos asociados al manejo de material. La distribución actual revela datos significativos, como las áreas específicas de trabajo, el número de cargas (40,274) y las distancias recorridas (76,571.5 m), con un costo calculado de manejo de material por metro recorrido. La aplicación del método de Guerchet permitió obtener las superficies totales de cada área de trabajo, proporcionando las dimensiones exactas necesarias para la elaboración de planos y revelando una liberación de 9.7932 m<sup>2</sup> de espacio ocupado por material y muebles en desuso.

Además, se plantea la hipótesis de que el rediseño de planta logra una reducción significativa del 70.87% en los costos de manejo de material en comparación con la situación actual. Este antecedente sólido establece las bases para el desarrollo del proyecto de investigación, destacando la importancia de la eficiencia espacial y económica en la distribución de la planta de la empresa en cuestión.

El proyecto de investigación [19], se fundamenta en un modelo integral que se centra en dos aspectos esenciales: el enfoque a los procesos operativos y el enfoque al personal. En el primero, se emplearon herramientas como VSM, 5's y Distribución de planta (SLP), mientras que en el segundo se recurrió a herramientas como Workshop Kaizen y Trabajo Estandarizado. Los resultados proyectados de este modelo incluyen una significativa disminución del 23.13% del tiempo actual para la producción de edredones y una reducción del 52.48% en el tiempo estándar para sábanas.

La implementación de estas mejoras condujo a una reducción del 12.75% en el lead time promedio de la empresa, una recuperación del 11.30% del espacio de producción, una disminución del 22.20% en transportes innecesarios, y mejoras sustanciales en la productividad del operario, con aumentos del 54.31% y 53.37% para edredones y

sábanas, respectivamente. Además, se logró reducir el tiempo de movimiento innecesario tanto para edredones como para sábanas. Proporcionando una base integral para el proyecto de investigación, destacando los éxitos obtenidos en la implementación previa de mejoras en procesos operativos y el bienestar del personal, respaldando la importancia y la viabilidad de la propuesta de investigación.

### **1.3 Fundamentación teórica**

#### **1.3.1 Importancia de la distribución de planta**

La distribución de planta comienza con la ubicación estratégica de la empresa en un espacio adecuado, según sus necesidades. Considerando algunos aspectos importantes como son: disponibilidad de la mano de obra, adquisición de materia prima, disponibilidad de servicios de agua y energía eléctrica, el tamaño de la empresa, entre otros [1]. Seguidamente se busca optimizar cada área de la empresa para utilizar al máximo los recursos que participan en el lugar físico, tener un orden sucesivo en cada puesto de trabajo para prevenir desplazamientos innecesarios y disminuir los tiempos de operación en el manejo de materiales que puedan afectar al proceso productivo, previniendo que se genere por ejemplo cuellos de botella [20]. Todo lo descrito se resume en identificar espacios de oportunidad de mejora para disminuir los costos de producción, es por esto que la distribución de planta es de vital importancia.

#### **1.3.2 Planta industrial**

Parte física o material que forma parte de la estructura de una empresa dedicada a la producción o a la prestación de servicios [21]. Esta parte física comprende elementos que pueden ser: personal directo e indirecto, equipo de trabajo, infraestructura, movimiento de materiales, almacenamiento.

#### **1.3.3 Distribución de planta**

La distribución en planta implica la organización física de los aspectos industriales que participan en el proceso de producción de una empresa. Implica la distribución del espacio, la determinación de las formas relativas y la ubicación de los diferentes

departamentos. El objetivo principal es obtener una disposición de elementos que sea eficiente y se desarrolle de tal manera, que contribuya de manera satisfactoria al alcance de los objetivos fijados por la empresa [22]. Cada planta de producción es distinta, aunque presenten procesos semejantes las condiciones de operación no son idénticas. Factores como el tamaño de la planta, la naturaleza del proceso y el volumen de producción, son algunos aspectos que diferencian a las empresas que cuentan con productos semejantes.

#### **1.3.4 Objetivos de la distribución de planta**

El objetivo del trabajo de diseño y distribución de la organización consiste en detectar el área de trabajo y la distribución de los equipos con la finalidad de que sean más eficientes, seguras y satisfactorias para los integrantes de la organización [2]. De forma más detallada, involucra los siguientes aspectos:

- Reducir la congestión en el espacio de trabajo.
- Eliminar las zonas ocupadas de forma innecesaria.
- Disminuir la necesidad de gestión y mano de obra indirecta.
- Mejorar el control y gestión de las operaciones.
- Minimizar la necesidad de mantenimiento y trabajo continuo en los materiales.
- Reducir el riesgo asociado con los materiales y su calidad.
- Mejorar la seguridad de los empleados y disminuir los riesgos para la salud.
- Incrementar la satisfacción y la moral de los trabajadores.
- Posibilitar la adaptación a condiciones variables.
- Fomentar una adecuada relación entre las máquinas y el trabajo.



### 1.3.5 Tipos de distribución de planta

Existen cuatro tipos principales de distribución de planta: por posición fija, por proceso, por producto y por células. Cada tipo tiene sus propias características, que dependen del tipo y variedad del producto que se quiere obtener, los procesos por los que se someterá el material, la demanda que existe en el mercado, el tamaño de la empresa y el giro del negocio, y las condiciones de la maquinaria utilizada [23].

#### a) Distribución por posición fija

La distribución por posición fija es utilizada en productos voluminosos y pesados, difíciles de manejar, con componentes frágiles, que implica un costo elevado de desplazamiento. Por lo general, la producción de este tipo implica unidades mínimas debido a la complejidad y el tiempo prolongado para su elaboración. Este tipo de distribución se caracteriza por el diseño altamente personalizado [1]. Y se utiliza en la fabricación de aviones, buques y motores de gran tamaño.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo ilustrativo de este tipo de distribución, donde el producto se encuentra en el centro y los recursos necesarios para su fabricación están dispuestos a su alrededor, indicando la dirección de movimiento de los recursos.

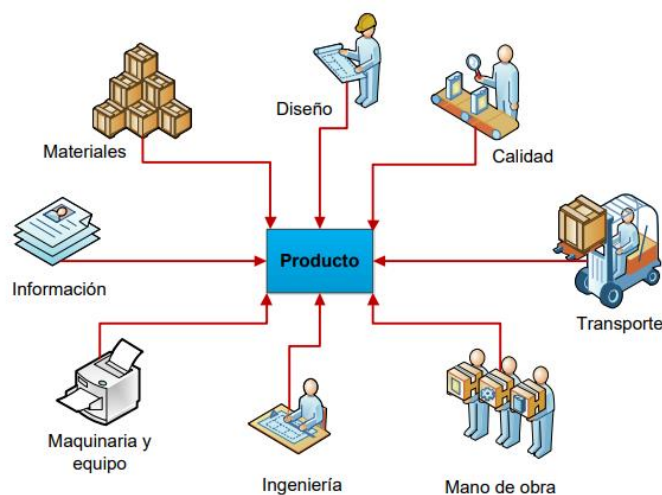


Figura 1. Distribución por posición fija [1]

### **Ventajas de la distribución por posición fija**

- El montaje y ensamble del producto se ejecuta de forma simultánea, debido a que algunas operaciones de trabajo no dependen de otras de manera directa.
- Se cuenta con productos y procesos flexibles debido a que la sucesión en el montaje de las piezas y el diseño del producto admiten cambios frecuentes.
- La utilización de las piezas pequeñas incrementa mientras que la utilización de las piezas grandes disminuye, facilitando el trabajo del operador de cierta manera.
- Se requiere de una menor necesidad de inspección, debido a que el operador debe de tener la habilidad y experiencia necesarias para realizar un buen trabajo.
- La distribución no exige una planificación de gran inversión ni que sea tan precisa.

### **Desventajas de la distribución por posición fija**

- Se requiere una alta inversión para el proceso de producción, puesto que se necesitan equipos específicos y mano de obra especializada.
- Los costos de inversión son altos debido a que el proceso de producción es de tiempo prolongado.
- En el montaje de las piezas, algunas dependen unas de otras, por lo que si ocurre un paro en alguna de sus partes este puede perjudicar al ensamble completo.
- Debido a que el volumen de producción es bajo, la utilización de los equipos será reducida.

### **b) Distribución por proceso**

Este enfoque de distribución implica dividir y clasificar las áreas de la empresa según el tipo de proceso, es decir, las operaciones similares se agrupan en un área de trabajo

donde la materia prima se traslada desde el almacén y pasa por cada estación de trabajo hasta convertirse en un producto terminado [1]. Se utiliza principalmente cuando se fabrica una amplia variedad de productos que requieren procesos que utilizan la misma maquinaria.

También se aplica cuando la maquinaria presenta dificultades para ser desplazada de un lugar a otro. En algunos casos, el volumen de producción es relativamente bajo debido a la demanda intermitente. La Figura 2 ilustra este tipo de distribución, donde la superficie de la empresa se divide para formar departamentos y los productos circulan sobre ellos, desde la recepción o almacén hasta productos terminados.

### **Ventajas de la distribución por proceso**

- La maquinaria existente es compartida para fabricar los productos, así su capacidad es aprovechada al máximo, favoreciendo en la disminución de máquinas necesarias a utilizar.
- En el caso de que una máquina presente algún fallo el plan de producción no se vería afectado críticamente, ya que la carga de trabajo puede ser dividida con las otras máquinas.
- La distribución es adaptable y permite la incorporación de nuevos productos y la secuencia en la que se realizan las operaciones en las distintas estaciones de trabajo.
- Es factible poseer un nivel de producción variable.
- No se requiere de una supervisión detallada a profundidad en las actividades individuales, debido a que la inspección se centra en el proceso de manera general.

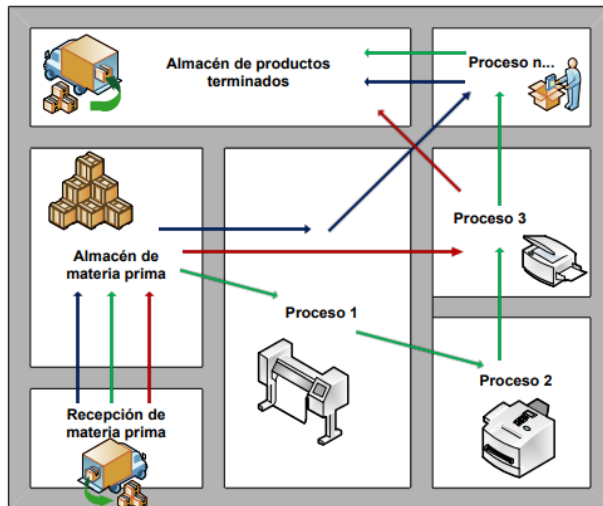


Figura 2. Distribución por proceso [1]

### Desventajas de la distribución por proceso

- La trazabilidad de la ruta de trabajo para cada producto se dificulta debido a la amplia variedad de procesos que atraviesan.
- La planificación de la producción y el mantenimiento de la maquinaria son más desafiantes de programar, y los errores en la planificación tienen un impacto directo en la producción.
- Se requiere una mano de obra más especializada en actividades específicas, lo que dificulta la participación de las personas en diferentes procesos.
- La cantidad de material en proceso aumenta.
- La separación de las operaciones incrementa la distancia recorrida, lo que resulta en un mayor manejo de materiales.
- El control en las estaciones de trabajo se vuelve complicado debido a la gestión de una amplia variedad de productos.

### c) Distribución por producto

Esta distribución, también conocida como producción en línea o en cadena, implica dividir las áreas de la empresa según el tipo de producto que se desea obtener. En cada área se agrupa la maquinaria y el equipo de manera secuencial, siguiendo las

necesidades del proceso [1]. Este enfoque se utiliza principalmente para productos con una demanda alta, estable y con un diseño estandarizado. Requiere una inversión significativa, ya que se necesita una gran cantidad de maquinaria y equipo para configurar las estaciones de trabajo.

En la Figura 3 se ilustra un ejemplo de cómo se vería la distribución por producto. La superficie total se divide en áreas de trabajo, donde cada una se centra en la fabricación de un único producto. Posteriormente, los productos terminados son llevados a un almacén específico.

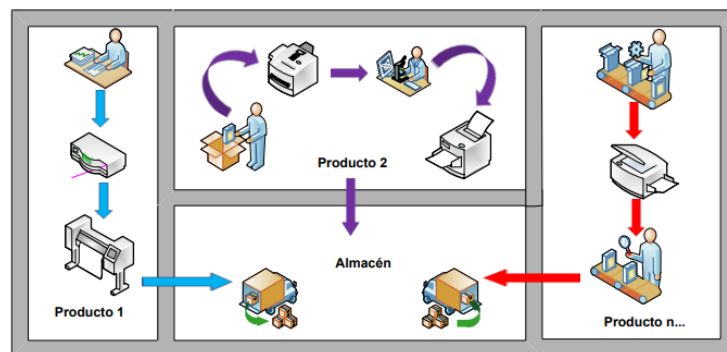


Figura 3. Distribución por producto [1]

### Ventajas de la distribución por producto

- Cada producto sigue una ruta de fabricación directa.
- La planificación de la producción es más sencilla, ya que cada estación de trabajo se especializa en un único producto.
- Se logra un buen control en los procesos y productos.
- El manejo de materiales se reduce debido a recorridos más cortos.
- El inventario en proceso es mínimo, ya que cada producto se concentra en un área específica y la transformación en los procesos es continua.
- La mano de obra es altamente especializada para cada actividad requerida.

## **Desventajas de la distribución por producto**

- Requiere una alta inversión en maquinaria, ya que cada estación de trabajo se adapta a las necesidades del producto.
- La línea de producción está en riesgo de detenerse si alguna de las máquinas presenta una falla, ya que la secuencia de los procesos depende estrechamente entre sí.
- Se necesitan máquinas especializadas que son difíciles de compartir para la fabricación de otros productos.
- Existe poca flexibilidad en la ejecución de las operaciones, ya que los trabajos no pueden ser asignados a otras estaciones de trabajo con máquinas similares.

### **d) Distribución por célula**

En el diseño de este tipo de distribución, se combinan las ventajas de la distribución por proceso y por producto para lograr un resultado eficiente y flexible. Se integran máquinas, equipos y personal, agrupando productos o procesos con características similares en células de trabajo o tecnología de grupo [1].

Existen varios factores que influyen en el acomodo y ordenamiento, como el tipo de proceso, la cantidad de productos a fabricar, la demanda, la tecnología utilizada y las características del equipo y maquinaria. Estos factores determinan qué productos se agrupan en familias de productos. Se pueden crear varias células de trabajo, donde cada una se especializa en la fabricación de uno o varios productos.

Aunque la distribución por célula puede tener diferentes configuraciones, en la Figura 4 se muestra la distribución en forma de U. Esta distribución se caracteriza por tener la entrada y la salida al mismo nivel, lo que permite que el operario se mueva alrededor de cada máquina.

### **Ventajas de la distribución por célula**

- Se aprovecha de manera óptima la capacidad instalada de la maquinaria y equipo.

- Se logra un buen control en las áreas de producción.
- Se reduce al mínimo el inventario en proceso.
- Se reducen los tiempos de operación.
- Existe un flujo de materiales adecuado, ya que se intenta colocar los procesos lo más cerca posible unos de otros.

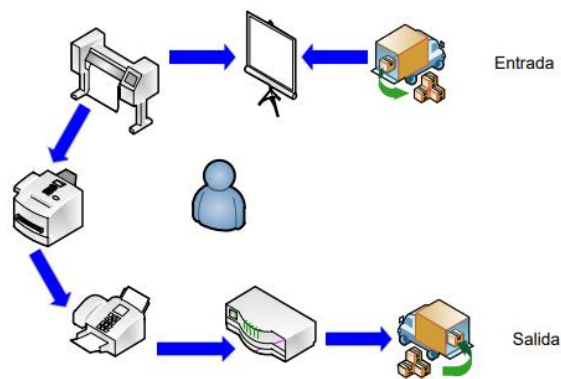


Figura 4. Distribución en U [1]

### **Desventajas de la distribución por célula**

- Existe dificultad para formar células de trabajo en ciertos procesos o productos.
- El equilibrio de la producción se vuelve complicado, ya que los productos atraviesan diferentes procesos y se debe buscar un balance en cada etapa.
- Se requiere una mayor cantidad de maquinaria y equipo.

### **1.3.6 Principios de la distribución de planta**

Existen seis principios básicos que deben ser considerados al realizar la distribución del espacio físico en una empresa, ya sea para implementar una nueva planta o para reorganizarla, con el objetivo de lograr una distribución de planta eficiente y efectiva [24]. Son seis los principios básicos que deben ser contemplados:

**a) Principio de la integración**

Se deben de considerar unificar máquinas, equipos, personas, herramientas, materiales, actividades complementarias y todos aquellos elementos que intervienen en la distribución para integrarlos y conseguir un trabajo en conjunto dentro de las estaciones de trabajo, de manera que todo sea un solo conjunto con un buen funcionamiento en todo momento.

**b) Principio de la distancia mínima recorrida**

Es importante reducir al mínimo la distancia entre las estaciones de trabajo, tanto las que requieren estar cercanas como las que no, de modo que los materiales y los trabajadores recorran distancias cortas. Es especialmente relevante agrupar las operaciones continuas cerca unas de otras.

**c) Principio de la circulación o recorrido**

También conocido como principio de flujo de materiales, implica establecer una secuencia lógica y ordenada de movimientos de materiales de acuerdo con las necesidades de cada área de trabajo. Esta secuencia no se limita a movimientos en línea recta, sino que varía en función de las condiciones y requerimientos específicos.

**d) Principio del espacio cubico**

El espacio que se tiene se debe aprovechar al máximo en sus tres dimensiones. En el plano horizontal, se busca ahorrar espacio, mientras que en el plano vertical se consideran las normas de altura para garantizar la seguridad de los trabajadores.

**e) Principio de satisfacción y seguridad**

Se busca que las áreas de trabajo sean ergonómicas y seguras para los trabajadores, brindándoles tranquilidad en sus actividades. Además, se debe garantizar la practicidad y adecuación del trabajo, así como la seguridad de las máquinas y los materiales de acuerdo con las normas y condiciones correspondientes.



#### **f) Principio de flexibilidad**

Al realizar la distribución o reorganización, se deben tener en cuenta posibles cambios futuros. Con el tiempo, las demandas y requisitos de la empresa pueden cambiar, por lo que es importante adaptarse a los avances y modificaciones que surjan.

#### **1.3.7 Factores que influyen en la distribución de planta**

La distribución en planta requiere un conocimiento organizado de los diversos elementos y características involucradas, así como de las consideraciones que pueden afectar su disposición. También implica comprender los procedimientos y técnicas necesarios para lograr una distribución que integre adecuadamente cada uno de estos elementos [25].

Existen varios factores que influyen en una distribución óptima, algunos directos y otros más indirectos. Estos factores van desde aspectos externos, como la demanda, hasta aquellos internos que tienen un mayor peso en la toma de decisiones. Es importante tener en cuenta todos los elementos, incluso los de menor importancia aparente, para lograr los objetivos propuestos y obtener la mejor distribución posible.

Los elementos principales que intervienen en la distribución son los materiales (materia prima, material en proceso, producto terminado), la maquinaria y el equipo (máquinas de producción, herramientas manuales y eléctricas). Estos elementos presentan variables que deben ser consideradas y evaluadas para lograr la disposición más adecuada, como el tamaño, la forma, el volumen, el peso y otras propiedades específicas.

La cantidad y variedad de productos también son variables importantes, ya que están estrechamente relacionadas con el volumen de producción y la cantidad de maquinaria y equipo necesarios. Por lo tanto, el espacio requerido variará según estas condiciones. Además, la secuencia de operaciones, es decir, el orden en que se realizan las distintas etapas del proceso tiene una influencia directa en la distribución. Esta secuencia determina qué áreas deben colocarse adyacentes entre sí.

Otros factores complementarios que deben tenerse en cuenta para una distribución óptima son los trabajadores y sus desplazamientos, los servicios auxiliares (mantenimiento, oficinas, comedor, sanitarios, pasillos), la maquinaria y el equipo para el manejo de materiales, y las instalaciones en general.

### **1.3.8 Metodologías empleadas en la distribución de planta**

Las metodologías empleadas en la distribución de planta son técnicas y procedimientos que nos ayudan a lograr una distribución óptima. Estas metodologías nos permiten recopilar datos cuantitativos y cualitativos, obteniendo resultados satisfactorios que muestran la disposición más adecuada según las exigencias del proceso. Además, facilitan el análisis de los resultados para tomar decisiones correctas.

### **1.3.9 Estudio de tiempos**

El análisis de tiempos se destaca como una herramienta extensamente empleada para la medición y registro de los tiempos y ritmos de trabajo en tareas específicas, realizadas bajo condiciones particulares. Este proceso se lleva a cabo de manera que los datos analizados posibiliten la determinación de los tiempos necesarios para ejecutar la tarea de acuerdo con normas de ejecución predefinidas [26].

Las razones que fundamentan la necesidad de realizar un estudio de tiempos son diversas, incluyendo la cotización competitiva de precios por parte de las empresas, la estimación de tiempo y costos para la elaboración de ofertas, el establecimiento de programas de fabricación, la minimización de tiempos ociosos en maquinaria y operarios, el cumplimiento de fechas de embarque a clientes, la planificación de la llegada de materias primas, el mantenimiento de equipos e instalaciones, la organización y limpieza de las instalaciones, la predicción de las necesidades de equipo y mano de obra, es decir, las horas-hombre y horas-máquina, y la implementación de planes de incentivo [27].

Por lo general, la realización de un estudio de tiempos sigue una secuencia estructurada que comprende la selección de la operación, la elección del trabajador, el registro de la información más relevante, la división de la operación en elementos, la ejecución

del estudio de tiempos, la extensión del estudio de tiempos, la determinación del número de ciclos recomendados para cronometrar, la calificación y normalización del desempeño del operador, la aplicación de suplementos o tolerancias, la verificación y publicación, y finalmente, la publicación del estándar de tiempos [28].

### **1.3.10 Cronometraje**

Después de registrar la información general, la medición del tiempo se lleva a cabo mediante el cronometraje. Para esta tarea, se utilizan dispositivos como el cronómetro ordinario, el cronómetro vuelta cero, el cronómetro retráctil o con aguja recuperadora, entre otros [26]. En este contexto, se pueden emplear métodos de cronometraje, ya sea de tiempos continuos o de regreso a cero.

#### **1.3.10.1 Método de tiempos continuos**

En este método, las lecturas de tiempo se registran al finalizar cada elemento, sin que el cronómetro se detenga [28].

#### **1.3.10.2 Método de Retroceso a cero**

Este método implica presionar y soltar inmediatamente la corona del reloj al finalizar cada elemento, de manera que la aguja regrese a cero y comience su marcha nuevamente desde ese punto [28].

### **1.3.11 Ciclos del estudio**

La extensión del estudio de tiempos depende en gran medida de la naturaleza de la operación. En este sentido, las observaciones necesarias para obtener un tiempo promedio representativo pueden llevarse a cabo mediante diversos métodos, tales como fórmulas estadísticas, ábaco de Lifson, tabla de Westinhouse, y el más comúnmente utilizado, el criterio de la General Electric [26]. La Figura 5 muestra el número de ciclos a cronometrar basándose en la tabla de General Electric.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Figura 5. Número recomendado de ciclos según la General Electric [29]

### 1.3.12 Valorización del ritmo de trabajo

Dado que el tiempo efectivo requerido para realizar el estudio se ve significativamente influido por la habilidad y el esfuerzo del trabajador, es crucial ajustar adecuadamente el tiempo normal de los operadores con diferentes niveles de habilidad hacia un estándar uniforme. Por ende, al finalizar el proceso de cronometraje, el analista debe valorar al trabajador de manera imparcial y equitativa [29]. La Figura 6 proporciona una de las múltiples formas de calcular la ponderación para los ritmos de trabajo.

Escala				Descripción del desempeño
60-80	75-100	100-133	0-100 (Norma británica)	
0	0	0	0	Actividad nula
40	50	67	50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros; el operador parece medio dormido y sin interés en el trabajo.
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.
80	100	133	100 Ritmo Tipo	Activo, capaz, como obrero calificado medio pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
100	125	167	125	Muy rápido; el operador actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado.
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de "virtuosos", solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employed (West of England), Association Department of Work Study.  
\*Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, que camine en línea recta por terreno llano y sin obstáculos.

Figura 6. Tabla de calificación de ritmo de trabajo [26]

### 1.3.13 Suplementos

En el cálculo del tiempo estándar, es crucial tener en cuenta dos aspectos fundamentales. Uno de ellos se relaciona con el desempeño del trabajador, mientras que el otro aspecto de gran relevancia aborda las holguras inevitables, las cuales a menudo pasan desapercibidas. Por este motivo, resulta necesario realizar ajustes para compensar estos lapsos de tiempo perdido, utilizando los denominados suplementos. Estos suplementos posibilitan obtener un tiempo estándar de operación que sea preciso y cercano a la realidad [26]. La Figura 7 presenta en detalle las holguras consideradas en el cálculo del tiempo estándar.

1	SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRES	MUJERES
A	Suplemento por necesidades personales	5	7
B	Suplemento base por fatiga	4	4
2	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRES	MUJERES
A	Suplemento por trabajar de pie	2	4
B	Suplemento por postura anormal		
	Ligeramente incómoda	0	1
	Incómoda (inclinado)	2	3
	Muy incómoda (echado, estirado)	7	7
C	Uso de fuerza/energía muscular (levantar, tirar, empujar)		
	Peso levantado (kg)		
	2,5	0	1
	5	1	2
	10	3	4
	25	9	20 máx
	35,5	22	---
D	Mala iluminación		
	Ligeramente debajo de la potencia calculada	0	0
	Bastante por debajo	2	2
	Absolutamente insuficiente	5	5
E	Condiciones atmosféricas Índice de enfriamiento Kata		
	16	0	
	8	10	
	4	45	
	2	100	
F	Concentración intensa		
	Trabajos de cierta precisión	0	0
	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
G	Ruido		
	Continuo	0	0
	Intermitente y fuerte	2	2
	Intermitente y muy fuerte	5	5
	Estridente y fuerte		
H	Tensión mental		
	Proceso bastante complejo	1	1
	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
	Muy complejo	8	8
I	Monotonía		
	Trabajo algo monótono	0	0
	Trabajo bastante monótono	1	1
	Trabajo muy monótono	4	4
J	Tedio		
	Trabajo algo aburrido	0	0
	Trabajo bastante aburrido	2	1
	Trabajo muy aburrido	5	2

Figura 7. Suplementos para los trabajadores [26]

En un estudio de tiempos, los suplementos que pueden considerarse son tres:

- Demoras debidas a eventos contingentes poco frecuentes.
- Retrasos en la actividad del trabajador causados por su supervisión.
- Interrupciones provocadas por elementos externos inevitables, que pueden ser temporales o definitivas.

Es importante destacar que esta estimación no es uniforme en todos los lugares, ya que en gran medida dependerá del país donde se lleve a cabo el estudio. Por ejemplo, en la India, adoptar la postura de rodillas se considera algo común y aceptado [28].

#### **1.3.14 Tiempo normal**

El tiempo normal representa la mínima cantidad de tiempo no susceptible de reducción, estimada en función de la cantidad de operaciones elementales realizadas en la tarea y el índice de desempeño. Este abarca todas las operaciones básicas necesarias para llevar a cabo los procesos productivos [30]. La ecuación 1 posibilita calcular el tiempo normal a través del tiempo medio observado y el índice de rendimiento [31].

$$TN=TP \times Id \quad (1)$$

Donde:

- TN = Tiempo Normal
- TP = Tiempo Promedio
- Id = Índice de Desempeño

#### **1.3.15 Tiempo estándar**

El tiempo estándar se refiere al tiempo necesario para llevar a cabo una operación, teniendo en cuenta las habilidades del trabajador y las holguras presentes durante la ejecución del trabajo [30]. El cálculo del tiempo estándar implica la adición del tiempo

normal con ciertas tolerancias para contemplar las necesidades personales, como descansos para ir al baño o tomar café, las demoras inevitables, como problemas con el equipo o la falta de materiales, y la fatiga del trabajador, ya sea física o mental. Para su cálculo es necesario utilizar la Ecuación 2 [31].

$$TE = TN(1 + \textit{Permisibilidades}) \quad (2)$$

Donde:

- TE = Tiempo Estándar
- TN = Tiempo Normal
- Permisibilidades = Total de los suplementos

### **1.3.16 Metodología SLP**

La metodología SLP se centra en la organización y optimización de la distribución de planta. Se divide en cuatro fases y utiliza instrucciones y símbolos para facilitar su planificación. En el primer paso, se recopila información relevante sin desperdiciar tiempo y recursos en datos innecesarios. El segundo paso implica analizar y describir los flujos de materiales, personas y productos dentro de las instalaciones. El último paso utiliza la información recopilada para tomar decisiones sobre la asignación de equipo, recursos humanos y espacios en cada área [32].

Esta metodología puede aplicarse en una amplia gama de instalaciones industriales y de servicios, tanto existentes como nuevas. Es adecuada para laboratorios, oficinas, áreas de servicio, almacenes y otros entornos. La metodología SLP ofrece métodos simplificados de distribución adaptados a diferentes tipos de instalaciones. Es flexible y se puede ajustar según las modificaciones necesarias en el diseño de la distribución de planta.

#### **1.3.16.1 Fases de Desarrollo del Modelo SLP**

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que pueden superponerse entre sí, son las siguientes [33]:

- Fase I: Localización: En esta etapa, se toma la decisión sobre la ubicación de la planta a distribuir. Para una planta completamente nueva, se busca una posición geográfica competitiva basada en factores relevantes. En casos de redistribución, se determina si la planta permanecerá en su ubicación actual o se trasladará a un nuevo edificio o área similar.
- Fase II: Plan de Distribución General: Aquí se establece el patrón de flujo para todas las áreas que deben atenderse en la actividad, indicando la superficie requerida, la relación entre las áreas y la configuración de cada actividad principal, departamento o área. Esto proporciona un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.
- Fase III: Plan de Distribución Detallada: En esta etapa, se estudia y prepara en detalle el plan de distribución alcanzado en la fase anterior. Incluye el análisis, definición y planificación de los lugares para los puestos de trabajo, maquinaria, equipos e instalaciones.
- Fase IV: Instalación: En esta última fase, se llevan a cabo los movimientos físicos y ajustes necesarios para la instalación de equipos, máquinas e instalaciones, con el objetivo de materializar la distribución en detalle planificada.

Estas fases se suceden en secuencia, aunque se sugiere que se superpongan para obtener los mejores resultados.

### **1.3.16.2 Procedimiento del Método SLP**

Inicialmente, se realiza el Análisis P-Q (P: Productos; Q: Cantidad de producción) para obtener una visión futura. Se registran las fluctuaciones periódicas, las cargas máximas y el número de instalaciones [34]. Luego, se estudia el Recorrido de los Productos para organizar el planteamiento según los desplazamientos de los productos. Paralelamente, se examinan las Relaciones entre las Actividades para incluir las zonas de servicios anexos en el proyecto.

Posteriormente, se combina la información obtenida en el Diagrama Relacional de Recorridos y/o Actividades, orientando geográficamente las diferentes actividades,



servicios y zonas entre sí[35]. Se analizan las necesidades de espacio en función de la maquinaria y equipos necesarios para la producción y actividades auxiliares, comparándolas con el espacio total disponible.

Luego, se fija en el Diagrama Relacional de Actividades la zona asignada a cada actividad, creando el Diagrama Relacional de Espacios[36]. Este diagrama constituye el planteamiento esencial, basándose en tres parámetros fundamentales: relaciones, espacio y ajuste. Estos parámetros son la parte central de cualquier proyecto de distribución en su fase de planteamiento, estando las relaciones y el espacio intrínsecamente vinculados.

A continuación, se adapta el Diagrama Relacional de Espacios a Factores Influyentes como sistemas de manutención, prácticas operatorias, consideraciones de seguridad, etc. Durante este proceso, se examinan y verifican las ideas, descartando aquellas que no sean prácticas[35].

Finalmente, se valora todos los proyectos posibles y viables, resultando en un proyecto definitivo que se convierte en el Proyecto Seleccionado del Planteamiento General.

### **1.3.17 Método de Guerchet**

Esta metodología se utiliza para determinar los espacios físicos necesarios para la instalación de la planta. En consecuencia, es esencial determinar la cantidad total de maquinaria y equipo, conocidos como elementos estáticos o fijos (EF), así como el número de operarios y el equipo de transporte, denominados elementos móviles (EM) [37]. Para cada elemento que se va a distribuir, la superficie total requerida se calcula como la suma de tres superficies parciales [38]. La figura 8 muestra las superficies estática, gravitacional y evolutiva, obtenidas mediante el método de Guerchet.

$$St = n * (Ss + Se + Sg) \quad (3)$$

Donde:

- St= Superficie total
- n = número de cada tipo de máquina

- $S_s$ = Superficie estática
- $S_e$  = Superficie de evolución común
- $S_g$ = Superficie de gravitación

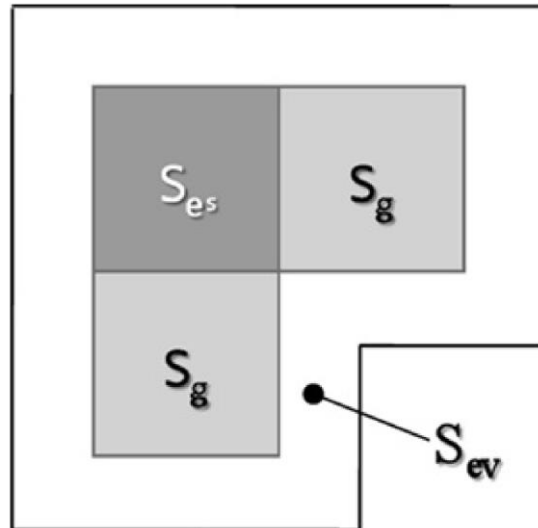


Figura 8. Superficie estática, gravitacional y evolutiva [38]

### 1.3.17.1 Superficie estática ( $S_s$ ):

Este término hace referencia a la extensión de terreno que ocupa mobiliario, máquinas y equipos. Es crucial evaluar esta área en la posición de uso de la máquina o equipo, lo que implica incorporar elementos como bandejas de depósito, palancas, tableros, pedales, etc., necesarios para su funcionamiento[33].

$$S_s = \text{Largo} \times \text{Ancho} = L \times A \quad (4)$$

### 1.3.17.2 Superficie de gravitación ( $S_g$ ):

Esta área es empleada por los trabajadores y el material almacenado durante las operaciones en curso alrededor de los puestos de trabajo. La obtención de esta superficie para cada elemento se logra multiplicando el área estática ( $S_s$ ) por el número de lados desde los cuales el mobiliario o la máquina deben ser utilizados[33].

$$S_g = S_s \times N \quad (5)$$

Donde:

- Ss= Superficie estática
- N= Número de lados

La superficie gravitacional está vinculada a los requisitos de las áreas de trabajo. En el diagrama siguiente, se utiliza solo un lado en este escenario específico.

### 1.3.17.3 Superficie de evolución (Se):

Esta área se asigna entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal, del equipo, de los medios de transporte y para la salida del producto terminado. Su cálculo implica la utilización de un factor "K", conocido como coeficiente de evolución [39], que representa una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos.

$$Se = (Ss + Sg)K \quad (6)$$

Siendo:

$$K = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EE}} = 0.5 * h_{EM} / ( h_{EE} ) \quad (7)$$

Donde:

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^m A_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^m A_i \times n} \quad (8)$$

- $h_{EM}$ = Altura promedio ponderada de los elementos móviles
- $m$  = Variedad de elementos móviles
- $A_i$  = Superficie estática de cada elemento
- $h$  = Altura del elemento móvil
- $n$  = número de elementos móviles de cada tipo

$$h_{EE} = \frac{\sum_{i=1}^s Ss_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^s Ss_i \times n} \quad (9)$$

- $h_{EF}$  = Altura promedio ponderada de los elementos dijo o estáticos
- $s$  = Variedad de elementos estáticos
- $Ss_i$  = Superficie estática de cada elemento
- $h$  = Altura del elemento estático
- $n$  = número de elementos estáticos de cada tipo

Es el espacio necesario para facilitar el movimiento alrededor de la máquina, y la altura incorporada proporciona una percepción del volumen y la visibilidad para dicho desplazamiento. Al calcular la superficie asignada a inventarios, ya sea en almacén o en puntos de espera, se excluye la superficie gravitacional, considerando únicamente la superficie estática y de evolución.

#### 1.3.17.4 Valores típicos de “K”

Existen algunos valores de K para distintos tipos de industria [38], los cuales se mencionan en la Figura 9.

Gran industria, alimentación	0.05 – 0.15
Trabajo en cadena con transportador mecánico	0.10 – 0.25
Textil-hilado	0.05 – 0.25
Textil-tejido	0.50 – 1.00
Relojería, joyería	0.75 – 1.00
Pequeña mecánica	1.50 – 2.00
Industria mecánica	2.00 – 3.00

Figura 9. Valores de “K” [39]

Generalmente, la superficie ocupada por piezas o materiales almacenados junto a un puesto de trabajo para la operación en curso no requiere una asignación adicional, ya que está comprendida entre las superficies de gravedad y de evolución. No obstante, si ocupa una superficie mayor que la del área gravitacional, se debe calcular según el

procedimiento anterior. En cuanto al cálculo de K, se puede emplear un área ocupada por el trabajador de 0.5 m<sup>2</sup> y una altura promedio de 1.65 m [39].

### **1.3.18 Software WinQSB**

Es una herramienta polifacética capaz de abordar una amplia variedad de desafíos en áreas como administración, producción, recursos humanos y dirección de proyectos. Gracias a su facilidad de uso y capacidad robusta, este software se convierte en un recurso esencial para estudiantes de pregrado o postgrado que participan en disciplinas como investigación de operaciones, métodos de trabajo, planificación de la producción, evaluación de proyectos, control de calidad, simulación, estadística, entre otras [20].

#### **1.3.18.1 Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout).**

Aborda tres desafíos esenciales: la ubicación eficiente, el diseño funcional y la línea de equilibrio [20]. Ofrece capacidades para:

- Resolver problemas de localización, ya sean simples o múltiples.
- Utilizar tres medidas distintas de distancia.
- Presentar la solución de manera gráfica.
- Exhibir el diseño y análisis de la distancia.

En cuanto a los problemas de línea de equilibrio, proporciona un desglose detallado de las tareas asignadas y presenta la solución del diseño de la línea de forma visual en un gráfico.

### **1.3.19 Método de carga-distancia**

Este enfoque se basa en un modelo matemático utilizado para evaluar ubicaciones mediante factores de proximidad. El propósito principal es elegir una ubicación que minimice la suma total de cargas ponderadas que entran y salen de la instalación [40]. La evaluación de la distancia entre dos puntos se realiza mediante la asignación de

coordenadas en una cuadrícula de mapa. Alternativamente, se puede emplear el tiempo en lugar de la distancia. Para cálculos aproximados, se recurre a la medición de la distancia euclidiana y de la distancia rectilínea.

### 1.3.19.1 Distancia euclidiana

La distancia euclidiana representa la distancia en la trayectoria más corta entre dos puntos [40]. Para calcularla, se traza una gráfica con el punto A que representa la localización del proveedor y el punto B que representa la posible ubicación del almacén [41]

$$d_{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2} \quad (10)$$

Donde:

- $d_{AB}$  = distancia entre los puntos A y B.
- $x_A$  = coordenada x del punto A.
- $y_A$  = coordenada y del punto A.
- $x_B$  = coordenada x del punto B.
- $y_B$  = coordenada y del punto B.

### 1.3.19.2 Distancia rectilínea

En cuanto a la distancia rectilínea, esta mide la distancia entre dos puntos mediante una serie de giros de 90°. Se determina sumando dos líneas trazadas con trazos interrumpidos que forman la base y uno de los lados del triángulo. La distancia recorrida en la dirección x se obtiene como el valor absoluto de la diferencia en las coordenadas x [41].

$$d_{AB} = |x_A - x_B| + |y_A - y_B| \quad (11)$$

Donde:

- $d_{AB}$  = distancia entre los puntos A y B.
- $x_A$  = coordenada x del punto A.
- $y_A$  = coordenada y del punto A.
- $x_B$  = coordenada x del punto B.
- $y_B$  = coordenada y del punto B.

### 1.3.20 Software Flexsim

Es un programa de simulación de eventos discretos llamado Flexsim, que posibilita la modelización, análisis, visualización y optimización de diversos procesos industriales, abarcando desde operaciones de fabricación hasta cadenas de suministro. Flexsim se destaca por su capacidad de construir y ejecutar modelos en un entorno 3D desde el principio [42].

Actualmente, empresas líderes en la industria utilizan este software para simular sus procesos productivos antes de implementarlos. Las simulaciones por computadora, especialmente en entornos 3D, son cruciales para la toma de decisiones en diversas áreas, como manufactura, agencias de viaje, finanzas, metalmecánica, producción y cadenas de suministro.

Flexsim se caracteriza como un eficiente programa de simulación que permite la visualización, optimización y control de procesos productivos, desde operaciones y logística hasta control de materiales y manufactura. Facilita el análisis estadístico del rendimiento del proceso, identificando cuellos de botella y flujos mediante tablas, gráficos y reportes estadísticos[43]. Este software representa una innovación significativa en la industria de simulación debido a su amplio manejo y conectividad. Su facilidad de uso permite desarrollar modelos complejos o simples con facilidad.

En la simulación con Flexsim, se trabajan con valores promedio en los modelos, aunque se destaca que no siempre es beneficioso utilizar estos números, ya que no

reflejan la variabilidad y la aleatoriedad inherentes a la duración de operaciones o actividades.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Diseñar una distribución de planta para mejorar los procesos productivos en la empresa DEPORTEX.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar los procesos de la empresa DEPORTEX, desde la recepción de materiales hasta la entrega de productos terminados.
- Evaluar las limitaciones actuales de la distribución de planta en la empresa DEPORTEX.
- Establecer una alternativa de mejora para el flujo logístico de la empresa.


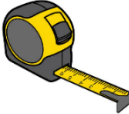




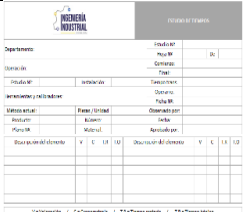


## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

En esta sección se detallan los materiales y herramientas utilizados para la elaboración del presente proyecto de investigación.

Tabla 1. Materiales empleados en el estudio.

Materiales	Utilidad	Fotografía
Cámara Fotográfica	Toma de fotografías de procesos y evidencias de la empresa	
Flexómetro	Toma de medidas para la planimetría y análisis barios según la metodología a aplicar	
Microsoft Word	Software el cual documentara todo el trabajo.	
Microsoft Excel	Software de apoyo para la realización de desgramas estadísticos y diferentes métodos de análisis.	
AutoCAD 2020	Software de diseño 2D y 3D para la elaboración de planos y modelos en 3d de diferentes objetos.	
Flexsim 2022	Software de simulación de los procesos tanto antiguos como propuestos.	
Cronómetro	Herramienta para la toma de tiempos de los procesos de producción y administración.	
Ficha de registro de tiempos	Herramienta manual para la documentación de los tiempos existentes en la empresa.	

## **2.2 Métodos**

El presente proyecto de investigación adoptó un enfoque aplicado que integra los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos a lo largo de la carrera. Utilizando tanto métodos cualitativos como cuantitativos. Es cualitativo debido a que se emplea la recolección de datos sin medición numérica, es decir se enfoca en observar la realidad de la empresa DEPORTEX en cuestión de distribución de instalaciones para comprender de manera profunda y detallada los factores no numéricos y subjetivos de la organización. También, se emplea el enfoque cuantitativo debido a que se hace uso de la medición numérica y el análisis estadístico para la evaluación de la organización respecto a los procesos productivos y el flujo logístico con la finalidad de identificar y analizar las causas que generan la problemática en la distribución de instalaciones de la empresa DEPORTEX, con el fin de proponer una solución efectiva.

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

#### **Investigación Bibliográfica Documental**

El presente proyecto se basa en la investigación bibliográfica – documental como método para ampliar los conocimientos sobre el tema propuesto. Se enfoca en la revisión de contribuciones científicas y culturales de diversos autores relevantes en el campo. Se hace especial énfasis en la búsqueda de información pertinente en investigaciones previas y fuentes confiables como libros, artículos científicos, revistas indexadas, normativas vigentes en el país y páginas web reconocidas por su confiabilidad.

#### **Investigación de campo**

La aplicación de la investigación campo tiene lugar en las instalaciones de la empresa con el fin de observar el fenómeno del estudio, facilitando la obtención de información veraz, necesaria y oportuna, que permite reconocer los problemas relacionados con la distribución de instalaciones.

## **Investigación Aplicada**

En la presente investigación se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial, especialmente en los módulos de diseño y organización de plantas e ingeniería de métodos. El objetivo principal es abordar los desafíos existentes en este ámbito, al observar de cerca la realidad de las condiciones actuales de la empresa DEPORTEX. A través de un enfoque basado en la aplicación de conceptos teóricos y prácticos, se buscará identificar y resolver problemas relacionados con la distribución de planta, optimizando los recursos y mejorando la eficiencia operativa.

### **2.2.2 Población y muestra**

Para el caso de estudio, se considerará la totalidad de los procesos productivos en la empresa DEPORTEX como la muestra. Cabe recalcar que la empresa no cuenta con documentación alguna sobre sus procesos. Sin embargo, en una primera visita, se pudo apreciar que su cadena de valor no implica un flujo de trabajo representativo, por lo que una vez levantados dichos procesos, se trabajará sobre todos ellos.

### **2.2.3 Recolección de información**

La recolección de información se llevará a cabo mediante la toma de datos del proceso de producción, mediante la utilización de las siguientes técnicas e instrumentos para cumplir con los objetivos planteados:

- **Observación Directa:** A través de esta técnica se recopiló información relevante del proceso productivo, utilizando fichas de observación, registros y cursogramas analíticos.
- **Entrevista:** Mediante esta técnica se identificarán aspectos clave necesarios para el desarrollo del trabajo de investigación, y se realizan entrevistas a expertos en el tema, como el gerente.

#### **2.2.4 Procesamiento y análisis de datos**

Los datos obtenidos se procesaron y analizaron de la siguiente manera:

- Evaluar la información y los datos recopilados mediante la observación directa. Para ello, se utilizará una lista de verificación y se llevará a cabo entrevistas al personal. Durante este proceso de evaluación, se descartarán aquellos datos e información que presenten inconsistencias, estén incompletos, sean incorrectos o no sean relevantes para la investigación.
- Ingresar la información documental recopilada en el software Microsoft Word, garantizando así su registro y almacenamiento. Además, se complementará la validez y veracidad de los datos con fotografías e información recolectada.
- Elaborar diagramas de flujo, organigramas y otros elementos relacionados con el desarrollo de las actividades, utilizando el software Microsoft Visio, para visualizar de manera clara y precisa la información recopilada.
- Diseñar la disposición propuesta de las instalaciones considerando un mapeo de los productos internos. Esto permitirá tener una representación gráfica de la distribución actual.
- Registrar los datos cuantitativos obtenidos del estudio de tiempos y movimientos para su procesamiento y análisis estadístico.
- Realizar un análisis de los resultados obtenidos, mediante la creación de tablas comparativas que contrasten la distribución actual con la propuesta. Esto permitirá identificar y evaluar las diferencias entre ambas y tomar decisiones informadas.

## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Descripción de la empresa

DEPORTEX es una empresa ubicada en Ambato que se dedica a la fabricación y comercialización al por mayor de productos textiles, con especialización en la confección de medias deportivas. Fundada hace más de una década, DEPORTEX estableció una sólida presencia en el mercado de productos deportivos, brindando a sus clientes una amplia gama de medias deportivas para dama, niños y caballeros. La empresa destaca por su compromiso con la calidad, comodidad y frescura de sus productos, diseñados para satisfacer las necesidades diarias de sus consumidores.

La empresa inició sus operaciones hace más de diez años como una pequeña empresa de confección de medias deportivas en la ciudad de Ambato. Desde sus humildes comienzos, la empresa experimentó un crecimiento constante gracias a su enfoque en la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Su compromiso con la innovación fue fundamental para su éxito a lo largo del tiempo.

A pesar de su éxito y crecimiento sostenido, DEPORTEX enfrenta actualmente un desafío significativo en su proceso de producción y organización interna. El problema más destacado es la falta de delimitación de áreas de trabajo y la operación empírica en su espacio de producción. El espacio disponible es limitado debido a que la producción no es a gran escala ni compleja, sin embargo, no se está aprovechando de manera óptima y el flujo de materiales, personal y equipos es deficiente. La Figura 10, muestra el logotipo de la empresa



Figura 10. Logotipo de la empresa

### 3.2 Misión

En DEPORTEX, nuestra misión es construir una empresa líder en la fabricación de medias deportivas para damas, hombres y niños de todas las edades, ofreciéndolas a precios accesibles para la comunidad. Nos comprometemos a mantener una relación excepcional con nuestros clientes, brindando un servicio de atención al cliente inigualable. Además, valoramos a nuestros empleados y gerencia, reconociéndolos como el corazón y alma de nuestra empresa.

### 3.3 Visión

DEPORTEX aspira a convertirse en una empresa consolidada con un equipo de profesionales altamente calificados y un sistema operativo sólido. Tenemos como objetivo no solo servir a nuestros clientes en Ecuador, sino también ingresar con éxito en nuevos mercados, manteniendo siempre la satisfacción del cliente como nuestro principal enfoque.

### 3.4 Ubicación

La empresa DEPORTEX se encuentra ubicada en la ciudad de Ambato, parroquia Huachi Chico, en las calles Antonio Salas y Manuel Samaniego como se visualiza en la Figura 11.



Figura 11. Ubicación de la empresa

### 3.5 Organigrama estructural

DEPORTEX es una empresa líder en la fabricación y comercialización de medias deportivas ubicada en Ambato. La estructura organizativa de DEPORTEX se compone de tres áreas fundamentales, cada una con roles y responsabilidades específicas. La Figura 12 muestra el organigrama estructural de la empresa.

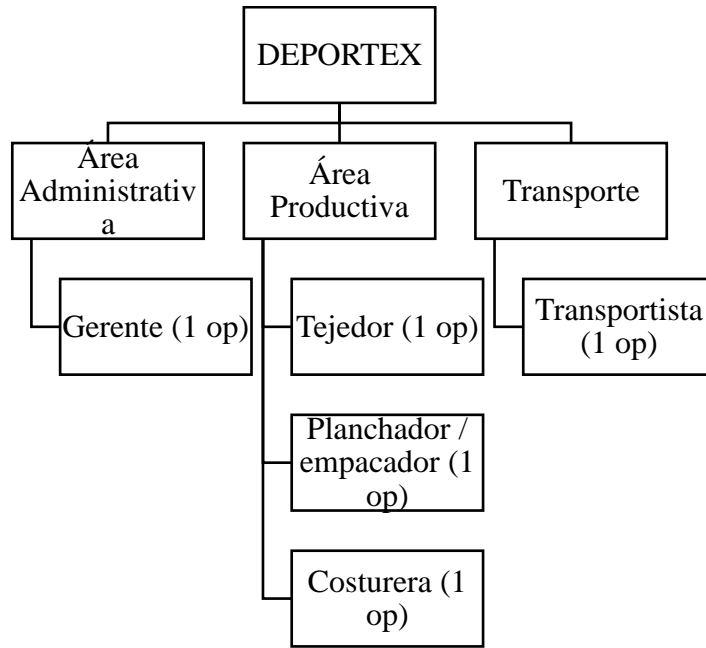


Figura 12. Organigrama estructural de la empresa

En el área administrativa, encontramos al Gerente, una posición clave en la empresa. El Gerente de DEPORTEX es responsable de la toma de decisiones estratégicas que afectan a toda la organización. Supervisa la gestión general de la empresa, la coordinación con las demás áreas y asegura que los objetivos y metas se alcancen de manera eficiente.

La producción de medias deportivas es el núcleo de la operación de DEPORTEX. En esta área, se encuentran los roles principales. El Tejedor es responsable de la confección de las medias deportivas, asegurando la calidad y la eficiencia en el proceso de tejido. Por otro lado, el equipo de planchador y costurera desempeña un papel crucial en la etapa final de producción, garantizando que las medias estén en perfectas condiciones y listas para su distribución.

El transporte es una parte esencial del negocio de DEPORTEX. Aquí, el Transportista es la figura principal. Su función es asegurar la entrega puntual de los productos a los clientes y distribuidores. Esto implica la coordinación de rutas, la gestión de la logística y la mantención de un alto estándar de servicio al cliente.

Esta estructura organizativa permite que DEPORTEX funcione de manera efectiva y eficiente, abarcando todas las áreas clave de la producción y distribución de medias deportivas. Cada miembro de la empresa desempeña un papel vital en el éxito continuo de la empresa.

### 3.6 Diagrama del flujo para el proceso confección de medias deportivas

El proceso de confección de medias deportivas es esencial en la industria textil, donde la combinación de comodidad, durabilidad y diseño es de suma importancia. Para comprender este proceso de manera más clara y eficiente, se creó un diagrama de flujo que ilustra las diferentes etapas y decisiones involucradas en la fabricación de estas prendas. Este diagrama se ilustra en la Figura 13, y sirve como una guía para seguir el camino desde la selección de materiales hasta el almacenamiento del pedido.

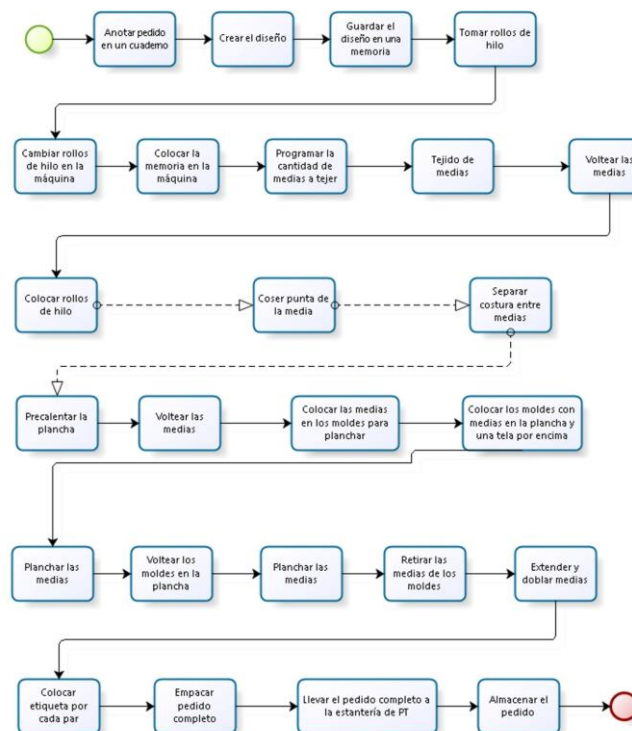


Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de confección de medias



### 3.7 Área de almacenamiento de materia prima

En el área de almacenamiento de materia prima se almacenan de manera organizada y eficiente los rollos de hilo de diferentes colores y tipos que se utilizan en el proceso de tejido de las medias deportivas. Estos rollos de hilo son fundamentales para crear los diseños específicos requeridos por los clientes y para garantizar la calidad y consistencia de las medias. El personal en esta área se encarga de llevar un registro preciso de los diferentes tipos de hilo, colores y cantidades disponibles en inventario. Además, se coordina estrechamente con el área de tejido para asegurarse de que los operarios tengan acceso rápido a los rollos de hilo necesarios para cada diseño. En la Figura 14 se observa una estantería de materia prima donde se encuentran distintos rollos de hilo, agrupados por color.



Figura 14. Almacenamiento de materia prima

### 3.8 Área de Diseño

El área de diseño es esencial para transformar las necesidades y preferencias de los clientes en diseños concretos y atractivos. Utilizando el programa ZX6F en una computadora, se crean representaciones gráficas detalladas de las medias, considerando aspectos como colores, patrones, logotipos y materiales. Se trabaja en estrecha colaboración con los clientes para garantizar que sus expectativas se cumplan y coordinan con el área de producción para asegurar que los diseños se conviertan en productos de alta calidad. Este proceso integral asegura que las medias deportivas sean

funcionales, cómodas y visualmente atractivas, satisfaciendo las demandas de los deportistas y los equipos deportivos. En la Figura 15 se muestra el computador donde se crean los nuevos diseños a confeccionar.



Figura 15. Creación del diseño de la media

### **3.9 Área de Tejido**

El área de tejido en DEPORTEX es una parte fundamental del proceso de fabricación de medias deportivas, donde se materializan los diseños previamente elaborados. En esta área, los diseños son transferidos desde una memoria de computadora a la tejedora, donde los operarios altamente capacitados toman el relevo. Su tarea principal consiste en cargar los diseños, asegurándose de que los hilos de diferentes colores se coloquen de manera precisa para replicar el patrón deseado según el pedido del cliente. Además de esta labor, el operario es responsable de mantener las tejedoras en óptimas condiciones, reemplazando los rollos de hilos agotados y sustituyendo las agujas que puedan romperse durante el proceso. La precisión y habilidad del operario en esta área es esencial para garantizar que las medias deportivas cumplan con los estándares de calidad y diseño del producto. En la Figura 16 se observa al operario tejedor programando la máquina tejedora.



Figura 16. Tejido de la media

### 3.10 Área de Costura

Una vez que las medias son tejidas en el área de tejido, son enviadas a esta sección para llevar a cabo la unión de las partes de la media, en particular, la costura de la punta de la misma. En esta área, se utiliza una máquina overlock, una herramienta especializada que asegura costuras limpias, resistentes y de alta calidad. Además de coser la punta de la media, también se puede realizar otras operaciones de costura si es necesario, como la unión de las partes del talón o la costura de los elásticos. La precisión y la atención al detalle son esenciales en esta etapa para garantizar que las medias deportivas sean cómodas, duraderas y estén listas para su distribución y uso por parte de los clientes. Este proceso de costura final es fundamental para el acabado de alta calidad que caracteriza a DEPORTEX en la industria de la confección deportiva. La Figura 17 muestra a la costurera cerrando las medias deportivas.



Figura 17. Costura de la media

### 3.11 Área de Planchado

Una vez que las medias deportivas pasan por el área de costura y están completamente terminadas, son enviadas al área de planchado. En este departamento, se utiliza maquinaria especializada para darles un planchado profesional y uniforme. El operario en el área de planchado tiene la tarea de asegurarse de que las medias deportivas estén libres de arrugas, pliegues y cualquier irregularidad en la superficie. Esto no solo mejora la apariencia del producto, sino que también garantiza la comodidad y el ajuste adecuado cuando los clientes las usan durante actividades deportivas. La calidad y la atención al detalle son clave en esta área para que las medias deportivas de DEPORTEX cumplan con los estándares de calidad y presentación, ofreciendo productos de alta calidad a sus clientes. En la Figura 18 se observa a la trabajadora encargada del planchado y etiquetado retirando las medias de la plancha.



Figura 18. Planchado de la media

### 3.12 Área de Etiquetado y Empacado

Este proceso comienza una vez que las medias pasan por las etapas de diseño, tejido, costura y planchado. Aquí se lleva a cabo la identificación y el empaque de los productos de manera cuidadosa y eficiente. En el área de etiquetado, se aplican las etiquetas de marca, tallas y cualquier otra información importante a cada par de medias. Esto garantiza que los productos estén debidamente identificados y que los clientes puedan seleccionar el tamaño y el estilo correctos. Posteriormente, en el área de empackado, las medias se empaquetan de manera segura y atractiva, listas para su

envío o colocación en el inventario. Este proceso se lleva a cabo siguiendo estándares de calidad y presentación, asegurando que los productos DEPORTEX lleguen a manos de los clientes en óptimas condiciones y con una imagen profesional. La Figura 19 muestra las medias siendo etiquetadas y listas para empacar.



Figura 19. Etiquetado y empaçado de la media

### 3.13 Área de Almacenamiento de Producto Terminado

El área de almacenamiento en DEPORTEX es un área donde se almacenan de manera organizada y segura los diferentes pedidos y productos terminados, asegurando que estén listos para ser enviados a los clientes o distribuidos. El espacio de almacenamiento está diseñado para acomodar una variedad de tamaños y estilos de medias deportivas, así como para mantener un control preciso de los niveles de inventario. En la Figura 20 se observan varios paquetes de producto terminado.



Figura 20. Almacenamiento de producto terminado

### 3.14 Cumplimiento de los principios de distribución de planta actual

Tabla 2. Principios de distribución de planta actual


Principio de distribución	Descripción actual del proceso	Cumplimiento		Imagen descriptiva	Observación
		Si	No		
1.Integración por conjunto	La empresa actualmente no cumple plenamente con el principio de integración en conjunto debido a su distribución realizada de manera empírica y su enfoque operativo diario, limitando la planificación estratégica y la coordinación global entre las áreas de la empresa, afectando la integración de hombres, materiales, maquinaria e instalaciones.		X		La materia prima y los equipos utilizados no cuentan con lugares adecuados, lo que podría impactar negativamente en la eficiencia operativa. La ausencia de espacios designados para la materia prima y los equipos podría dar lugar a confusiones, retrasos en la producción y posibles riesgos laborales.

Tabla 2. Principios de distribución de planta actual (continuación)

Principio de distribución	Descripción actual del proceso	Cumplimiento		Imagen descriptiva	Observación																														
		Si	No																																
2. Mínima distancia recorrida	La situación observada no cumple con el principio de mínima distancia recorrida debido a la falta de una disposición organizada y eficiente de la materia prima, los equipos utilizados y las áreas de almacenamiento. La disposición actual no está optimizada para minimizar los desplazamientos necesarios en las operaciones diarias, lo que aumenta la distancia recorrida para llevar a cabo las tareas.		X	<p>El diagrama de recorrido de planta muestra un flujo de producción que comienza en el almacenamiento de materia prima (ESTANTERIAS DE MATERIA PRIMA) y avanza a través de varias etapas: diseño (DISEÑO), corte y ensamblaje (CORTADO Y ENMAQUETADO), tejido (TEJIDO) y costura (COSTURA). El diagrama también muestra áreas de almacenamiento de productos terminados (ESTANTERIAS DE PRODUCTO TERMINADO) y un compresor (COMPRESOR). El diagrama está dividido en cuadrantes numerados 1, 2, 3 y 4, y letras A, B, C, D, E.</p> <p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <table border="1"> <tr><td>COM</td><td>Comedor</td></tr> <tr><td>DES</td><td>Diseño</td></tr> <tr><td>PLA</td><td>Planchado</td></tr> <tr><td>TEJ</td><td>Tejido</td></tr> <tr><td>COS</td><td>Costura</td></tr> <tr><td>PRO</td><td>Producto terminado</td></tr> <tr><td>CON</td><td>Comedor</td></tr> </table> <p>Tolerancia:    Peso:    <b>FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL</b></p> <table border="1"> <tr><td>fecha</td><td>Nombre</td><td>Denominación:</td><td>ESCALA:</td></tr> <tr><td>Dib. 2011/03/01</td><td>RICARDO SUAREZ</td><td>ÁREA DE PRODUCCIÓN EMPRESA DEPORTEX</td><td>1:1</td></tr> <tr><td>Rev. 2011/03/01</td><td>ORTIZ CHRISTIAN</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Apro.</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Numero de Dibujo: Distribución actual    MARCA DE REGISTRO</p> <p>Sustitución:</p>	COM	Comedor	DES	Diseño	PLA	Planchado	TEJ	Tejido	COS	Costura	PRO	Producto terminado	CON	Comedor	fecha	Nombre	Denominación:	ESCALA:	Dib. 2011/03/01	RICARDO SUAREZ	ÁREA DE PRODUCCIÓN EMPRESA DEPORTEX	1:1	Rev. 2011/03/01	ORTIZ CHRISTIAN			Apro.				En el diagrama de recorrido se observa que el proceso de diseño y las estanterías que almacenan la materia prima están ubicados a una distancia considerable de la línea de producción. Esta disposición puede tener implicaciones en la eficiencia del proceso, ya que implica desplazamientos significativos entre las áreas de diseño, almacenamiento y producción.
COM	Comedor																																		
DES	Diseño																																		
PLA	Planchado																																		
TEJ	Tejido																																		
COS	Costura																																		
PRO	Producto terminado																																		
CON	Comedor																																		
fecha	Nombre	Denominación:	ESCALA:																																
Dib. 2011/03/01	RICARDO SUAREZ	ÁREA DE PRODUCCIÓN EMPRESA DEPORTEX	1:1																																
Rev. 2011/03/01	ORTIZ CHRISTIAN																																		
Apro.																																			

Tabla 2. Principios de distribución de planta actual (continuación)

Principio de distribución	Descripción actual del proceso	Cumplimiento		Imagen descriptiva	Observación
		Si	No		
3. Flujo de materiales	En la mayoría de los procesos se cumple con el principio de flujo de materiales. La presencia de estanterías de materia prima cercanas al área de producción sugiere una disposición que facilita un flujo de materiales ordenado. Esta organización minimiza los desplazamientos y tiempos de transporte.	X			Se evidencia una disposición de estanterías de materia prima cercanas a los procesos de planchado, empackado y etiquetado. Sin embargo, se nota que estas estanterías siguen encontrándose lejos del proceso de tejido, que es el que más demanda esta materia prima. Esta distribución podría generar desplazamientos innecesarios de material entre el área de tejido y las estanterías.



Tabla 2. Principios de distribución de planta actual (continuación)


Principio de distribución	Descripción actual del proceso	Cumplimiento		Imagen descriptiva	Observación
		Si	No		
4. Espacio cúbico	Aunque existe suficiente espacio tanto de forma vertical como horizontal, la presencia de máquinas inactivas dentro del área de producción podría afectar la eficiencia del uso del espacio. La optimización del espacio cúbico implica no solo tener suficiente espacio, sino también asegurarse de que los recursos, como las máquinas, se utilicen de manera eficiente.		X		Las instalaciones cuentan con la presencia de varias máquinas inactivas dentro del área de producción. Esta situación podría indicar un subaprovechamiento de recursos. La presencia de máquinas inactivas puede tener implicaciones en términos de costos operativos y productividad.

Tabla 2. Principios de distribución de planta actual (continuación)



Principio de distribución	Descripción actual del proceso	Cumplimiento		Imagen descriptiva	Observación
		Si	No		
5. Satisfacción y seguridad	La ausencia de señales de avisos en toda la instalación y la carencia de Equipos de Protección Personal (EPP) necesario para el personal sugieren deficiencias significativas en términos de seguridad y bienestar laboral. Este incumplimiento puede tener repercusiones negativas en la seguridad de los trabajadores.		X		El trabajador capturado en la fotografía no utiliza EPP, lo que lo expone a riesgos innecesarios durante la ejecución de sus tareas. Además, se nota la ausencia de señalética en la planta, lo que dificulta la identificación y conciencia de posibles riesgos.


















Tabla 2. Principios de distribución de planta actual (continuación)

Principio de distribución	Descripción actual del proceso	Cumplimiento		Imagen descriptiva	Observación
		Si	No		
6. Flexibilidad	La empresa muestra flexibilidad al adaptar su producción a fluctuaciones estacionales durante temporada baja. No obstante, la restricción a un solo tipo de producto indica limitaciones para adaptarse ágilmente a cambios en el mercado. La falta de métodos de producción eficientes y adaptables revela una carencia en la capacidad de ajuste rápido a modificaciones en el entorno empresarial.		X		Existen varias máquinas inactivas en el entorno de producción. La falta de adaptabilidad para poner en funcionamiento estas máquinas según las necesidades del proceso productivo podría indicar rigidez en la capacidad de respuesta a cambios en la demanda o en las condiciones del mercado.

### 3.15 Cursograma analítico

En la tabla 3 se desarrolló un detallado cursograma que muestra las diferentes operaciones y los tiempos requeridos para llevar a cabo cada una de ellas en el proceso de fabricación de un lote de 24 medias, equivalentes a 12 pares. Este minucioso análisis permite comprender en profundidad el flujo de trabajo necesario para producir estas medias, desde la anotación del pedido hasta el almacenamiento del pedido completo en la estantería de productos terminados. Cada etapa del proceso fue meticulosamente evaluada y cronometrada para garantizar la eficiencia y calidad en la producción.

Tabla 3. Cursograma analítico propuesto

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL "DEPORTEX"							
Cursograma analítico			Operario/Material/Equipo						
Diagrama	1 de 1	Resumen							
Proceso	Producción de medias deportivas	Actividad	Actual						
			Cantidad	Tiempo					
Método	Actual	<b>Operación</b>		23	10117				
Producto	12 pares	<b>Transporte</b>		5	51				
Elaborado	Sebastián Inca	<b>Inspección</b>		1	65				
Aprobado	Ing. Christian Ortiz	<b>Espera</b>		1	600				
Fecha	07/10/2023	<b>Combinada</b>		1	82				
Observación:		<b>Almacenamiento</b>		1	10				
		<b>Distancia (m)</b>		41,10					
		<b>Tiempo (s)</b>		10925					
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Simbología					
		[m]	[s]						
Abrir software de diseño	1		18						
Buscar el diseño	1		14						
Cambiar y guardar diseño	1		322						
Trasladarse a las estanterías de MP	1	1,93	3						

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS  
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
"DEPORTEX"**

<b>Cursograma analítico</b>			<b>Operario/Material/Equipo</b>						
Escoger rollos de hilo	1		18	●					
Transportar hilos y memoria a la tejedora	1	9,67	12		➔				
Colocar rollos de hilo en la tejedora	1		127	●					
Insertar memoria SD	1		6	●					
Programar la máquina tejedora	1		61	●					
Tejido de medias	1		7230	●					
Voltear las medias	1		113	●					
Conteo e inspección de medias	1		82					◻	
Transportar medias hacia el área de costura	1	7,66	10		➔				
Colocar rollos de hilo	1		82	●					
Coser punta de la media	1		101	●					
Conteo de medias	1		10	●					
Separar costura entre medias	1		14	●					
Inspeccionar costura de las medias	1		65			■			
Transportar las medias hacia la plancha	1	5,74	8		➔				
Precalentar la plancha	1		600				●		
Voltear las medias	1		131	●					
Colocar las medias en los moldes para planchar	1		315	●					
Colocar los moldes con medias en la plancha y una tela por encima	1		93	●					
Planchar las medias	1		367	●					
Voltear los moldes en la plancha	1		274	●					
Planchar las medias	1		229	●					

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL "DEPORTEX"						
Cursograma analítico			Operario/Material/Equipo					
Retirar las medias de los moldes	1		176	●				
Extender y doblar medias	1		183	●				
Colocar etiqueta por cada par	1		209	●				
Empacar pedido completo	1		24	●				
Llevar el pedido completo a la estantería de PT	1	16,10	18		➡			
Almacenar el pedido	1		10					▼
<b>TOTAL</b>		<b>41,10</b>	<b>10117</b>					

### 3.16 Resumen del cursograma analítico

El proceso comprende un total de 32 actividades, distribuidas en 23 operaciones, 1 operación combinada, 1 inspección, 5 transportes, 1 demora y 1 almacenamiento. Este conjunto de actividades se resume en la Tabla 4 totalizando 10925 segundos para la fabricación de 12 pares de medias, con una distancia recorrida de 41.10 metros.

Tabla 4. Resumen del cursograma analítico propuesto

Resumen			
Actividad		Actual	
		Cantidad	Tiempo (s)
Operación	●	23	10117
Transporte	➡	5	51
Inspección	■	1	65
Espera	●	1	600
Combinada	□	1	82
Almacenamiento	▼	1	10

### 3.17 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos desempeña un papel fundamental en la mejora de los procesos industriales, permitiendo una optimización precisa de las operaciones. En este contexto, se llevó a cabo un estudio de tiempos en los diversos procesos detallados en la Tabla 5. Esto se implementó de acuerdo con los criterios de tamaño de muestra de General Electric. Esta metodología proporciona una visión detallada de la variabilidad en los tiempos de producción, lo que es esencial para identificar oportunidades de eficiencia y tomar decisiones informadas para mejorar la productividad y la calidad en los procesos industriales.

Tabla 5. Procesos para estudio de tiempos

<b>Código</b>	<b>Procesos</b>
<b>1</b>	Diseño
<b>2</b>	Tejido
<b>3</b>	Costura
<b>4</b>	Planchado
<b>5</b>	Etiquetado y Empacado

En la Tabla 6 se recopilaron un total de 10 observaciones, resultando en un tiempo normal de 389,4 segundos para la fase de diseño en la computadora. Esto implica que en dicho período se completa un diseño específico para un total de 24 medias. Este procedimiento de estudio de tiempos se replica para los demás procesos, detallados en el Anexo B.

Tabla 6. Estudio de tiempos del proceso de diseño

		Toma de tiempos del proceso de Diseño													
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (s)										TT	TP	Id	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Abrir software de diseño	17	17	19	20	15	19	16	17	19	14	173	17,3	100%	17,3
2	Buscar el diseño	14	17	12	15	14	13	16	12	17	11	141	14,1	100%	14,1
3	Cambiar y guardar diseño	327	317	322	325	322	324	327	320	319	321	3224	322,4	100%	322,4
4	Trasladarse a las estanterías de MP	4	3	3	5	6	4	3	5	6	4	43	4,3	100%	4,3
5	Escoger rollos de hilo	14	29	12	20	18	16	19	21	17	22	188	18,8	100%	18,8
6	Transportar hilos y memoria a la tejedora	10	14	13	12	14	13	12	9	13	15	125	12,5	100%	12,5
Nota: TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Id: Índice de desempeño TN: Tiempo normal (TN=TP*Id).												Tiempo de ciclo		389,4	



### 3.18 Suplementos

Los suplementos son factores que se aplican a los tiempos estándar de una operación para considerar condiciones especiales que pueden influir en la productividad, como la fatiga del trabajador, interrupciones no planificadas, tiempos de espera, entre otros. En este contexto, la determinación precisa de los suplementos es esencial para asegurar que los tiempos establecidos reflejen de manera realista el desempeño de los trabajadores en el entorno de trabajo. Este proceso de cálculo de suplementos se apoya en una cuidadosa evaluación de las condiciones reales en las que se lleva a cabo la operación, y su resultado tiene un impacto significativo en la planificación de recursos y la gestión de la producción. La Tabla 7 muestra los suplementos contemplados para el operario del proceso de diseño. Este procedimiento se repite para los demás operarios, siendo estos detallados en el Anexo D. Destacando que el operario que realiza las actividades de planchado y etiquetado es el mismo

Tabla 7. Suplementos del operario encargado del proceso de diseño

<b>Suplemento</b>			
<b>Género del operario</b>	Hombre	<b>Operación:</b>	Diseño
<b>Valoración</b>			
Suplementos constantes	Descripción		Valor
	A	Por necesidades personales	5
	B	Por fatiga	4
<b>Valoración</b>			
Suplementos Variables	A	Trabajo de pie	2
	B	Postura anormal	0
	C	Energía muscular	0
	D	Iluminación	0
	E	Condiciones atmosféricas	0
	E	Concentración intensa	2
	F	Ruido	0
	G	Tensión mental	1
	H	Monotonía	0
	I	Tedio	0
<b>Total</b>			<b>14</b>

En el caso del procedimiento de diseño, la ejecución está a cargo de un operario de género masculino, por lo que se deben considerar los valores correspondientes para un hombre según la tabla de suplementos correspondiente al Anexo C. Esto resulta en suplementos constantes de 9 y suplementos variables de 5, totalizando un valor de 14 en suplementos.

### 3.19 Tiempo estándar

El cálculo del tiempo estándar es una fase esencial en la gestión de la producción y la optimización de procesos industriales. Este proceso implica determinar la cantidad de tiempo que se necesita para llevar a cabo una tarea específica bajo condiciones normales, teniendo en cuenta factores como la habilidad del trabajador, las condiciones de trabajo, la calidad del equipo y otros elementos relevantes. Establecer un tiempo estándar preciso es fundamental para la planificación de la producción, la asignación de recursos y la evaluación del desempeño. Para calcular el tiempo estándar se utiliza la ecuación 2. Este procedimiento se repite para los demás procesos, detallados en el Anexo E.

$$TE = TN(1 + \text{Permisibilidades}) \quad (2)$$

$$TE = 389,4 \left(1 + \frac{14}{100}\right)$$

$$TS = 443,92 \text{ segundos}$$

Así, como resultado de este procedimiento, se determina que el tiempo estándar para el proceso de diseño en computadora es de 443,92 segundos por cada conjunto de 24 medias o cada docena de pares de medias deportivas.

### 3.20 Tabla resumen de tiempos estándar

A continuación, en la tabla 8, se establecen los tiempos estándar para cada uno de los procesos presentes en la confección de medias deportivas, encontrando así el tiempo que tenga más duración o el cuello de botella.

Tabla 8. Resumen de tiempos estándar

N°	Proceso	Tiempo normal (TN)	Suplementos (%)	Tiempo estándar (s/lote)
1	Diseño	389,40	14	443,92
2	Tejido (8 máquinas)	1299,29	17	1520,17
3	Costura	277,45	20	332,94

N°	Proceso	Tiempo normal (TN)	Suplementos (%)	Tiempo estándar (s/lote)
4	Planchado	1437,50	20	1725,00
5	Etiquetado y Empacado	443,60	20	532,32

Destaca que el proceso que requiere más tiempo es el planchado, con un tiempo estándar de 1725 segundos por lote. Vale la pena mencionar que el tiempo del proceso de tejido fue calculado para las 8 máquinas tejedoras, dado que operan simultáneamente.

### 3.21 Cuello de botella

La capacidad de producción es un factor crítico en la gestión de operaciones y la planificación empresarial. Se refiere a la capacidad máxima que una organización o una línea de producción puede alcanzar en un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta sus recursos, como mano de obra, maquinaria, espacio y materias primas. Después de llevar a cabo el análisis de tiempos para cada proceso, a través de la Figura 21, se muestran los tiempos estándar de cada proceso. Donde se aprecia que el planchado es el cuello de botella debido a que es el proceso que tarda más tiempo respecto a los demás. Con el cuello de botella identificado se procedió a calcular la capacidad de producción.

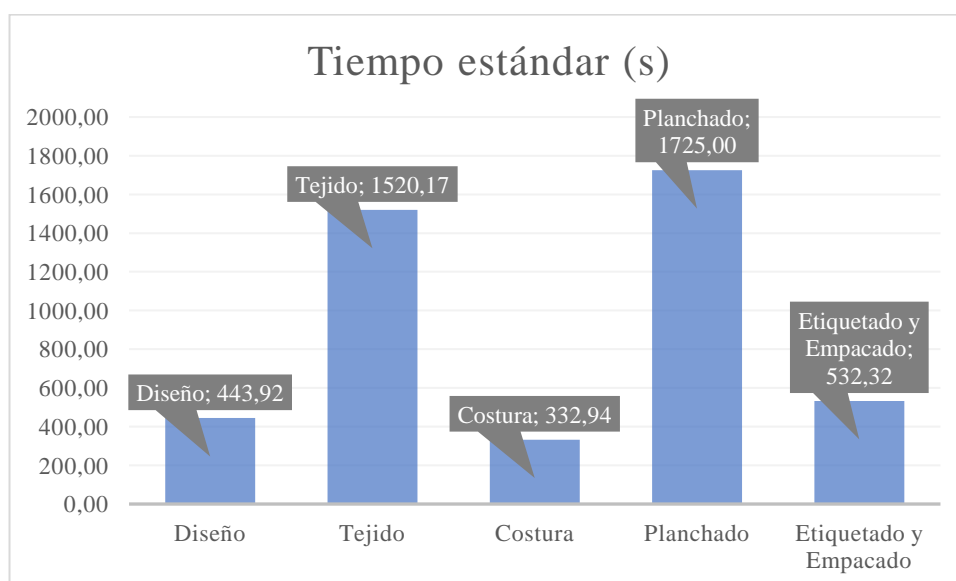


Figura 21. Tiempo estándar de cada proceso

### 3.22 Producción Diaria

El cálculo de la producción diaria desempeña un papel fundamental en la gestión de operaciones y la planificación de la producción en numerosas industrias. Este proceso implica determinar la cantidad de unidades o productos que una línea de producción o una empresa puede generar en un día laboral estándar de 8 horas. El conocimiento de la producción diaria es esencial para establecer metas de producción, monitorear el desempeño, asignar recursos y satisfacer las demandas del mercado de manera eficiente. La producción diaria se calcula con la ecuación 12, y debido a que la capacidad de producción trabaja con segundos, las horas laborales se deben transformar a segundos.

$$\textit{Producción Diaria} = \frac{\textit{Horas laborales al día}}{\textit{Tiempo estándar}} \quad (12)$$

$$\textit{Producción Diaria} = \frac{8h * \frac{60min}{1h} * \frac{60s}{1min}}{1725 s/lote}$$

$$\textit{Producción Diaria} = 16,70 \approx 16 \textit{ Lotes/día}$$

Se determina que la empresa DEPORTEX actualmente produce 16 lotes de 24 medias deportivas al día o una docena de pares. Al contrastar esta cifra con la demanda diaria que es de 18 lotes, es evidente la existencia de una capacidad que podría optimizarse mediante una distribución de planta más eficiente. Ya que la solución de la empresa para satisfacer esta demanda implica el empleo de tiempo extra, un día a la semana un operario se queda 4 horas extra en los procesos de planchado y etiquetado, además de que la empresa también labora los sábados. Produciendo actualmente 13 lotes al día.

### 3.23 Método de Guerchet

Para realizar el cálculo requerido del espacio físico se empleó el método de Guerchet, este método proporciona una estimación precisa del área necesaria dentro del espacio de producción al identificar tanto el número total de elementos estáticos, como la maquinaria, equipos y muebles, además de los elementos móviles, que incluyen el

número de operarios involucrados en el proceso. En la tabla 9, se encuentra en detalle, los equipos, maquinaria que intervienen dentro del proceso.

Tabla 9. Dimensionamiento de los equipos

Dimensionamiento		
Máquinas	Largo (m)	Ancho (m)
Compresor	2,00	0,80
Computador	2,00	0,60
Estanterías	0,52	2,00
Máquina Tejedora	1,50	1,20
Máquina Overlock	0,60	1,00
Mesa	0,60	1,00
Plancha	0,47	0,78

### 3.23.1 Cálculo de superficie estática, gravitacional y evolutiva

Este aspecto hacer referencia a la superficie necesaria para las operaciones dentro de la empresa. Las fórmulas empleadas son las Ecuaciones 3, 4, 5, 6 determinadas con anterioridad:

- $St = n (Ss + Sg + Se)$

- $Ss = Lx A$

- $Sg = n x SS$

- $Se = K (Ss + Sg)$

En la Tabla 10 se calculó la superficie estática para los elementos fijos, mientras que en la Tabla 11 se calculó la superficie gravitacional. Los resultados se enlistan a continuación:

Tabla 10. Cálculo de la superficie estática

<b>Superficie Estática Ss</b>			
Máquinas	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (m <sup>2</sup> )
Compresor	2	0.8	1.60
Computador	2	0.6	1.20
Estanterías	0.52	2	1.04
Máquina Tejedora	1.5	1.2	1.80
Máquina Overlock	0.6	1	0.60
Mesa	0.6	1	0.60
Plancha	0.47	0.78	0.37

Tabla 11. Cálculo de la superficie gravitacional

<b>Superficie Gravitacional Sg</b>			
Máquinas	Lados Efectivos	Valor (m <sup>2</sup> )	SG (m <sup>2</sup> )
Compresor	1	1.60	1.60
Computador	1	1.20	1.20
Estanterías	1	1.04	1.04
Máquina Tejedora	1	1.80	1.80
Máquina Overlock	1	0.60	0.60
Mesa	2	0.60	1.20
Plancha	1	0.37	0.37

### 3.23.1.1 Cálculo del coeficiente de evolución (K)

El coeficiente de evolución representa la relación entre la altura media de todos los elementos móviles a la par de los estáticos. Este valor en especial puede ser calculado por medio de la ecuación 7 mostrada con anterioridad. La tabla 12 muestra el cálculo de la altura promedio de los elementos estáticos para posteriormente calcular el coeficiente de evolución.

$$K = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EE}}$$

Tabla 12. Cálculo de la superficie gravitacional

<b>HEE</b>		
Máquinas	Ss*n*h	Ss*n
Compresor	2,40	1,60
Computador	1,20	1,20
Estanterías	6,24	6,24
Máquina Tejedora	34,56	14,40
Máquina Overlock	0,60	0,60
Mesa	1,80	1,80

HEE		
Plancha	0,37	0,37
Total	47,17	26,21

$$h_{EE} = \frac{\sum_{i=1}^s S s_i x n x h}{\sum_{i=1}^s S s_i x n}$$

$$h_{EE} = \frac{47,61}{26,65}$$

$$h_{EE} = 1,79$$

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^m A_i x n x h}{\sum_{i=1}^m A_i x n}$$

$$h_{EE} = \frac{0,5 * 4 * 1,65}{0,5 * 4}$$

$$h_{EE} = 1,65$$

$$K = \frac{1,65}{2 x 1,79} = 0,46$$

Es importante resaltar que los cálculos se manifiestan con base en todos los lugares de la empresa. Adicionalmente, los elementos móviles conciernen en su totalidad al personal de trabajo; por lo cual los valores del área, altura y número de elementos serán tomados desde la perspectiva global. En términos simples, el área tendrá un valor de 0,5 metros cuadrados, la altura será el promedio (1,65 metros) y por último el valor de elementos móviles es igual número de operarios es decir 4. La Tabla 13 muestra el cálculo de la superficie evolutiva, mientras que la Tabla 14 muestra un resumen de todas las superficies, y el total de cada elemento.

Tabla 13. Cálculo de la superficie evolutiva

<b>Superficie Evolutiva Se</b>				
Máquinas	Área SSi (m <sup>2</sup> )	n	Altura (m)	Se(m <sup>2</sup> )
Compresor	1,60	1	1,50	1,47
Computador	1,20	1	1,00	1,10
Estanterías	1,04	6	1,00	0,95
Máquina Tejedora	1,80	8	2,40	1,65
Máquina Overlock	0,60	1	1,00	0,55
Mesa	0,60	3	1,00	0,83
Plancha	0,37	1	1,00	0,34

Tabla 14. Superficie estática, gravitacional, evolutiva y total

Elemento	Ss(m <sup>2</sup> )	Sg(m <sup>2</sup> )	SE(m <sup>2</sup> )	ST(m <sup>2</sup> )
Compresor	1,60	1,60	1,48	4,68
Computador	1,20	1,20	1,11	3,51
Estanterías	1,04	1,04	0,96	21,28
Máquina Tejedora	1,80	1,80	1,66	42,10
Máquina Overlock	0,60	0,60	0,55	1,75
Mesa	0,60	1,20	0,83	5,26
Plancha	0,37	0,37	0,34	1,07
			Total	79,06

Con base en el análisis de los datos obtenidos con el método de Guerchet, obtenemos que la superficie total requerida para la implementación de los equipos en la planta es de 79,06 metros cuadrados. Considerando que la empresa actualmente cuenta con una superficie de 124,81 metros cuadrados en el área productiva, se cuenta con la cantidad de espacio suficiente para distribuir los equipos y maquinarias de manera eficiente ya que solamente se está utilizando el 63,34% de su capacidad. Sin embargo, se debe considerar que existen máquinas obsoletas, que deberían ser reubicadas.

### 3.24 Método SLP

Este método se utiliza para generar alternativas, tomando como base criterios o razones por las que ciertas áreas deberán mantenerse cercanas, según el grado de importancia. Es importante resaltar que el desarrollo de las actividades dentro de la empresa se



efectúa con base una distribución por proceso y en consecuencia la idea general es abordarla desde una distribución orientada al producto. A continuación, en la Tabla 15, se muestra las áreas que intervienen en el proceso productivo, estableciendo a cada área un código.

### 3.24.1 Etapa 1.- Delimitación de áreas

Tabla 15. Designación de áreas

Código	Área
1	Diseño
2	Tejido
3	Costura
4	Planchado
5	Etiquetado y Empacado
6	Compresor
7	Almacenamiento de materia prima
8	Almacenamiento de producto terminado
9	Estantería de herramientas

Esta tabla además de los procesos incluye los almacenamientos tanto de materia prima como de producto terminado además del compresor y una estantería para herramientas que se propone implementar. No son muy frecuentes dentro del proceso, sin embargo, se consideran en la distribución de la nueva planta. Por otro lado, en la Tabla 16 expuesta a continuación se establecen los indicadores para evaluar la cercanía entre cada una de las operaciones.

### 3.24.2 Etapa 2.- Diagrama de relaciones

Es por medio de estas instancias que se puede realizar la relación entre cada una de las áreas en donde el valor más favorable es A y el valor no favorable como XX, como se establece en la Tabla 16. Dicha tabla además indica un código de colores para realizar un diagrama tentativo. Este sistema de clasificación facilita la toma de decisiones al ofrecer una guía clara para la priorización y gestión de diversos componentes en función de su importancia relativa.

Tabla 16. Valores de relación del método SLP

<b>Código</b>	<b>Proximidad</b>	<b>Color</b>	<b>Nº</b>	<b>Simbología</b>
<b>A</b>	Absolutamente necesario	Rojo	4 rectas	
<b>E</b>	Especialmente importante	Amarillo	3 rectas	
<b>I</b>	Importante	Verde	2 rectas	
<b>O</b>	Normal	Azul	1 recta	
<b>U</b>	Sin importancia	-	-	-
<b>X</b>	No deseable	Plomo	1 zigzag	
<b>XX</b>	Altamente no deseable	Negro	2 zigzag	

Una vez identificados los motivos con los que se va a calificar las áreas y los valores de relación ya planteados por el Método SLP, se realiza la evaluación de cada departamento con base en el diamante de relaciones. Los códigos de relación se enlistan en la Tabla 17.

Tabla 17. Códigos de valoración de relaciones para el Método SLP

<b>Código</b>	<b>Motivo</b>
<b>1</b>	Flujo productivo
<b>2</b>	Utilizan el mismo personal
<b>3</b>	Flujo de información
<b>4</b>	Flujo de materiales
<b>5</b>	Control y supervisión
<b>6</b>	Ruidos, vibraciones, humedad, temperatura, etc.

Una vez establecidos los códigos es importante mostrar la tabla de relación de actividades con base en la secuencia de actividades y su relación. Al ser un proceso reiterativo ciertas áreas comparten personal y desde luego emplean las mismas herramientas. Sin embargo, cada una depende de la otra en cierta instancia. Una vez delimitadas los motivos y/o requerimientos para el desarrollo del proceso es fundamental efectuar un análisis por área de la planta. En la Figura 22 se muestra el diagrama de relaciones de cada proceso.

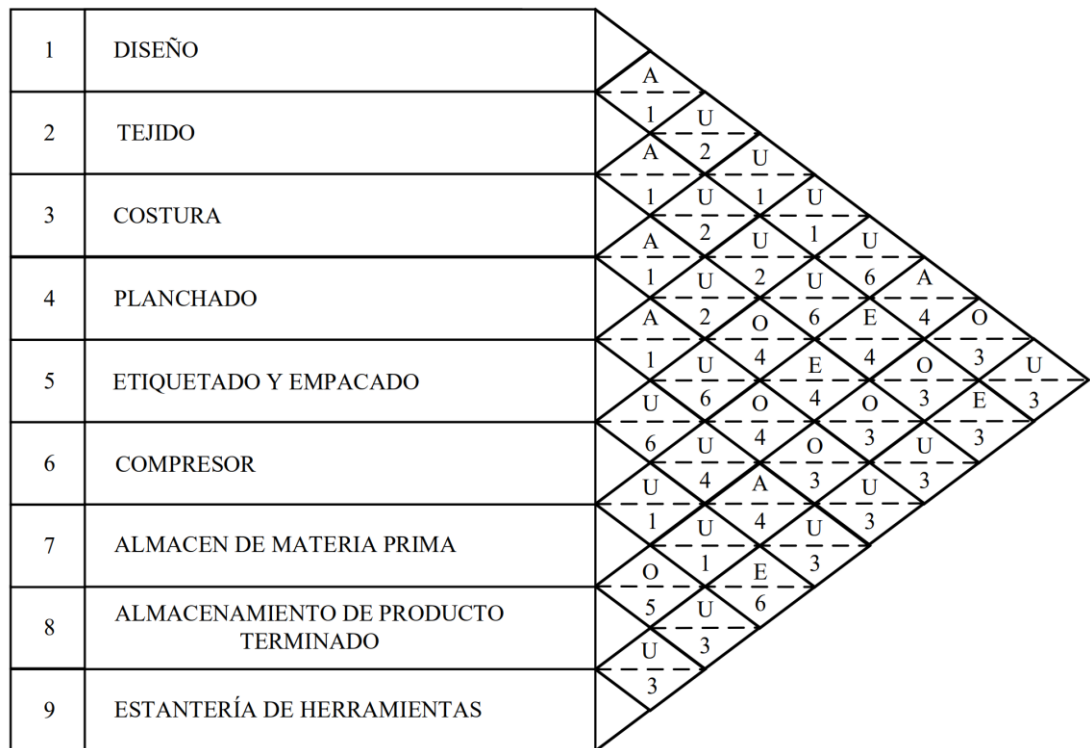


Figura 22. Gráfica de relación de actividades

A continuación, se enlista un resumen de la relación entre cada una de las áreas mostrando la cercanía de las actividades dentro del proceso productivo. Esta representación se efectúa con base en las condiciones definidas en la tabla 17 mostrada con antelación y los pares ordenados acotados en la tabla 18.

Tabla 18. Pares ordenados

A	(1,2)(1,7)(2,3)(3,4)(4,5)(5,8)
E	(2,7)(2,9)(3,7)(6,9)
I	-----
O	(1,8)(2,8)(3,6)(3,8)(4,7)(4,8)(7,8)
U	(1,3)(1,4)(1,5)(1,6)(1,9)(2,4)(2,5)(2,6)(3,5)(3,6)(3,9)(4,6)(4,9)(5,6)(5,7)(5,9)(6,7)(6,8)(7,9)(8,9)
X	-----

### 3.24.3 Etapa 3.- Requerimiento de espacio

Por otro lado, es necesario establecer el requerimiento de espacio para cada área de trabajo con base en la distribución requerida por los criterios de Guerchet. La Tabla 19

muestra el espacio requerido para cada área y se determinaron unidades de superficie específicas de 2m x 2m, es decir que el total de cada espacio se dividió para 4.

Tabla 19. Espacio de área requerido

Número	Área	Espacio requerido m <sup>2</sup>	USE	
1	Diseño	3,50	0,88	1
2	Tejido	42,00	10,50	11
3	Costura	1,75	0,44	1
4	Planchado	3,69	0,92	1
5	Etiquetado y Empacado	5,25	1,31	2
6	Compresor	4,67	1,17	2
7	Almacenamiento de materia prima	7,80	1,95	3
8	Almacenamiento de producto terminado	7,80	1,95	3
9	Estantería de herramientas	2,60	0,65	1
Total		79,06	25	
Varios		10,00		
<b>Requerimiento Final</b>		<b>89,06</b>		

El espacio requerido actual es de 79,96 metros cuadrados con base en la necesidad actual de la planta. Y un total de 25 unidades de superficie equivalente (USE), mientras que la superficie total de la planta es de 124,81 metros cuadrados. Siendo aproximadamente 32 unidades de superficie equivalente. En la figura 23 se observa el diagrama de relaciones entre áreas, respecto a los pares ordenados.

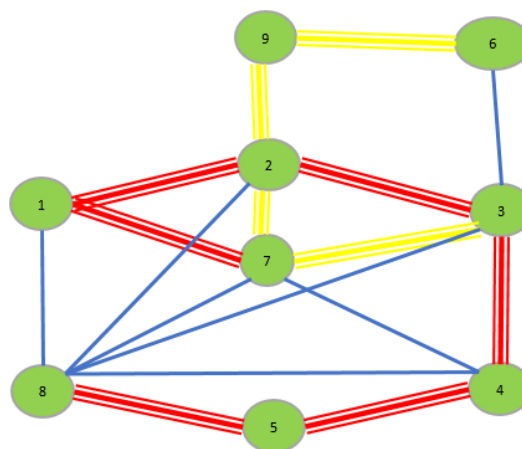


Figura 23. Diagrama de relaciones entre áreas

#### **3.24.4 Etapa 4.- Consideraciones para la disposición del espacio**

El dimensionamiento de las áreas actuales para cada proceso se puede modificar, tomándose en cuenta la superficie requerida propuesta. Los valores de espacios requeridos para las estaciones de trabajo en la nueva distribución son determinados mediante la extrapolación de las áreas ya existente en la planta actual. Tomando en cuenta las estaciones de trabajo de la Tabla 15.

##### **3.24.4.1 Distribución actual**

A continuación, en la Figura 24 se presenta el layout de la distribución actual de la empresa, donde se evidencian las áreas y los equipos que forman parte de los procesos de producción. Mientras que en la Figura 25 se evidencia el diagrama de recorrido en la distribución actual.

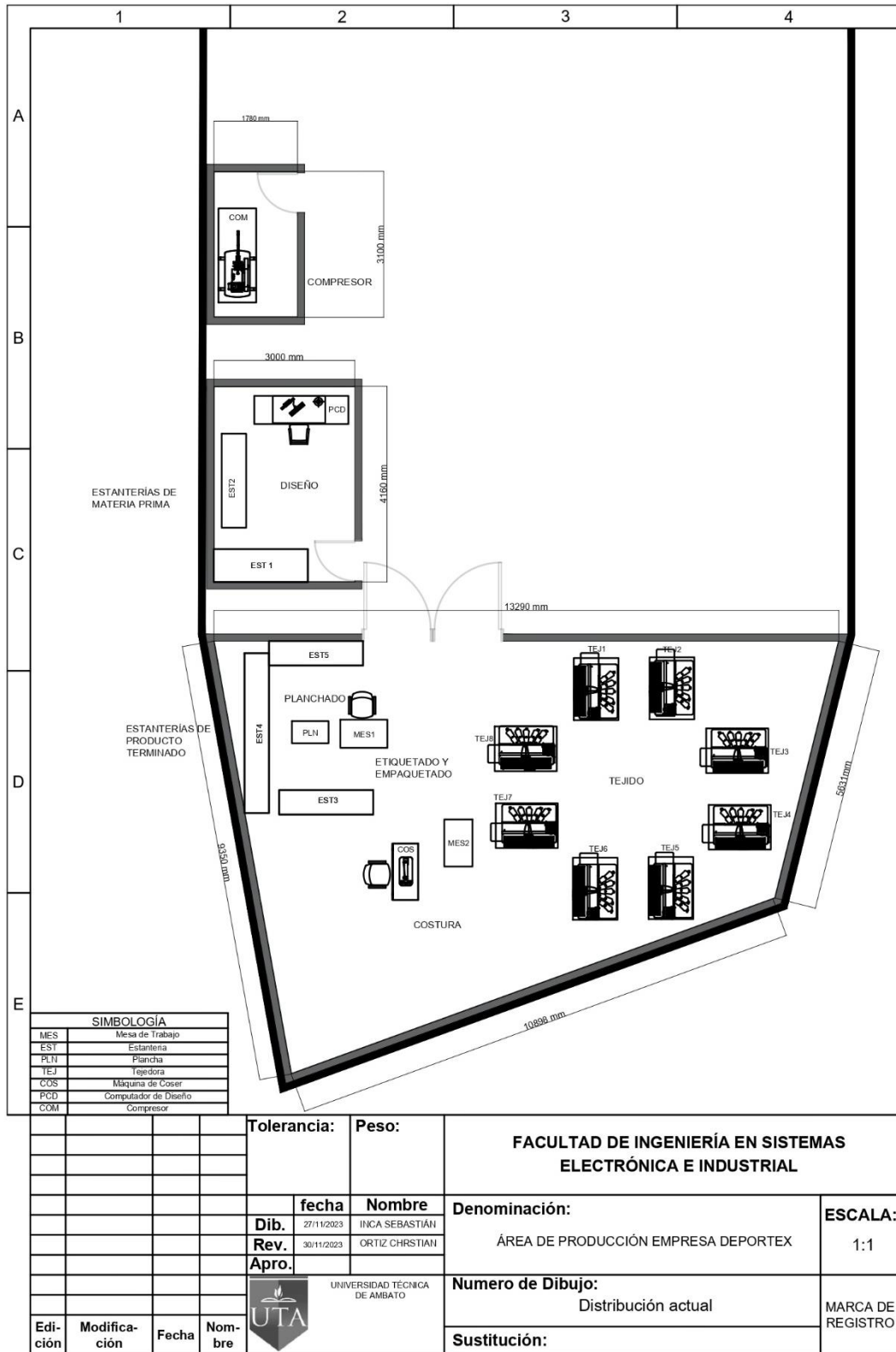


Figura 24. Distribución actual

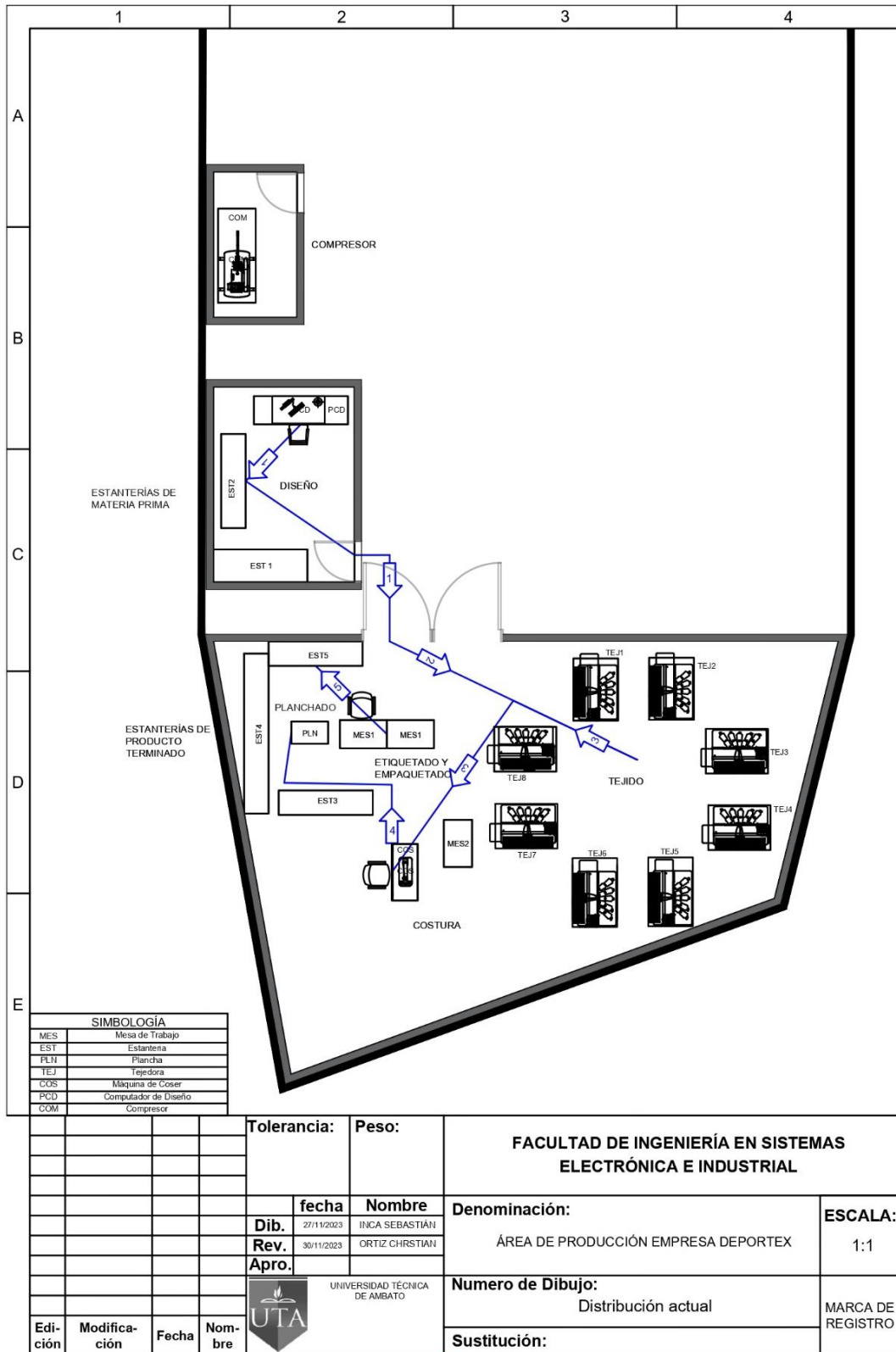


Figura 25. Diagrama de recorrido actual

#### **3.24.4.2 Distribución Propuesta 1**

La Figura 26, que muestra el diagrama de relaciones con los requerimientos de espacio detallados en la Tabla 19, proporciona una representación visual de esta distribución estratégica. Este enfoque no solo tiene en cuenta la eficiencia operativa, sino que también busca maximizar la comodidad y la accesibilidad en el entorno de trabajo.

La reorganización estratégica de las áreas dentro del proceso productivo se llevó a cabo considerando múltiples factores para optimizar la eficiencia y la fluidez de las operaciones. En particular, se diseñó una disposición secuencial que sigue el flujo lógico del proceso productivo, colocando las áreas de Diseño, Tejido, Costura, Planchado, Etiquetado y Empacado en un orden lógico y coherente.

La colocación estratégica del compresor cerca del área de tejido fue una decisión fundamentada en las necesidades operativas del proceso. Dado que las tejedoras requieren aire comprimido, situar el compresor en proximidad a esta área garantiza un suministro eficiente y oportuno de esta necesidad esencial para el proceso de tejido.

Adicionalmente, se implementó una disposición que facilita el acceso a la materia prima y los productos terminados. Las estanterías que almacenan estos elementos se colocaron en la parte posterior, asegurando así un acceso fácil para el personal y optimizando el flujo de trabajo.

Además, se incorporó estantería para herramientas cerca de las áreas de tejido y el compresor para facilitar un acceso rápido y conveniente a las herramientas esenciales utilizadas por el personal de tejido. Reduciendo el tiempo de desplazamiento, minimizando interrupciones en el proceso y promoviendo un flujo de trabajo más fluido. Al tener las herramientas a mano, el personal puede realizar rápidamente tareas de mantenimiento preventivo, reparaciones o ajustes en el compresor sin tener que desplazarse significativamente.



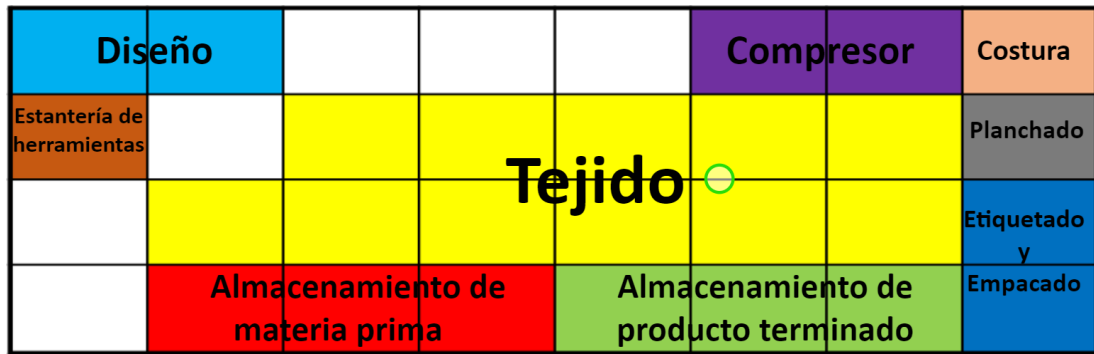


Figura 26. Diagrama de la distribución 1

Se presenta el layout de la distribución propuesta 1 en la Figura 27, aplicando la distribución obtenida, ofreciendo una herramienta visual para comprender de manera más clara la disposición espacial de las diferentes áreas involucradas en el proceso productivo de las medias deportivas. Además, en la Figura 28 se muestra el diagrama de recorrido para la distribución propuesta. Este enfoque gráfico proporciona una representación visual que facilita la identificación y comprensión de la ubicación relativa de cada área, permitiendo tener una visión más clara de la disposición física de la nueva distribución de la planta.

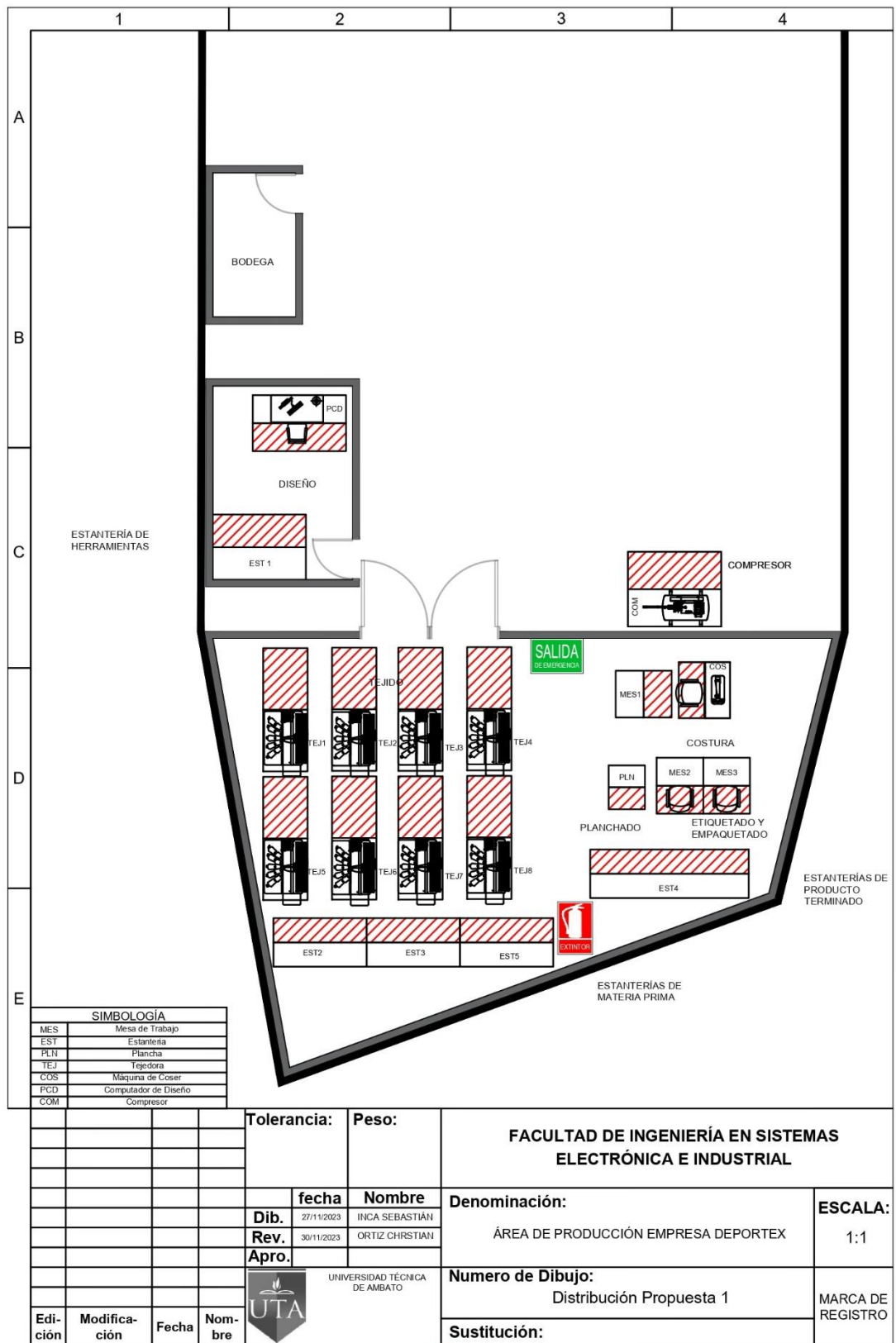


Figura 27. Diagrama de la propuesta 1

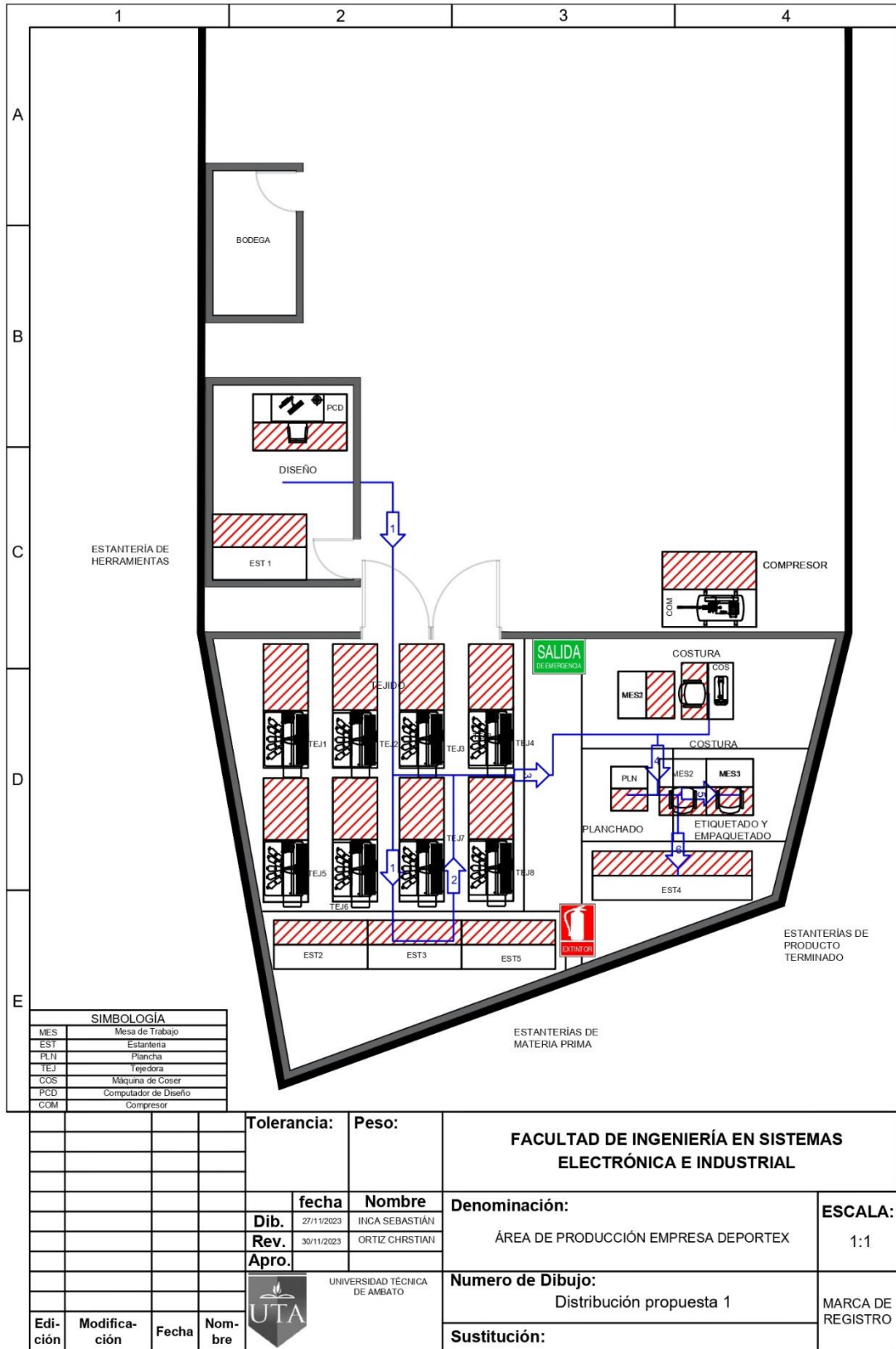


Figura 28. Diagrama de recorrido de la propuesta 1

### 3.24.4.3 Distribución Propuesta 2

La propuesta de una distribución alterna presenta ajustes significativos en la disposición espacial de las áreas, generando un diseño que podría ofrecer beneficios específicos para el proceso productivo. Al situar el compresor y las estanterías de herramientas en un lado, cerca del área de tejido, se busca centralizar los recursos necesarios para esta fase del proceso.

La ubicación de las áreas de producción a un costado del área de tejido tiene el potencial de crear un flujo de trabajo más fluido, permitiendo una comunicación eficiente entre las diferentes etapas de producción. La proximidad de las áreas de producción al área de tejido puede reducir los desplazamientos y optimizar la coordinación entre estas secciones esenciales.



Figura 29. Diagrama de la distribución 2

La disposición de las estaciones de trabajo en el layout tentativo de la Figura 29 sigue una lógica similar a la distribución previamente mencionada. Se observa una secuencia lógica y ordenada de las estaciones de trabajo, lo que indica una cuidadosa consideración para facilitar el flujo de trabajo y la eficiencia en la producción.

La disposición secuencial de las estaciones de trabajo, presumiblemente, sigue el flujo natural del proceso productivo de las medias deportivas, garantizando una transición suave de una etapa a otra. La proximidad de las estaciones puede contribuir a una comunicación más efectiva entre los trabajadores.

La Figura 30 muestra el layout de la distribución propuesta 2 al aplicar la distribución obtenida, mientras que en la Figura 31 se evidencia el diagrama de recorrido respectivo.

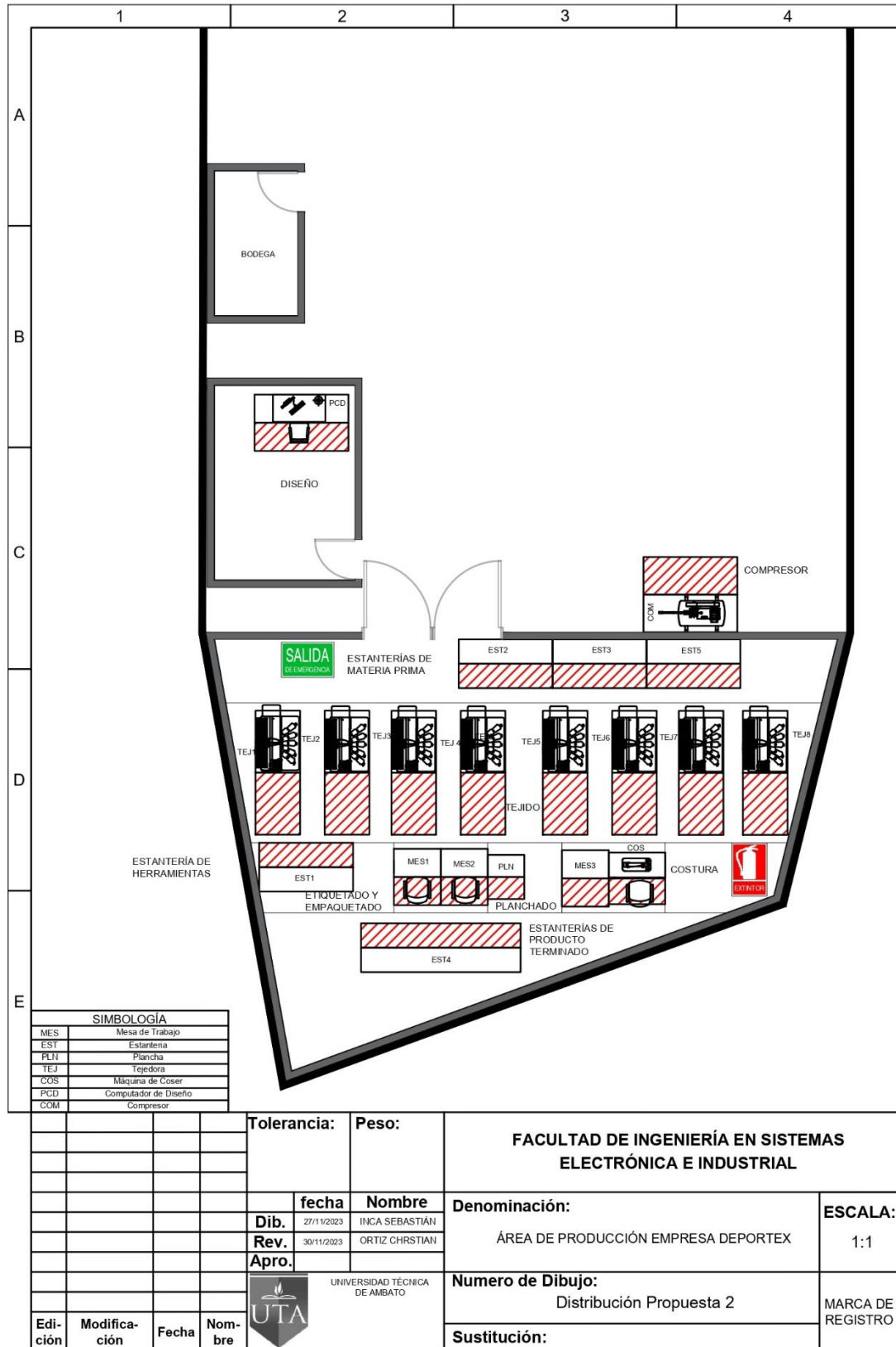


Figura 30. Diagrama de la propuesta 2

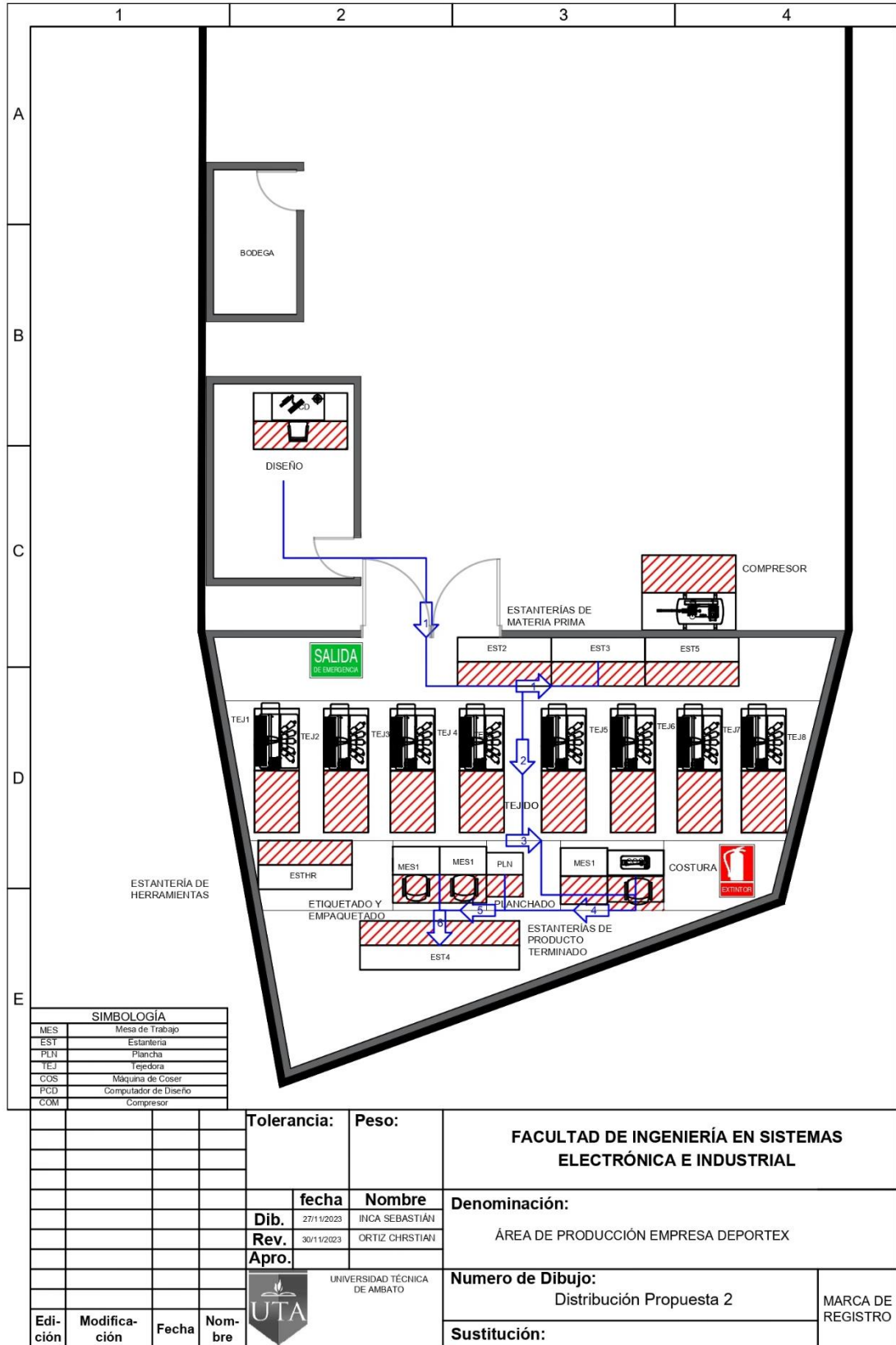


Figura 31. Diagrama de recorrido de la propuesta 2

### 3.24.5 Etapa 5.- Selección de distribución

El análisis en la empresa comienza considerando el trayecto realizado por el personal en el proceso productivo. Es relevante destacar que, dado que la carga a levantar por lotes no excede los 2,5 kg, se opta por realizar únicamente un análisis de distancia, excluyendo la evaluación de la carga. Para medir las dimensiones de la distancia entre los recorridos de los departamentos, se utiliza la distancia rectilínea. Este método calcula la distancia entre dos puntos con una serie de giros de 90°, reflejando de manera más precisa los movimientos reales que los operarios llevan a cabo al desplazarse entre cada uno de estos puntos.

La información detallada sobre el recorrido entre departamentos y las distancias para cada alternativa se presenta en la Tabla 20. Esta tabla ofrece una visión clara de la eficiencia de los desplazamientos en términos de distancia, permitiendo identificar áreas donde se podría mejorar la disposición de los departamentos para optimizar la eficiencia y reducir los tiempos de traslado del personal.

Tabla 20. Distancia entre departamentos

Movimiento entre departamentos	Distancia entre departamentos	
	Distribución propuesta 1 (m)	Distribución propuesta 2 (m)
1-7	13.22	11,6
7-2	3.53	4,01
2-3	8.47	5,38
3-4	3.90	3,95
4-5	2.59	2,91
5-8	3.12	1,51
Total	34,83	29,36

La elección de la distribución en la fabricación de medias deportivas es un factor crítico que puede afectar significativamente la eficiencia del proceso. Los datos

recopilados a través del Sistema de Planificación de Diseño de Distribución Sistemática (SLP) revelan distancias específicas para diferentes alternativas. La distancia de 41,10 m asociada con la distribución actual, comparada con las alternativas 1 y 2 de 34,83 m y 29,36 m respectivamente, destaca claramente la eficiencia de la alternativa 2.

Al optar por la distribución propuesta en la alternativa 2, se logra un ahorro considerable de distancia en comparación con la configuración actual y la alternativa 1. Este ahorro no solo implica una optimización del espacio de trabajo, sino que también se traduce directamente en un ahorro de tiempo. En el ámbito de la fabricación, donde la eficiencia temporal es esencial, esta diferencia en la distancia recorrida puede tener un impacto significativo en la productividad general.

#### **3.24.5.1 Manejo de materiales**

El eficiente manejo de materiales se presenta como un desafío crucial para evitar posibles retrasos en la producción, ya que no contribuye al valor final del producto y, por ende, genera gastos innecesarios durante su traslado. Este proceso abarca diversos costos asociados, como los relacionados con el movimiento, espacio, tiempo, lugar y cantidad de los materiales.

Es fundamental tener en cuenta que el operario se encarga de transportar diariamente 18 lotes de 24 medias cada uno. Este volumen totaliza 90 lotes de medias a la semana y asciende a 360 lotes mensuales. Estos datos resaltan la magnitud del desafío logístico que implica el manejo de materiales en la producción de medias.

#### **3.24.5.2 Costos de mover el material**

El gasto asociado al traslado de materiales, o coste de transporte, se determina multiplicando el sueldo por hora del operario por el tiempo dedicado a esta actividad manual. En este cálculo, se considera el salario del operario, ya que la transferencia de materiales se realiza de manera manual.

$$\text{costo de transporte} = \text{sueldo por hora} * \text{tiempo empleado}$$

De acuerdo con la información recopilada por la empresa, los operarios de costura, planchado y empacado reciben un salario básico unificado de \$450 dólares, mientras



que el operario encargado de las tejedoras recibe un salario de \$520. En la Tabla 21 se calculó la mano de obra del operario de costura, tomando en cuenta las horas suplementarias (H.S.), las horas extraordinarias (H.E.) y los beneficios que recibe todo trabajador por ley. Las horas suplementarias y extraordinarias no deben exceder, cada una, de 60 horas en el mes y son pagadas, respectivamente, con un recargo equivalente al 50 y 100% de la remuneración mensual unificada, este último en el caso de que dichas horas se desarrollaren en sábados, domingos o días de descanso obligatorio. La cantidad de horas se divide para la cantidad de horas de trabajo al mes (240) y se multiplica por el sueldo percibido por el operario. Este cálculo se realizó para cada operario, siendo detallados los costos en el Anexo K. Este dato monetario se revela como un componente esencial para el análisis de costos en cada área.

Tabla 21. Cálculo de la mano de obra

Mano de obra	
Descripción	Costos (\$)
Sueldo	450,00
Valor H. S.	0
Valor H. E.	90
Décimo 3er. Sueldo	45,00
Décimo 4to. Sueldo	37,50
Fondos de Reserva	45,00
Aportes al IESS (11,45%)	61,83
Total	667,50
Valor Hora MO	2,78

En la tabla 22, se aprecia que el flujo de material entre cada departamento consiste en 13 lotes, y estos datos resultan fundamentales para realizar el cálculo de los costos asociados.

Tabla 22. Matriz de flujo entre departamentos

Matriz de flujo entre áreas									
Áreas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Diseño	-					13		
2	Tejido		-	13					
3	Costura			-	13				
4	Planchado				-	13			
5	Etiquetado y Empacado					-		13	
6	Compresor						-		
7	Almacenamiento de materia prima		13					-	
8	Almacenamiento de producto terminado								-
9	Estantería de herramientas								-

La Tabla 23 contempla los tiempos empleados para transportar el material de un departamento a otro se derivan del estudio de tiempos llevado a cabo en esta investigación. Al multiplicar estos tiempos por el costo de la hora, se obtiene el costo total de transportar dicho material. Un operario promedio, sin horas extras, realiza 240 horas al mes, y al dividir este total por el salario, se obtiene el costo por hora. Este análisis detallado proporciona una base sólida para comprender y gestionar los costos asociados al transporte de materiales entre departamentos.

Tabla 23. Costo de transporte de material

Transporte	Tiempo (s)	Tiempo (horas)	USD/Hora (\$)	Costo lote (\$)
Transportar la memoria hacia las estanterías de materia prima	3	0,000833	3,19	0,002658
Transportar los rollos de hilo hacia el área de tejido	12	0,003333	3,19	0,010633
Transportar las medias desde el área de tejido hacia el área de costura	10	0,002778	3,19	0,008861
Transportar las medias desde el área de costura hacia el área de planchado	8	0,002222	3,05	0,006778

Transporte	Tiempo (s)	Tiempo (horas)	USD/Hora (\$)	Costo lote (\$)
Transportar las medias desde el área de planchado hacia el área de etiquetado y empacado	2	0,000556	2,78	0,001544
Transportar las medias desde el área de etiquetado y empacado hacia las estanterías de producto terminado	18	0,005000	2,78	0,013900

La matriz de costos representada en la tabla 24 ilustra los costos asociados al traslado de 1 lote de 24 medias entre diferentes departamentos, y estos datos se derivan de la información contenida en la tabla 23. La obtención de estos valores de costos se realiza mediante la consideración de la mano de obra, ya que todos estos movimientos se ejecutan de forma manual. En otras palabras, la tabla 24 proporciona una visión detallada de los costos involucrados al desplazar manualmente un lote específico de productos entre los diversos departamentos.

Tabla 24. Costos al desplazar un lote entre departamentos

Áreas		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Diseño	-						0,003		
2	Tejido		-	0,009						
3	Costura			-	0,007					
4	Planchado				-	0,002				
5	Etiquetado y Empacado					-			0,014	
6	Compresor						-			
7	Almacenamiento de materia prima		0,011					-		
8	Almacenamiento de producto terminado								-	
9	Estantería de herramientas									-

### 3.25 Win QSB

Se optó por la aplicación WinQSB con el objetivo de identificar la distribución más eficiente a través de un análisis exhaustivo de los costos operativos asociados a cada actividad. Para llevar a cabo este proceso, se emplearon los resultados provenientes del estudio de tiempos, métodos, el análisis de flujo interdepartamental y la evaluación de los costos vinculados al traslado de materiales. La determinación de la alternativa de distribución de planta se basa en el modelo Facility Location and Layout, que se enfoca en la ubicación y disposición de las instalaciones.

#### 3.25.1 Desarrollo del algoritmo

La aplicación del modelo Facility Location and Layout destaca la importancia de la ubicación estratégica de las instalaciones, proporcionando una base sólida para tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia operativa. Para utilizar WinQSB, se detallan los pasos junto con el algoritmo generado para obtener la solución óptima en la redistribución de la empresa.

Este proceso inicia con la apertura del software WinQSB, la selección del modelo Facility Location and Layout, como se muestra en la Figura 32 y crear un nuevo problema.

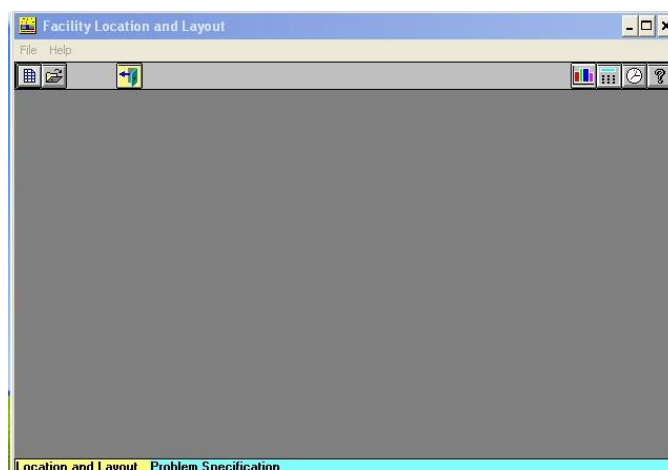


Figura 32. Software WinQSB

Previo a la introducción de los datos en el sistema, se lleva a cabo la creación de una malla o cuadrícula, presentada en el anexo G, que refleje la distribución actual con una escala seleccionada por el investigador, en este caso, de 1 m x 1 m. El propósito de este paso es determinar el número adecuado de filas y columnas que se utilizarán en el programa WinQSB, según lo señalado en la Figura 33. Siendo en este caso de 18mx13m.

La función "New problem" en el software WinQSB permite la creación de un nuevo problema, y es esencial tener en cuenta que las extensiones de los archivos se establecen automáticamente por el programa. Por lo tanto, solo se requiere proporcionar un nombre al nuevo problema, limitado a un máximo de 8 caracteres.

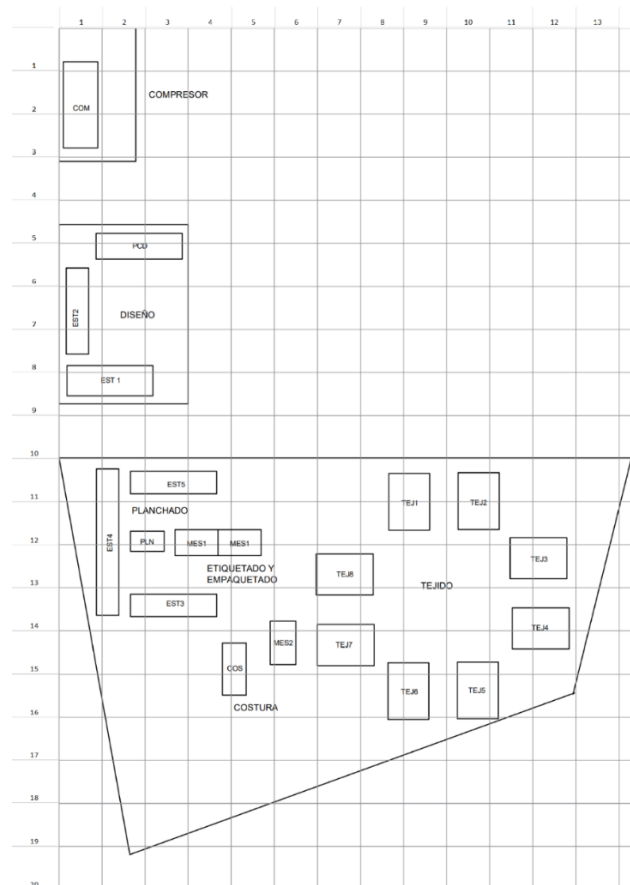


Figura 33. Layout actual en cuadrícula

En el cuadro emergente de color rosado se deben detallar las especificaciones con las que contará el modelo, como se muestra en la Figura 34, se elige la opción "Funcional Layout", que se refiere al diseño funcional. Esto se debe a que esta opción considera

que la disposición de cada departamento funcional es relativa, además se debe especificar el número de filas y columnas.

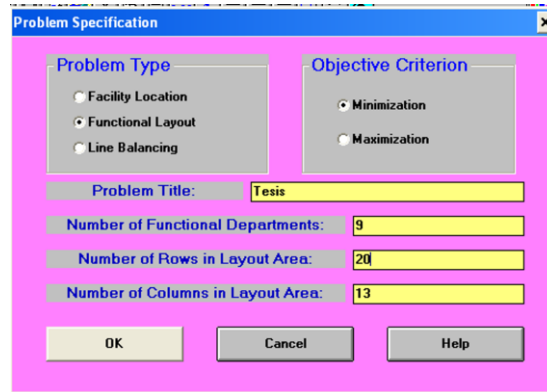


Figura 34. Especificaciones del problema

La codificación de cada departamento, que es empleada por el software WinQSB, se registra en la Tabla 25.

Tabla 25. Codificación de cada departamento

Código	Área
1	Diseño
2	Tejido
3	Costura
4	Planchado
5	Etiquetado y Empacado
6	Compresor
7	Almacenamiento de materia prima
8	Almacenamiento de producto terminado
9	Estantería de herramientas

En la Figura 35, se detallan los nombres de cada departamento que constituyen la empresa, utilizando los códigos de departamento previamente definidos en la tabla 25 como se destacó previamente. La elección entre "Yes" y "No" en la sección de Location Fixed se toma considerando la estructura física de la empresa y sus necesidades operativas específicas, se indica "(Yes)" si los departamentos son estacionarios y "(No)" si son móviles.

Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit Cost	FI
1	1	No		
2	2	No		
3	3	No		
4	4	No		
5	5	No		
6	6	No		
7	7	No		
8	8	No		
9	9	No		

Figura 35. Detalle por departamento

Se incorporan los costos obtenidos de la Tabla 24 para cada uno de los departamentos, al mismo tiempo que se registran las coordenadas de ubicación de cada área respecto a la cuadrícula de 1m x 1m. Es importante señalar que el programa no interpreta valores decimales, por lo tanto, se recomienda utilizar números enteros para una correcta interpretación. En la Figura 36 se muestra los datos de la Tabla 24 introducidos en el Software WinQSB, correspondientes al manejo de 1 lote de 24 medias deportivas. Mientras que la Figura 37 muestra las ubicaciones de cada departamento dentro de la cuadrícula.

To Dep. 1 Flow/Unit Cost	To Dep. 2 Flow/Unit Cost	To Dep. 3 Flow/Unit Cost	To Dep. 4 Flow/Unit Cost	To Dep. 5 Flow/Unit Cost	To Dep. 6 Flow/Unit Cost	To Dep. 7 Flow/Unit Cost	To Dep. 8 Flow/Unit Cost	To Dep. 9 Flow/Unit Cost
		1/0.008861				1/0.002658		
			1/0.006778					
				1/0.001544				
							1/0.013900	
	1/0.010633							

Figura 36. Detalle de los costos

Initial Layout in Cell Locations [e.g., (3,5), (1,1)-(2,4)]
(5,1)-(6,3)
(11,7)-(16,12)
(15,5)-(16,6)
(12,3)-(13,3)
(12,4)-(13,5)
(1,1)-(2,3)
(7,1)-(9,3)
(14,1)-(14,4)
(17,5)-(17,6)

Figura 37. Detalle de las ubicaciones

Después, procedemos a la resolución haciendo clic en el botón "solve". En este momento, se desplegará un cuadro emergente, tal como se ilustra en la Figura 38, que presenta diversas opciones para abordar la solución del problema. En este caso, se elige la tercera opción denominada "Improve by exchanging 2 then 3 departments". Además, se selecciona la modalidad de medición de distancias conocida como "rectilinear distance", la cual fue seleccionada específicamente para este estudio.

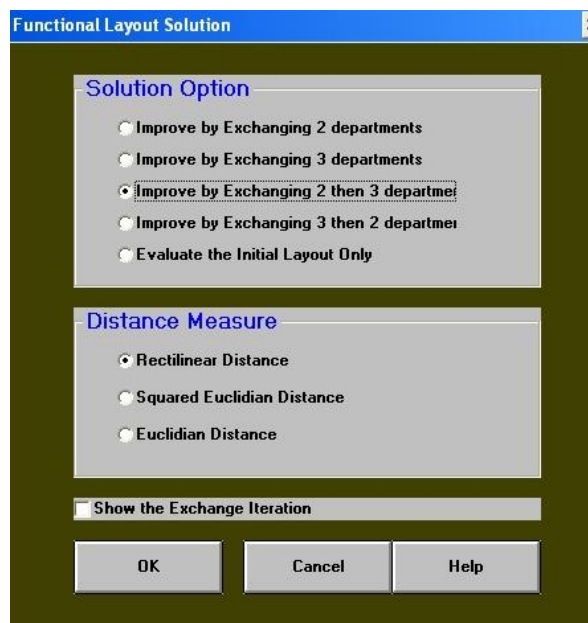


Figura 38. Selección de la forma de solución



La primera iteración proporcionada por el programa muestra la disposición actual de la empresa, tal como se ilustra en la Figura 39.

Initial Layout for Tesis													
r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3
1	6	6											
2	6	6											
3	6	6											
4													
5	1	1	1										
6	1	1	1										
7	7	7	7										
8	7		7										
9	7	7	7										
0													
1							2	2	2	2	2	2	
2			4	5	5		2					2	
3			4	5	5		2					2	
4	8	8	8	8			2					2	
5					3	3	2					2	
6					3	3	2	2	2	2	2	2	2
7					9	9							
8													
9													
0													
<b>Total Cost =0,29</b> <b>(Rectilinear Distance)</b>													

Figura 39.Distribución actual

La figura 40 exhibe la iteración siguiente, evidenciando el cambio entre los departamentos 4 y 9, resultando en una nueva disposición o "layout".

r/c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3
1	6	6											
2	6	6											
3	6	6											
4													
5	1	1	1										
6	1	1	1										
7	7	7	7										
8	7		7										
9	7	7	7										
0													
1							2	2	2	2	2	2	
2			9	5	5		2					2	
3			9	5	5		2					2	
4	8	8	8	8			2					2	
5					3	3	2					2	
6					3	3	2	2	2	2	2	2	2
7					4	4							
8													
9													
0													
<b>Total Cost = 0,27</b> <b>Switch Departments: 4 9</b> <b>(Rectilinear Distance)</b>													

Figura 40. Segunda iteración

En la figura 41 se presenta la siguiente iteración, destacando la modificación entre los departamentos 4 y 9, logrando así un diseño final con un costo total de \$0.29.

Al examinar la solución final proporcionada por el software, observamos una mejora no tan significativa en los costos, reduciendo de \$0,29 a \$0,24, lo que representa un ahorro de \$0,05 por cada lote de medias movido. Esto implica un ahorro diario de \$0,65, acumulando semanalmente \$3,25 y mensualmente un total de \$13,00. Esta cifra monetaria se traduce en un beneficio financiero para la empresa.

r \ c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3
1	6	6											
2	6	6											
3	6	6											
4													
5	1	1	1										
6	1	1	1										
7	7	7	7										
8	7		7										
9	7	7	7										
0													
1							2	2	2	2	2	2	
2			8	5	5		2					2	
3			8	5	5		2					2	
4	9	9	8	8			2					2	
5					3	3	2					2	
6					3	3	2	2	2	2	2	2	
7					4	4							
8													
9													
0													
<b>Total Cost =0,24</b> <b>(Rectilinear Distance)</b>													

Figura 41. Distribución final

### 3.25.2 Propuesta de distribución

Una vez obtenida la distribución sugerida por el software WinQSB, se elaboró el layout de la distribución propuesta por el software WinQSB como se observa en la Figura 42. Además de realizarse el diagrama de recorrido respectivo en la Figura 43.




Tolerancia:		Peso:		FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL	
fecha		Nombre			
Dib.	27/11/2023	INCA SEBASTIÁN		Denominación: ÁREA DE PRODUCCIÓN EMPRESA DEPORTEX	
Rev.	30/11/2023	ORTIZ CHRISTIAN			
Apro.					
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				Numero de Dibujo: Distribución Propuesta 3	
				Sustitución:	

Figura 42. Distribución propuesta 3

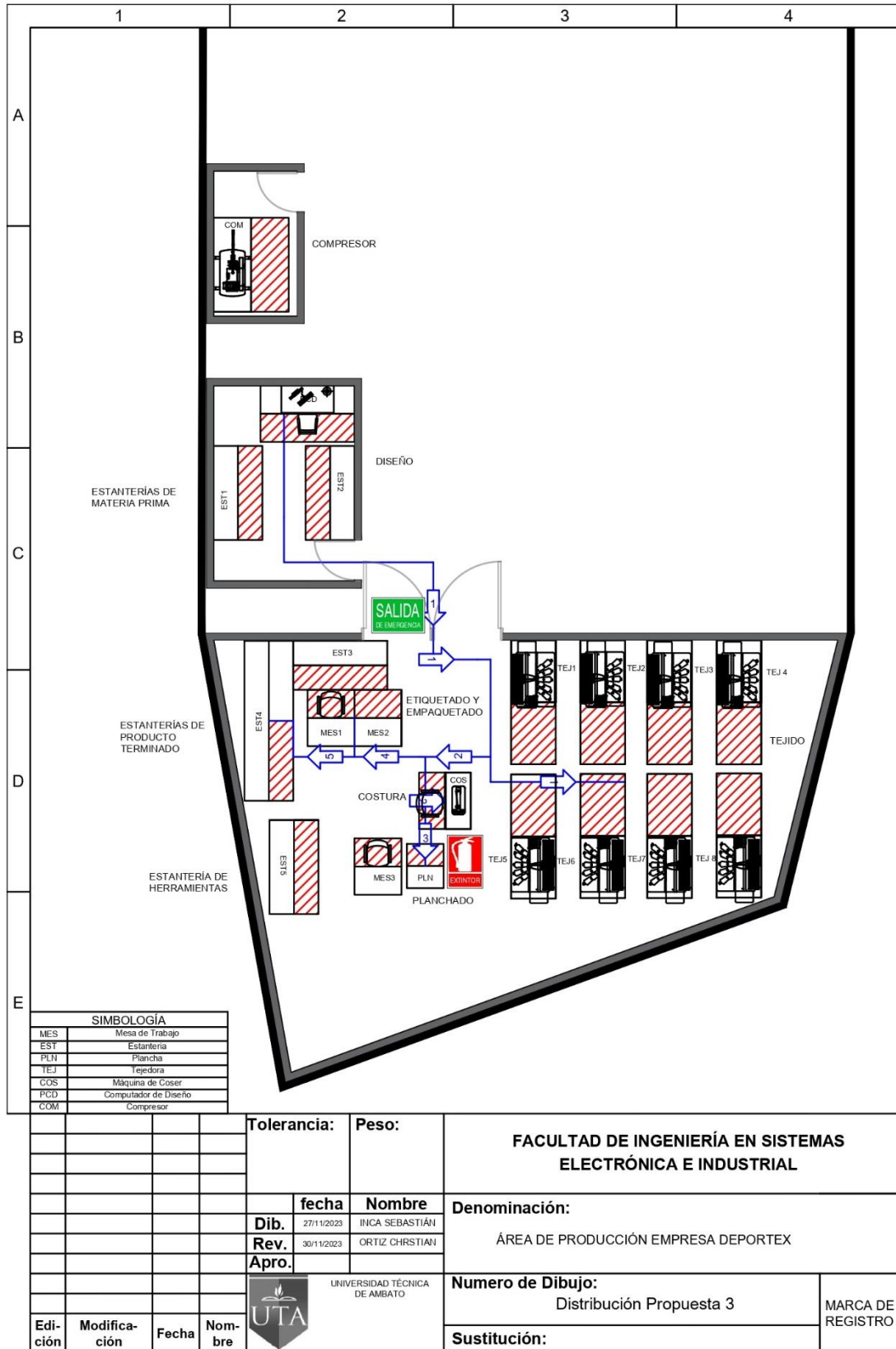


Figura 43. Diagrama de recorrido de la propuesta 3

Luego se compararon las distancias entre cada departamento o área existente. El objetivo fue determinar cuál ruta implica un recorrido más corto para el operario, lo que se traduciría en costos menores para la empresa. En este análisis comparativo, se evalúan las alternativas tanto en términos de distancia como de costos de mano de obra, optando en este caso por centrarse en la comparación de distancias, tal como se detalla en la Tabla 26.

Es importante considerar que la propuesta generada por WinQSB se deriva de la distribución actual de la empresa. Por lo tanto, resulta esencial comparar manualmente la distribución obtenida mediante SLP, ya que ambos métodos emplean enfoques distintos y dependen de circunstancias y condiciones específicas. Esta comparación es crucial para determinar cuál método ofrece resultados más favorables en un contexto particular. Se aplicaron ambos métodos para obtener la mejor alternativa y clarificar la investigación realizada.

Tabla 26. Distancia entre departamentos

Movimiento entre departamentos	Distancia entre departamentos	
	Distribución propuesta SLP (m)	Distribución propuesta Win QSB (m)
1-7	11,6	2,70
7-2	4,01	15,83
2-3	5,38	6,38
3-4	3,95	1,81
4-5	2,91	4,69
5-8	1,51	3,46
Total	29,36	34,87

La tabla 26 muestra que la distancia total recorrida para la línea de fabricación de medias deportivas es de 29,36 m utilizando la distribución propuesta mediante el método SLP, mientras que, con WinQSB, la distancia es de 34,87 m. Este análisis indica que la opción preferida es la distribución propuesta por la metodología SLP, ya

que los departamentos están más cercanos entre sí. Esto implica un ahorro significativo y beneficios para la empresa.

Adicionalmente, se elaboró un cursograma analítico específico para la nueva distribución seleccionada, el cual se aplicó mediante el método SLP. La expectativa asociada a esta elección es la reducción de los desplazamientos y, simultáneamente, una mejora en la producción.

### 3.26 Simulación en Flexsim

La simulación consiste en realizar una representación ficticia de la realidad con el fin de comprender y en ciertos casos predecir el comportamiento de un sistema, con ello mejorar las estrategias de operación; para esto es necesario conocer a la perfección el sistema real.

#### 3.26.1 Diseño del modelo

En esta etapa se utiliza la disposición actual de la planta utilizando desarrollada con AutoCAD, este boceto se crea considerando la situación real existente en la instalación. Luego, se procede a la importación de dicho diseño al programa de simulación Flexsim. En la figura 44 se muestran las unidades del sistema que se va a diseñar.

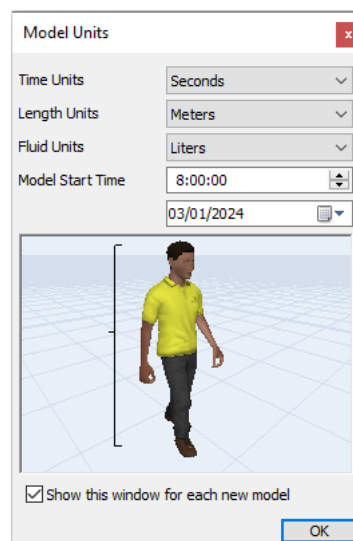


Figura 44. Ingreso de dimensiones en Flexsim

Se inició abriendo el software Flexsim y realizando la configuración inicial de las unidades según las necesidades específicas del estudio. Esta configuración se ajusta para garantizar una representación precisa de las dimensiones y características de la planta. En este contexto, las unidades utilizadas en la simulación se definen de manera específica para cada parámetro relevante. El tiempo se medirá en segundos, la longitud en metros y la hora de inicio del modelo está fijada a las 8:00 a.m. Como consideración adicional, se establece una altura aproximada de 1.80 metros para los operarios.

El siguiente paso implica la importación del fondo o diseño de la planta en formato DWG, que se presenta en un plano 2D de las instalaciones de la empresa DEPORTEX. Es esencial que este diseño se realice en capas, lo que permite la visualización selectiva de objetos, facilitando la inclusión o exclusión de elementos necesarios para el modelado. Esta práctica garantiza una representación detallada y precisa, permitiendo la adaptabilidad del modelo según las necesidades específicas. La Figura 45 proporciona una representación visual de cómo se estructuran y organizan los elementos en capas para optimizar el proceso de simulación en Flexsim.

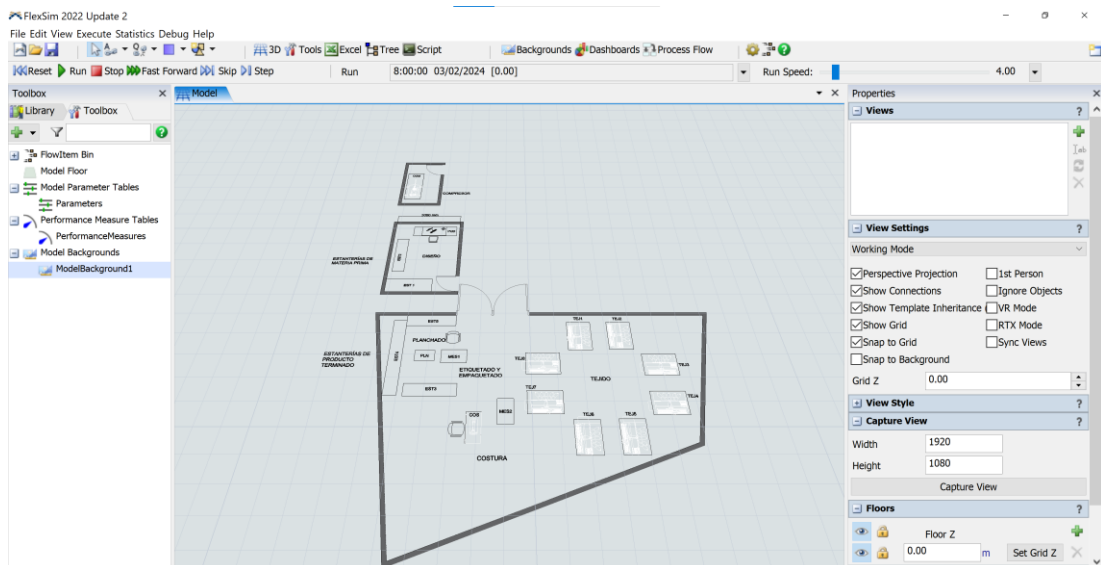


Figura 45. Hoja de trabajo en FlexSim

Se procedió a la ubicación de los diversos procesos involucrados en la producción dentro del modelo, incorporando las fuentes de entrada y salida correspondientes. Se estableció la conexión entre los procesos siguiendo el flujograma previamente definido, asegurando la representación fiel de la secuencia operativa y las relaciones



entre las distintas etapas. Este enfoque detallado proporciona una visualización precisa de cómo interactúan los diferentes elementos del sistema de producción, facilitando así la identificación de posibles cuellos de botella y áreas de optimización. Se incorporaron los nodos de red (network nodes) en ubicaciones estratégicas dentro del modelo, representando puntos clave de interacción y movimiento. La Figura 46 muestra los objetos utilizados en la simulación y sus respectivas conexiones.

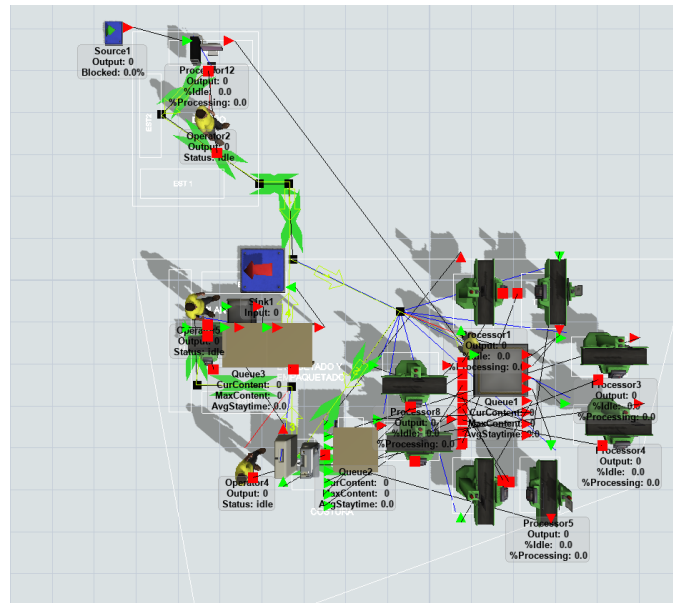


Figura 46. Inserción de objetos y conexión

Además, se agregaron elementos visuales para mejorar la representación, como mesas de trabajo, la plancha y la máquina costurera, como se evidencia en la Figura 47. Estos detalles visuales contribuyen a una representación más realista y detallada del entorno de producción, lo que facilita la identificación de posibles mejoras en la disposición física y la eficiencia operativa. La inclusión de estos elementos proporciona un contexto visual enriquecido que contribuye a la precisión y utilidad del modelo de simulación.

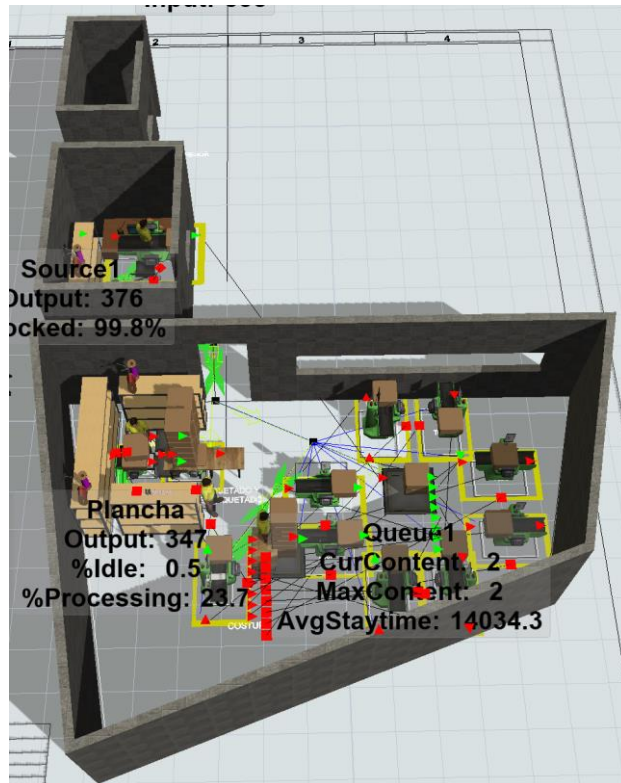


Figura 47. Inserción de elementos visuales en el modelo

Se incorporaron elementos visuales adicionales, como paredes, estanterías y computadoras, brindando así una representación más completa y realista del entorno de producción en la simulación. Estos detalles contribuyen a la precisión y fidelidad del modelo, creando una simulación que refleja de manera más exacta la disposición física y los elementos presentes en la planta de producción de DEPORTEX. Además, se realizaron ajustes en los nombres de los objetos para mejorar la identificación y comprensión dentro del modelo de simulación.

### 3.26.2 Prueba de normalidad

Con base en el estudio de tiempos previo, se realizó la prueba de normalidad utilizando el software estadístico Minitab, y el análisis se fundamenta en el método estadístico de Anderson-Darling.

Para determinar la normalidad, se formularon las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Nula: El valor p es mayor o igual al nivel de significancia (0,05).

- Hipótesis Alternativa: El valor p es menor al nivel de significancia (0,05).

En la Figura 48, se puede apreciar que los datos recopilados muestran un buen ajuste a la recta. Además, el valor p supera 0,05, lo que sugiere que los datos exhiben una distribución normal. Asimismo, proporciona información sobre la media y desviación estándar del proceso, las cuales son 389,4 segundos y 5,254 segundos, respectivamente. Este procedimiento se realizó para cada proceso en el Anexo F.

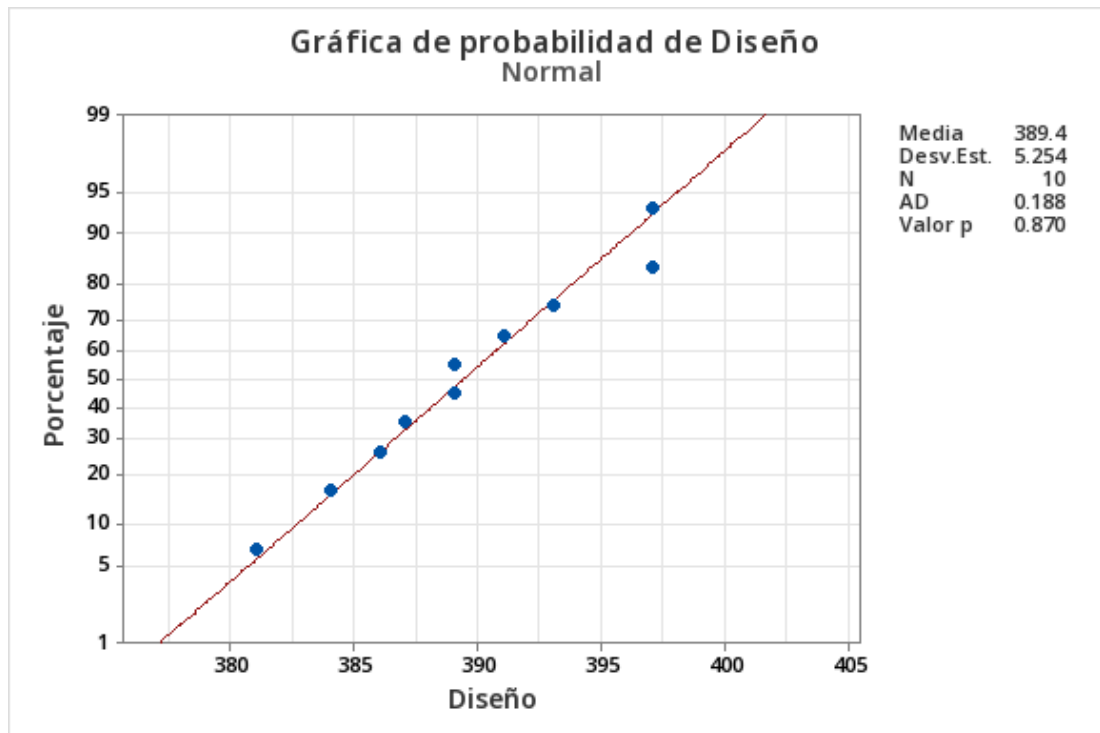


Figura 48. Prueba de normalidad de los tiempos del proceso de Diseño

En la Tabla 27 se detallan la media, desviación estándar y el valor “p” de cada proceso, mostrando que el valor de “p” es mayor que el nivel de significancia  $\alpha$  de 0,05. Por lo tanto, se concluye que los datos siguen una distribución normal.

Tabla 27. Resultados de Prueba de normalidad.

Proceso	Media (s)	Desviación estándar (s)	Valor “p”
Diseño	389,400	5,254	0,870
Tejido	7611,000	100,800	0,604
Costura	277,400	13,090	0,114
Planchado	1438,000	27,540	0,101
Etiquetado y empacado	443,600	17,950	0,233

Con la confirmación de la normalidad de los datos, se procede a la generación de números aleatorios para la construcción del modelo.

### 3.26.3 Construcción del modelo

Para esta etapa se inserta los datos de la empresa, que son variables aleatorias, y se realiza la conexión entre las operaciones, designando el tiempo en que trabajan los operadores al día. Como los modelos de distribución de flexsim necesitan los datos de la variable aleatoria, se generan en Excel números aleatorios en donde: el número de variables es 1, mientras que la cantidad de números aleatorios será de 1000, con un tipo de distribución normal para el análisis de los datos. En la Figura 49 se evidencia la generación de 1000 números aleatorios con una distribución normal a partir de la media y la desviación estándar obtenidas a través de la prueba de normalidad de Anderson-Darling para el proceso de diseño.

Generación de números aleatorios

Número de variables: 1

Cantidad de números aleatorios: 1000

Distribución: Normal

Parámetros

Media = 389,4

Desviación estándar = 5,254

Iniciar con:

Opciones de salida

Rango de salida:

En una hoja nueva:

En un libro nuevo

Figura 49. Generación de números aleatorios en Excel

Estos datos aleatorios, correspondientes a cada proceso, se almacenan en archivos de texto con formato (.txt), donde la delimitación se realiza mediante tabulaciones, o directamente se copia los datos como fue el caso. Para la posterior apertura o pega de

los datos en FlexSim a través de la herramienta ExpertFit. En la Figura 50 se observa el software Experfit abierto.

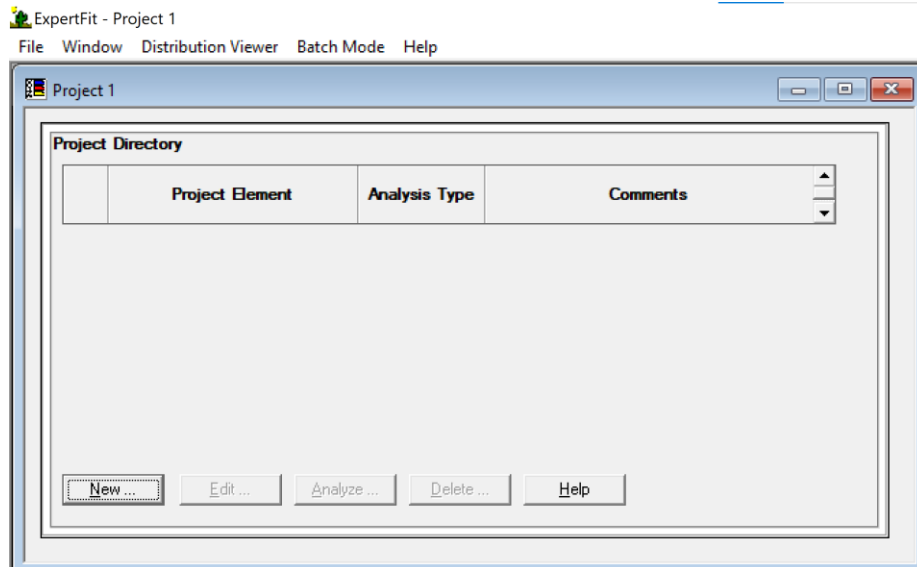


Figura 50. Expertfit en Flexsim

Expertfit encuentra la distribución que mejor se adapte a nuestros resultados, en la pestaña “Models”. Donde se obtienen los parámetros para ingresar en la simulación por cada proceso. La Figura 51 muestra la distribución más adecuada obtenida para el proceso de diseño. Los modelos de distribución para todos los procesos están detallados en el Anexo L.

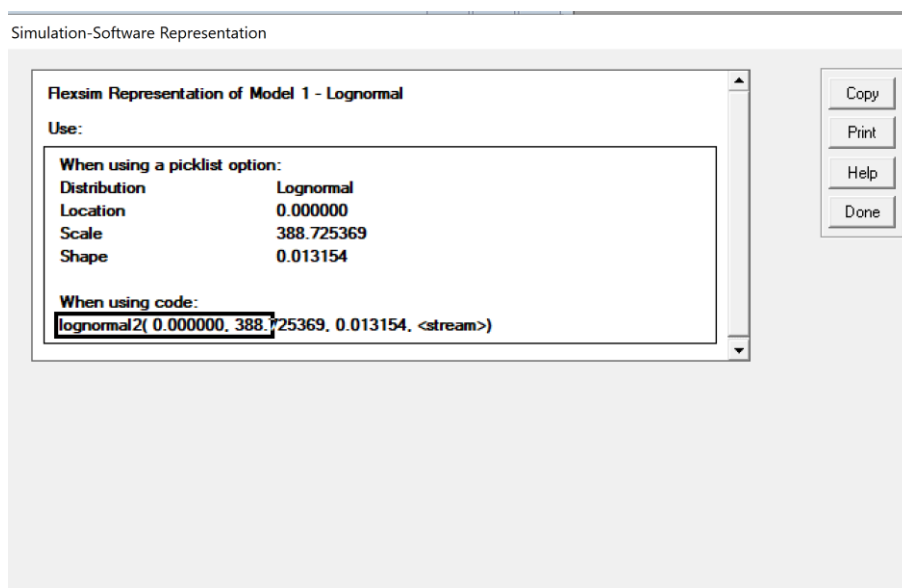


Figura 51. Modelo de distribución obtenido a través del ingreso de datos

En la fase de modelado de distribuciones en FlexSim, los datos generados previamente se introducen en ExpertFit para identificar la distribución que mejor se ajuste a los resultados obtenidos. Este proceso se lleva a cabo en la pestaña "Models". Aquí, se analizan los datos y se obtienen los parámetros necesarios para cada proceso, los cuales serán empleados en la simulación. Las distribuciones obtenidas se detallan en la Tabla 28.

Tabla 28. Distribuciones probabilísticas para cada proceso

Proceso	Distribución
Diseño	lognormal2( 0.000000, 388.725369, 0.013154, 0)
Tejido	lognormal2( 0.000000, 7603.405359, 0.013955, 0)
Costura	beta( 149.801916, 393.768319, 46.252840, 42.453525, 0)
Planchado	beta( 1154.262175, 1713.930724, 48.986042, 47.655201, 0)
Etiquetado y empacado	beta( 291.874434, 563.899285, 29.795512, 23.861177, 0)

Luego de obtener las distribuciones de probabilidad más adecuadas para cada proceso mediante ExpertFit, los valores correspondientes se insertan en la sección "Process Time" de todas las máquinas involucradas en cada proceso. Este paso es crucial para establecer los tiempos de proceso de manera realista y basada en datos que reflejen la variabilidad inherente a la operación de la planta de DEPORTEX. La Figura 52 muestra la configuración del proceso de diseño, con su correspondiente process time.

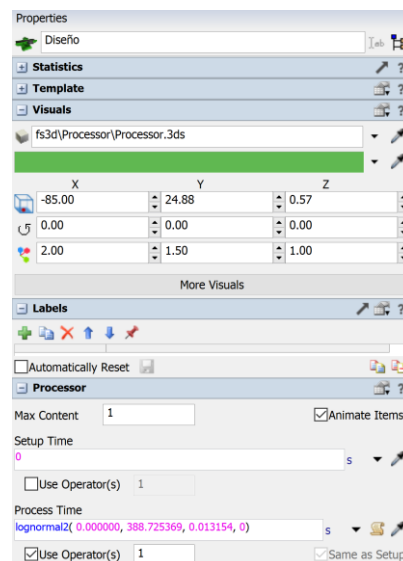


Figura 52. Configuración del proceso de Diseño

Se procedió a detallar la duración de la jornada de trabajo semanal. En este caso, se configura la simulación de acuerdo con la práctica actual de la empresa, que consiste en trabajar 1 día entre semana durante 5 horas. En consecuencia, se establece una duración de jornada laboral de 5 horas exclusivamente para el operario responsable del planchado y el empacado. Además, se consideran los sábados laborables, con un horario de 8 a.m. a 2 p.m para todos los procesos. En la Figura 53 se observa la jornada de trabajo semanal, para los procesos de planchado y etiquetado. Ya que el resto de los procesos no cuentan con horas extras el lunes.

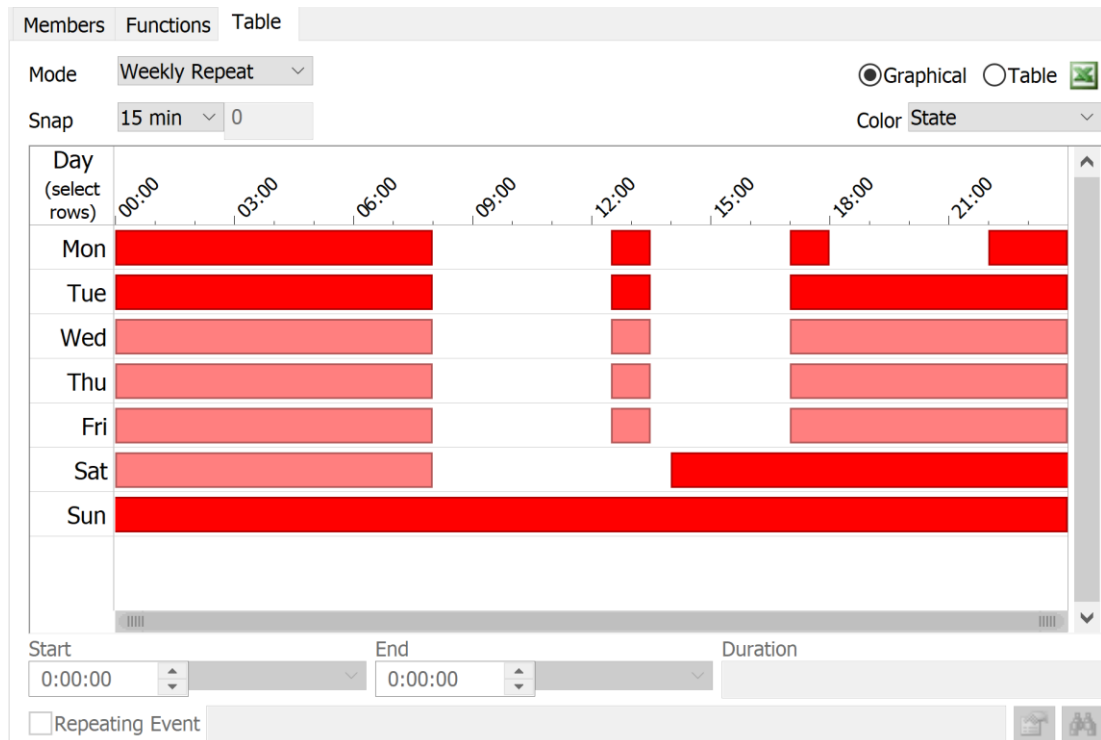


Figura 53. Jornada de trabajo actual

Esta configuración horaria se adapta a la realidad operativa de DEPORTEX, asegurando que la simulación refleje fielmente las condiciones de trabajo existentes.

Finalmente, se ajusta el tiempo de simulación para abarcar un período de 1 semana, desde el 8/1 al 14/1 siendo igual a 604800 segundos y se inicia la simulación haciendo clic en "run time". Este proceso se repite para construir los modelos de las propuestas alternativas. De esta manera, se logra obtener las simulaciones correspondientes tanto del modelo actual como de los modelos propuestos en el software FlexSim 2022.

### 3.26.4 Experimentación en Flexsim

Con el propósito de evaluar y validar los modelos, se llevó a cabo una simulación de la producción en la planta durante una semana. Durante este proceso, se realizaron comparaciones detalladas entre la simulación del estado actual y las propuestas alternativas. Este análisis proporcionó información detallada sobre el rendimiento de cada modelo en términos de eficiencia y productividad.

#### 3.26.4.1 Distancia Recorrida

Distribución actual

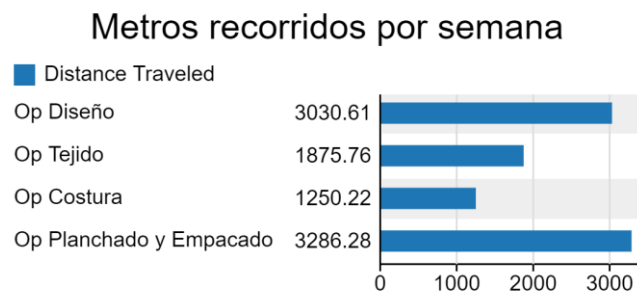


Figura 54. Distancia recorrida por operador en la distribución actual

Propuesta SLP

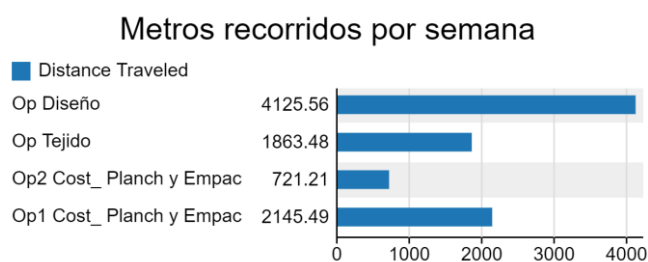


Figura 55. Distancia recorrida por operador en la distribución SLP

Propuesta WinQSB



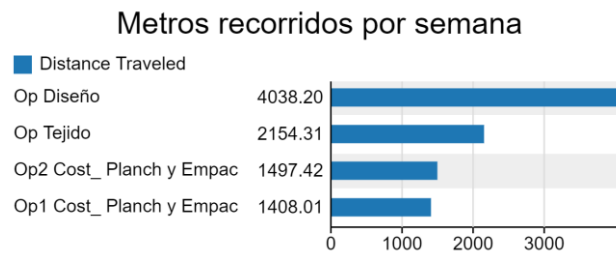


Figura 56. Distancia recorrida por operador en la distribución WinQSB

En las Figuras 54, 55 y 56 se encuentran los throughputs obtenidos de la simulación de la empresa tanto en la situación actual y las propuestas, de la distancia total recorrida en metros por los trabajadores en una semana de trabajo. Comparadas a continuación en la siguiente Tabla 29.

Tabla 29. Distancia total recorrida por los operadores en simulación de 1 mes

Operador	Actual(m)	Propuesta SLP (m)	Propuesta WinQSB (m)
<b>Operador Diseño</b>	3030,61	4125,56	4038,20
<b>Operador Tejido</b>	1875,76	1863,48	2154,31
<b>Operador Costura</b>	1250,22	721,21	1497,42
<b>Operador Planchado y Empacado</b>	3286,28	2145,49	1408,01
<b>Total</b>	9442,87	8855,74	9097,94

Al comparar la distancia recorrida por los trabajadores entre el modelo actual y las propuestas, se destaca que, en la propuesta actual, el operador que registra la mayor distancia es el encargado del planchado y etiquetado, cubriendo 3286.28 metros a la semana, equivalente a 82.16 metros por hora. Si consideramos que la velocidad promedio de caminar de una persona es de 3 km/h, se supone que recorrer 82.16 metros en una hora sería una tarea razonable, tomando aproximadamente 100 segundos para cubrir dicha distancia.

En contraste, en ambas propuestas, el operador de diseño es quien recorre la mayor distancia, llegando a 4125.56 metros en la propuesta SLP, lo que equivale a aproximadamente 103 metros por hora. Siguiendo el razonamiento anterior, recorrer estos 103 metros cada hora llevaría alrededor de 125 segundos, mostrando un aumento en la distancia individual recorrida por el operario, pero sigue siendo una distancia razonable.

A pesar de este incremento en la distancia individual, se observa una mejora en los modelos propuestos al evaluar la distancia total recorrida por todos los operarios. Este análisis sugiere que, aunque algunos operarios puedan experimentar un aumento en la carga de trabajo, el rendimiento general del equipo podría beneficiarse con las propuestas planteadas.

### 3.26.4.2 Gráfico de barras de cada proceso

Distribución actual

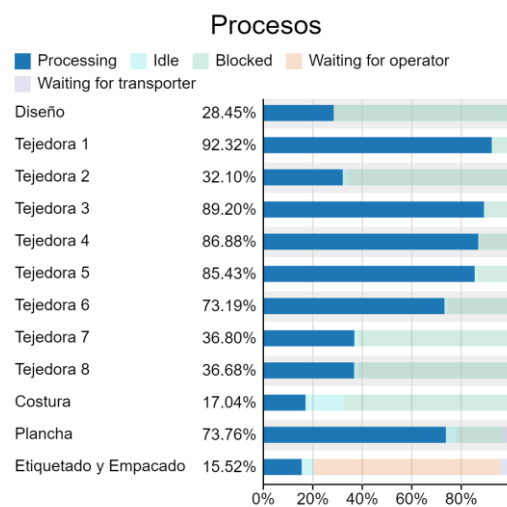


Figura 57. Gráfico de barras de estado por proceso en la distribución actual

Propuesta SLP

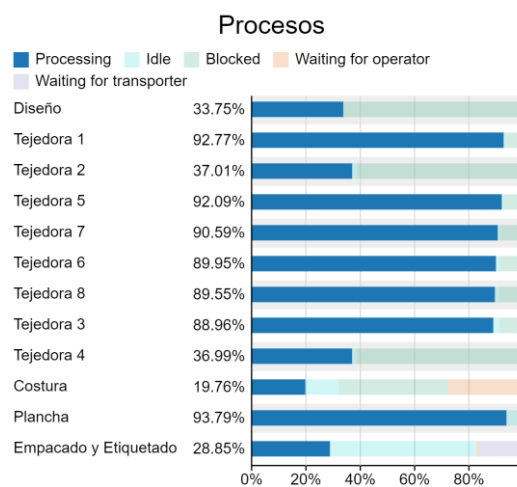


Figura 58. Gráfico de barras de estado por proceso en la distribución SLP

## Propuesta WinQSB

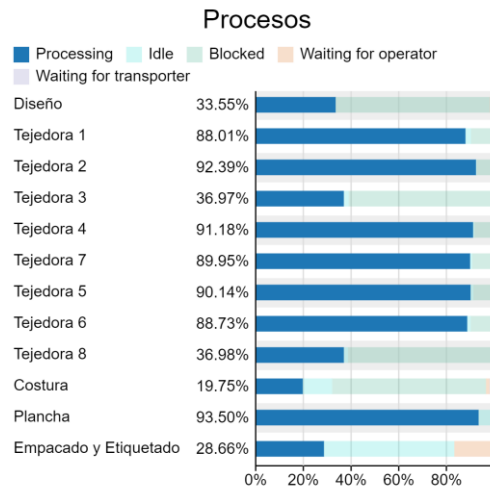


Figura 59. Gráfico de barras de estado por proceso en la distribución WinQSB

En las Figuras 57, 58 y 59 se presenta el estado de forma porcentual de cada proceso, revelando que en la distribución actual, el proceso de empacado y etiquetado muestra un alto porcentaje de espera por operario. Esto indica que el operario se encuentra ocupado en otra actividad, específicamente en el proceso de planchado, ya que es el único operario que realiza ambos procesos. En contraste, en ambas propuestas, se observa una disminución en el porcentaje de espera por operario, gracias a la implementación de un despachador que asigna los procesos de Costura, Plancha y Etiquetado a dos operarios según su disponibilidad. Además, se destaca un aumento en el porcentaje de utilización de la plancha en ambas propuestas.

Un hallazgo adicional resalta que, en la distribución actual, cuatro tejedoras operan con un porcentaje mayor al 90%, mientras que otras tres tienen un porcentaje menor al 40% de su capacidad. Este desequilibrio indica un cuello de botella en el proceso siguiente, la costura, que presenta un estado en proceso del 17% en la distribución actual. Aunque en ambas propuestas el porcentaje de utilización se incrementa al 19%, sigue siendo relativamente bajo. Se sugiere considerar la adición de una máquina costurera adicional para optimizar la eficiencia.

Estos resultados indican que las propuestas de redistribución no solo optimizan la utilización de recursos, sino que también reducen los tiempos de espera, mejorando la eficiencia global del proceso de confección.

### 3.26.4.3 Gráfico de barras de cada operario

Distribución actual

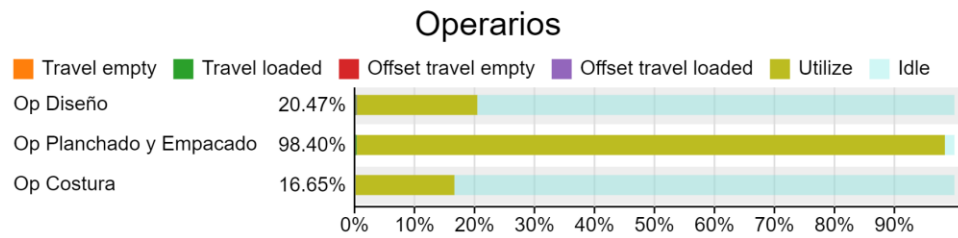


Figura 60. Gráfico de barras de estado por operario en la distribución actual

Propuesta SLP

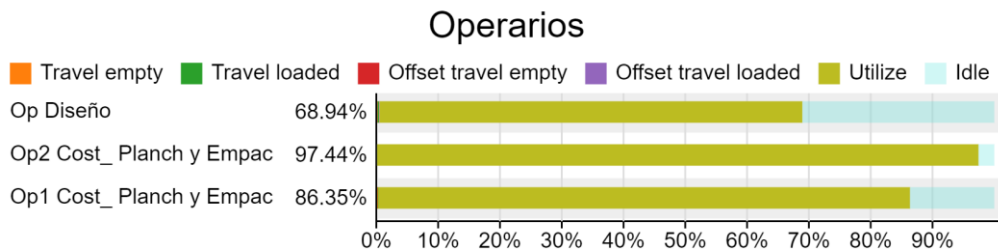


Figura 61. Gráfico de barras de estado por operario en la distribución SLP

Propuesta WinQSB

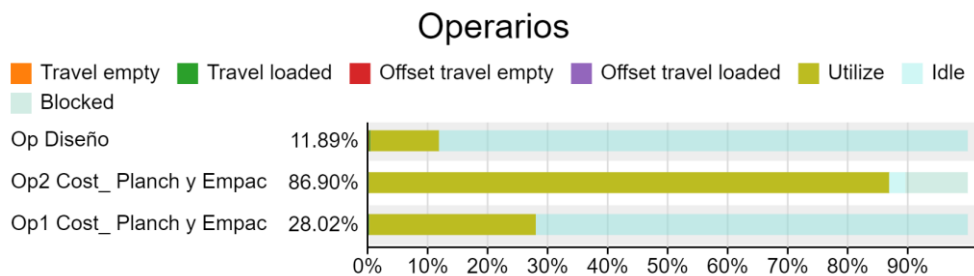


Figura 62. Gráfico de barras de estado por operario en la distribución WinQSB

En las Figuras 60, 61 y 62, se examinan los porcentajes de utilización de los operarios, destacando una preocupación particular en la disposición actual. Se observa que los operadores de diseño y costura dedican solo el 20,47% y el 16,45% de su tiempo total, respectivamente, a sus procesos asignados. Esto sugiere que la mayor parte del tiempo, los operarios no están ejecutando las tareas para las que fueron designados debido a cuellos de botella en los procesos siguientes.

En relación con las propuestas, en el caso de WinQSB, la situación no experimenta cambios sustanciales, ya que los porcentajes de utilización de ambos operarios permanecen bajos, con un 11,89% para el operador de diseño y un 28,02% para el operador de costura, planchado y etiquetado. Por otro lado, la propuesta del SLP demuestra un aprovechamiento más efectivo de los dos operarios, mostrando un aumento significativo en los porcentajes de utilización. En esta propuesta, el operador de diseño alcanza un 68,94%, mientras que el operador de costura llega a un 86,35%. Estas cifras indican un ajuste más equilibrado en la propuesta SLP, donde ambos operarios están más activamente involucrados en sus respectivos procesos.

#### 3.26.4.4 Volumen de trabajo de cada proceso

Distribución actual

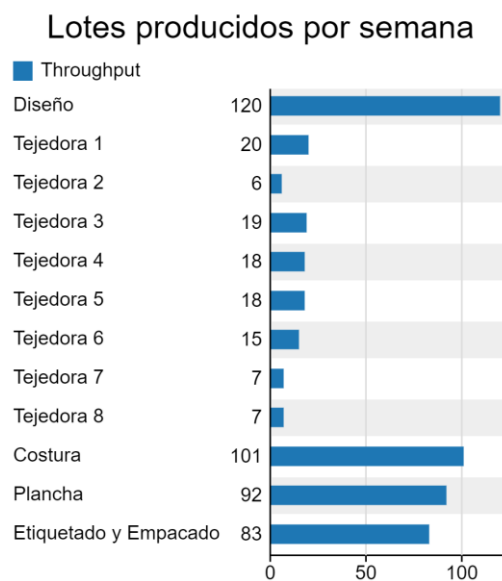


Figura 63. Volumen de trabajo de cada proceso en la distribución actual

## Propuesta SLP

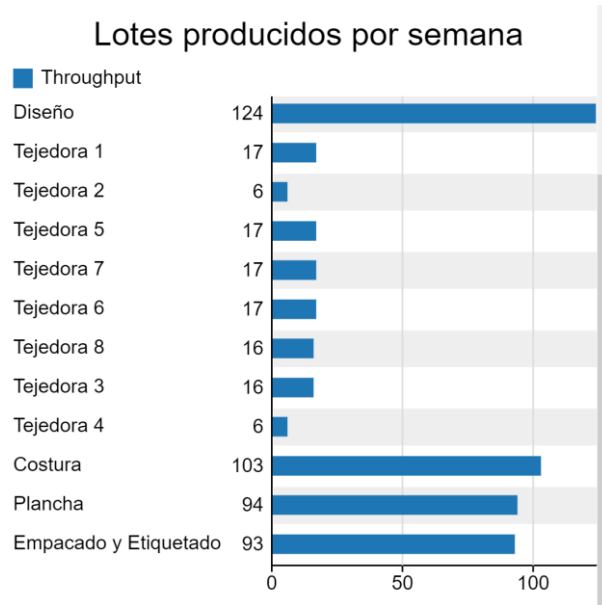


Figura 64. Volumen de trabajo de cada proceso en la distribución SLP

## Propuesta WinQSB

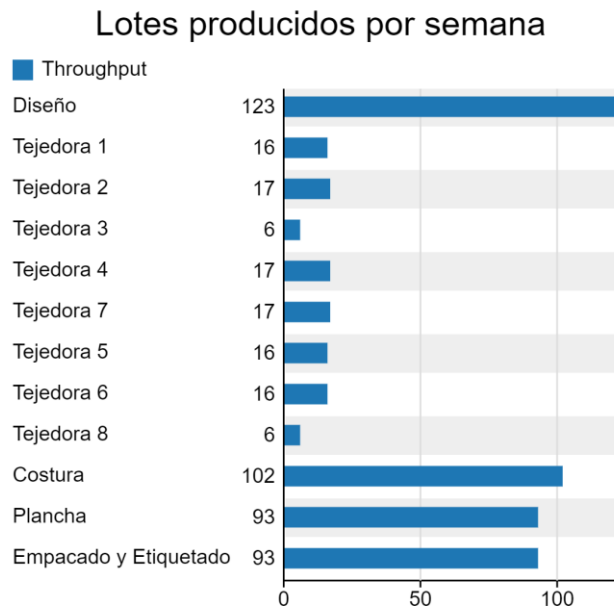


Figura 65. Volumen de trabajo de cada proceso en la distribución WinQSB

Las Figuras 63, 64 y 65 presentan los volúmenes de trabajo resultantes de las simulaciones de la empresa, abarcando tanto la situación actual como las propuestas

para las salidas de cada proceso en un período semanal de trabajo. Se destaca que, en la distribución actual, la producción alcanza los 83 lotes de producción a la semana, como se indica en el último proceso de empaçado y etiquetado. En contraste, en ambas simulaciones propuestas, esta cifra se eleva a 93 lotes de 24 medias a la semana. Este aumento en la producción resalta la eficacia de las nuevas propuestas de distribución, impulsando un rendimiento mensual más elevado en la confección de medias deportivas.

La situación actual muestra que se fabrican 83 lotes a la semana, aproximadamente 16 lotes al día, una cantidad que coincide con la capacidad de producción calculada utilizando el tiempo estándar del cuello de botella del proceso de planchado. Sin embargo, se espera una mejora al implementar una de las propuestas, ya que la cantidad de lotes al día aumenta a alrededor de 18 lotes, lo que permite cumplir con la demanda actual de 18 lotes al día.

### **3.26.5 Cálculo de costos**

Se procede al cálculo del costo mensual, de acuerdo con el cálculo de mano de obra previamente elaborado se calculó nuevamente el costo de mano de obra conociendo que los operarios de costura, planchado y empaçado reciben un salario básico unificado de \$450 dólares, mientras que el operario encargado de las tejedoras recibe un salario de \$520.

En la Tabla 30 se calculó la mano de obra del operario de costura, tomando en cuenta que en las propuestas no realiza horas extra, ni horas suplementarias y sigue recibiendo los beneficios que recibe todo trabajador por ley. Este cálculo se realizó para cada operario, siendo detallados los costos en el Anexo K2. Este dato monetario se revela como un componente esencial para el análisis de costos en cada área.

Se consideró que la empresa actualmente opera seis días a la semana, con labores adicionales los sábados de 8 a. m. a 2 p. m. Además, se realizan horas extras nocturnas en un día adicional entre semana para el operario de planchado y etiquetado.

Tabla 30. Cálculo de la mano de obra

Mano de obra	
Descripción	Costos (\$)
Sueldo	450,00
VALOR H. S.	0
VALOR H. E.	0
Décimo 3er. Sueldo	37,50
Décimo 4to. Sueldo	37,50
Fondos de Reserva	37,50
Aportes al IESS (11,45%)	51,53
Total	562,50
Valor Hora MO	2,34

La Tabla 31 muestra el costo total de mano de obra tanto para la situación actual contemplando el tiempo extra, así como la situación propuesta.

Tabla 31. Cálculo de la mano de obra

Nómina	Total Ingresos Actual (\$)	Total Ingresos Propuesta (\$)
Operario Costura	667,50	562,50
Operario Planchado y empacado	733,13	562,50
Operario Tejido	765,50	644,17
Total MO Mensual	2166,14	1769,18

El monto de \$396,96 representa el ahorro potencial mensual que la empresa podría lograr mediante la optimización y gestión eficiente de las horas de trabajo. Este ahorro se obtendría al reducir los costos asociados con las horas extras y mejorar la eficiencia en la asignación de tareas. La cifra de \$396,96 refleja el beneficio económico directo que la empresa podría obtener mensualmente.

En la Tabla 32 se presentan las posibles ganancias sin tener en cuenta el costo de la materia prima, utilizando el precio de venta actual de \$16.80 por docena. Se realiza una comparación entre la cantidad de lotes que se producen actualmente (83 lotes) y la cantidad esperada según la simulación (93 lotes). Esta comparación destaca el



impacto positivo en los ingresos que se espera alcanzar mediante las propuestas de redistribución, lo cual contribuirá aún más al crecimiento económico de la empresa.

Tabla 32. Ganancias mensuales

Precio de venta por lote	Total Ingresos Actual (\$)	Total Ingresos Propuesta (\$)
\$16,80	\$5577,60	\$6249.60

Al tomar en cuenta el ahorro realizado por la mano de obra, y las posibles ganancias mensuales, sin tomar en cuenta los costos de materia prima. Se calculó un total de \$672 en posibles ganancias, sumado a los \$396,96 de ahorro en mano de obra, suma un total de \$1068.96 de beneficio económico mensual.

### 3.27 Cursograma analítico propuesto

La Tabla 30 presenta el cursograma analítico sugerido para la fabricación de medias deportivas, revelando una reducción tanto en la distancia recorrida como en el tiempo de procesamiento, marcándose en 29,36 metros y 10609.23 segundos, respectivamente. Es esencial destacar que este cursograma analítico se construyó de manera teórica, y los tiempos de transporte se calcularon considerando la distancia recorrida a una velocidad de 3 km/h, que corresponde a la velocidad de caminata normal de una persona.

Tabla 33. Cursograma analítico propuesto

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL "DEPORTEX"			
Cursograma analítico			Operario/Material/Equipo		
Diagrama	1 de 1	Resumen			
Proceso	Producción de medias deportivas	Actividad	Propuesto		
			Cantidad	Tiempo	
Método	Actual	Operación		23	10117
Producto	12 pares	Transporte		6	35,23
Elaborado	Sebastián Inca	Inspección		1	65
Aprobado	Ing. Christian	Espera		1	600



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**  
**ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**"DEPORTEX"**

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
	Ortiz								
<b>Fecha</b>	05/12/2023	<b>Combinada</b>		1	82				
<b>Observación:</b>		<b>Almacenamiento</b>		1	10				
		<b>Distancia (m)</b>	29,36						
		<b>Tiempo (s)</b>	10909,23						
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Simbología					
		[m]	[s]						
Abrir software de diseño	1		18						
Buscar el diseño	1		14						
Cambiar y guardar diseño	1		322						
Trasladarse a las estanterías de MP	1	11,6	13,92						
Escoger rollos de hilo	1		18						
Transportar hilos y memoria a la tejedora	1	4,01	4,81						
Colocar rollos de hilo en la tejedora	1		127						
Insertar memoria SD	1		6						
Programar la máquina tejedora	1		61						
Tejido de medias	1		7230						
Voltear las medias	1		113						
Conteo e inspección de medias	1		82						
Transportar medias hacia el área de costura	1	5,38	6,46						
Colocar rollos de hilo	1		82						
Coser punta de la media	1		101						
Conteo de medias	1		10						
Separar costura entre medias	1		14						
Inspeccionar costura de las medias	1		65						









**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**  
**ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**"DEPORTEX"**

<b>Cursograma analítico</b>			<b>Operario/Material/Equipo</b>						
Transportar las medias hacia la plancha	1	3,95	4,74		➔				
Precalentar la plancha	1		600				●		
Voltear las medias	1		131	●					
Colocar las medias en los moldes para planchar	1		315	●					
Colocar los moldes con medias en la plancha y una tela por encima	1		93	●					
Planchar las medias	1		367	●					
Voltear los moldes en la plancha	1		274	●					
Planchar las medias	1		229	●					
Retirar las medias de los moldes	1		176	●					
Extender y doblar medias	1		183	●					
Transportar las medias hacia la mesa de etiquetado y empackado	1	2,91	3,49		➔				
Colocar etiqueta por cada par	1		209	●					
Empacar pedido completo	1		24	●					
Llevar el pedido completo a la estantería de PT	1	1,51	1,81		➔				
Almacenar el pedido	1		10						▼
<b>TOTAL</b>		<b>29,36</b>	<b>10909,23</b>						

### 3.28 Resumen del cursograma analítico propuesto

La Tabla 31 muestra que el proceso cuenta con 33 actividades, de las cuales 23 son operaciones, 6 transportes, 1 inspección, 1 espera y 1 almacenamiento, en donde da un resultado de 10909,23 segundos con una distancia recorrida de 29,36 metros.

Tabla 34. Resumen del cursograma analítico propuesto

Resumen			
Actividad		Actual	
		Cantidad	Tiempo (s)
Operación		23	10117
Transporte		6	35,23
Inspección		1	65
Espera		1	600
Combinada		1	82
Almacenamiento		1	10

En el cursograma de la distribución actual, el transporte representa el 0.46% (51/10925) del tiempo total, mientras que en el cursograma propuesto mediante la metodología SLP, este porcentaje disminuye a 0.32% (35.23/10909.23). Se observa una mejora del 43.75% en eficiencia en el transporte en el segundo caso.

## CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Conclusiones

- Se determinó que DEPORTEX actualmente cuenta con tres estaciones de trabajo dedicadas a la confección de medias deportivas. El Gerente, como figura central es el encargado en la toma de decisiones estratégicas, la supervisión general y el diseño del producto. En el núcleo productivo, los roles de tejedor, planchador y costurera desempeñan funciones críticas para asegurar la calidad y eficiencia en la producción de medias deportivas. Resaltando la necesidad de una colaboración efectiva y eficiencia en cada función para garantizar el éxito continuo y la competitividad en el mercado.
- La evaluación de los principios de distribución de planta actual en DEPORTEX destaca áreas críticas que demandan atención inmediata. La falta de una disposición que cumpla con el principio de mínima distancia recorrida, subaprovechamiento de recursos con máquinas inactivas, y deficiencias en seguridad, como la ausencia de señalización y Equipos de Protección Personal. Destacando la necesidad de implementar mejoras para lograr una distribución eficiente y segura.
- Se emplearon diversas herramientas y métodos para establecer una alternativa de mejora en la distribución de la empresa. Se identificó y analizó el cuello de botella en la producción diaria. El método de Guerchet cuantificó los requisitos de espacio, mientras que el método SLP delineó áreas y seleccionó distribuciones óptimas. WinQSB desarrolló un algoritmo eficiente, y la simulación en Flexsim permitió experimentar con modelos para lograr mejoras significativas en el flujo logístico. Estos enfoques integrados sientan las bases para una mejora integral en el proceso logístico de DEPORTEX.
- En el proceso de fabricación de las medias deportivas, se registró una distancia total recorrida de 41.10 metros. A través de un análisis de tiempos, se identificó que el proceso de planchado funciona como el cuello de botella, limitando la producción con un tiempo de 1725 segundos. Esta restricción reduce la

capacidad diaria a 16 lotes, cada uno compuesto por una docena de pares de medias, totalizando 80 lotes semanales. La simulación en el software FlexSim, bajo las actuales condiciones de horario laboral, arroja una producción semanal de 83 lotes.

- A través del método de Guerchet, se calculó el requisito de espacio físico para las operaciones, el cual se estableció en 76.06 m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que la empresa actualmente dispone de una superficie de 124.81 m<sup>2</sup>. Es evidente la existencia de espacio suficiente para distribuir los equipos y maquinarias. Este análisis se llevó a cabo mediante el método de Planeación Sistemática de la Distribución (SLP), generando dos alternativas que resultaron en una menor distancia y flujo de material. La evaluación de estas alternativas, utilizando el método de carga distancia, determinó que la alternativa 2 es la más adecuada. Esta opción logra una reducción significativa en la distancia recorrida, disminuyendo a 29.36 metros en comparación con los 41.1 metros de la situación actual.
- De manera análoga, se aplicó la metodología WinQSB, revelando un resultado de distribución de planta bastante similar a la disposición actual, con solo un par de modificaciones. Sin embargo, se observa que el recorrido es más amplio, alcanzando los 34.87 metros. Esto implica que la preferencia recae en la distribución propuesta por la metodología SLP, ya que presenta un rendimiento más eficiente en términos de recorrido y optimización del espacio en comparación con la alternativa proporcionada por WinQSB.
- A través de la simulación en Flexsim se evaluaron indicadores obteniendo que la implementación de la nueva distribución resulta en un incremento de la producción del 12,05% en la fabricación de medias deportivas. Este avance se traduce en un aumento de la fabricación de lotes semanales, pasando de 83 lotes a 93 lotes. Esta mejora se refleja en mayores ganancias y una producción más robusta, lo cual se traduce en beneficios significativos para la empresa.
- A partir de la simulación de la propuesta, se logró una reducción significativa en la duración de la jornada laboral de la empresa, eliminando así la necesidad

de implementar horas extra para cumplir con la demanda. Este ajuste resultó en un ahorro total mensual estimado en \$396,96. Que, junto con las posibles ganancias mensuales de \$672, sin tener en cuenta los costos de materia prima, se calcula un beneficio económico mensual total de \$1,068.96. Este ahorro se derivaría de la eficiencia mejorada en la asignación de tareas y la optimización de los recursos, lo que contribuiría directamente a la reducción de los costos asociados al tiempo de trabajo adicional. Este resultado no solo tiene implicaciones económicas positivas, sino que también refleja una gestión más eficiente de los recursos humanos y una adaptación exitosa a las necesidades operativas de la empresa.

## 4.2 Recomendaciones

- La implementación de una señalización efectiva en cada puesto de trabajo, pasillos y áreas de flujo de material en DEPORTEX es una recomendación clave. Esto permitirá una clara identificación de los espacios asignados para las operaciones, facilitando la eficiencia operativa de los operarios y mejorando la organización general en la planta de confección de medias deportivas.
- Es crucial realizar un estudio de riesgos específico para cada puesto de trabajo en DEPORTEX, con el objetivo de salvaguardar la salud y seguridad de los trabajadores. Esto implica dotar a los empleados con equipos de protección necesarios y establecer medidas preventivas para mitigar cualquier riesgo laboral, garantizando un entorno de trabajo seguro y saludable.
- Para mejorar la habilidad de los trabajadores, se sugiere un programa de capacitación adaptado a las actividades específicas de cada empleado en DEPORTEX. Esta iniciativa busca estandarizar los procesos, asegurando tiempos similares en los estudios y promoviendo una mayor eficiencia en la producción de medias deportivas.
- Con el fin de velar por la salud ocupacional y asegurar una producción continua, se propone la contratación de personal auxiliar y la implementación de horarios rotativos en DEPORTEX. Este enfoque permitirá cubrir ausencias de manera eficiente y mantener un flujo de trabajo constante en la planta de confección.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Benítez, “Propuesta de redistribución de planta en una empresa de la industria del vestido”, Escuela Superior de Tepeji del Río, Hidalgo, 2019. [En línea]. Disponible en: [www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)
- [2] E. J. Ortiz Naranjo y A. X. Zúñiga Valle, “Distribución de planta y sus factores: Incidencia en el mejoramiento de la productividad.”, *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, vol. 7, núm. 1, 2022, doi: 10.33936/riemat.v7i1.4840.
- [3] J. Avilés, “Diseño y distribución en planta para la empresa Reencavi compañía anónima”, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, 2019.
- [4] J. Ardila y J. Triana, “Propuesta de diseño de la nueva planta y optimización que permita mejorar la eficiencia del flujo de materiales en una empresa de fabricación de productos cosméticos”, Universidad Escuela Colombiana de Carreras Intermedias, Bogotá, 2022.
- [5] D. Rodríguez y A. Alarcón, “Propuesta de Mejoramiento de la Productividad a partir de la Redistribución de Planta y Herramientas Lean Manufacturing en la Empresa Maderpaco”, Universidad Antonio Nariño, Boyacá, 2021.
- [6] L. Caro y D. Martínez, “Distribución en planta de una empresa manufacturera bajo el enfoque de células de manufactura”, Universidad del Valle, Guadalajara de Buga, 2019.
- [7] D. Campos y L. Landázuri, “Formulación y diseño de una planta productora de mermelada de arazá empleando un edulcorante natural”, Universidad Estatal de Milagro, Milagro, 2019.
- [8] A. Basantes, “Layout del área de producción para la optimización de la secuencia de trabajo en Mao corporación impactex cia. Ltda”, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, Ambato, 2019.
- [9] S. Montesinos, C. Vázquez, I. Maya, y E. Gracida, “Mejora Continua en una empresa en México: estudio desde el ciclo Deming”, *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 25, núm. 92, 2020.
- [10] F. Naranjo, “Layout de la planta industrial ‘Siderúrgica Tungurahua’ para la optimización de sus espacios”, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, Ambato - Ecuador, 2021.
- [11] J. Yar, “Propuesta de distribución en la planta de producción de la empresa Artica textil”, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2021.
- [12] B. David, “Mejora de tiempo de fabricación mediante redistribución de planta en una empresa textil”, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, 2022.

- [13] M. R. Tapia *et al.*, “Diseño de la distribución de planta para una empresa textil”, Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Lima, 2019.
- [14] C. Sauñe y J. Kenjy, “Distribución De Planta Para Mejorar La Productividad En La Empresa Textil Arsein Perú S.A.C”, Universidad César Vallejo, Perú, 2020.
- [15] Ximena Elizabeth Rubio Tapia, “Teoría de Restricciones en el área de producción en industrias textiles para el incremento de la productividad”, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [16] D. M. Mendoza, “Diseño de una nueva planta textil de la empresa Confecciones María para reducir los pedidos no atendidos”, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2021.
- [17] R. Augusto, S. Beatriz, S. Acosta, A. Yorely, S. Raffo, y J. L. Fernando, “Modelo de mejora para incrementar la productividad y reducir la entrega de mochilas fuera de tiempo en una PYME textil, utilizando distribución de planta y 5s”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2020.
- [18] C. Medina y K. Meregildo, “Diseño y distribución de planta en la Empresa Textil Wilmer Sport SRL de la ciudad de Trujillo”, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2018.
- [19] J. R. Arias, “Modelo de Mejora de Procesos basado en Lean Manufacturing y Distribución de Planta para Reducir los Tiempos de Producción”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/652766>
- [20] C. Chiliquinga, E. Xavier, V. Toapanta, y V. Pilar, “Análisis de la distribución de planta del área de fundición de la empresa Cedal aluminio S.A. Latacunga, para generar una propuesta de redistribución”, Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga, 2019.
- [21] L. Aredo, “Diseño e implementación de una planta industrial para la producción de empaques flexibles en la empresa Polybags Perú S. R. L.”, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, 2019.
- [22] Ma. L. García y N. Atilano, “Redistribución optima de planta mediante el método de eslabones”, *Innovación y desarrollo tecnológico Revista Digital*, vol. 10, núm. 3, 2018.
- [23] M. Balarezo, “Diseño de layout para la optimización de los procesos productivos en la Lubricadora Salcedo”, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, Ambato, 2022.
- [24] S. Atehortúa, “Propuesta de distribución de planta, estándares de seguridad y Optimización de zonas de almacenamiento para la empresa textil Prosaltex S.A.S”, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, 2022.

- [25] S. Lascano y Y. Paredes, “Diseño de distribución en la bodega de la empresa Grupo Big Maryess Ltda. Mediante la metodología system layout planning y simulación.”, Universidad del Sinú, Cartagena de Indias, 2018.
- [26] C. A. Callirgos, “Propuesta de mejora en las etapas de selección y limpieza en campo e inspección en planta de uva en la empresa Agrícola San Juan S.A. para aumentar la oferta de producto exportado”, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.
- [27] D. A. Salazar, “Estudio del sistema de producción y propuesta de optimización para el proceso de empaque en la planta de compostaje Abonos Chávez - Miño”, Universidad De Las Américas, Quito, 2018.
- [28] A. C. Huallpa, “Análisis y propuesta de mejora de la productividad mediante el estudio de tiempos y movimientos de la línea de producción principal en la Empresa Inversiones Punto Azul S.A.C, año 2016 – 2017.”, Universidad Andina del Cusco, Cusco, 2018.
- [29] L. A. Neira, “Mejora y estandarización de los métodos de trabajo para incrementar la calidad de los productos en la empresa de calzados Velásquez, 2018”, Universidad César Vallejo , Trujillo, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0001-8981-1624>
- [30] C. A. Maigua, “Diseño de un modelo para la optimización de la productividad en la sección tejeduría mediante el estudio de métodos y tiempos de trabajo en una empresa textil”, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2021.
- [31] R. B. Chase y F. Robert Jacobs, *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*, 13va ed. México: Mcgraw-hill, 2009.
- [32] E. Javier y A. Avilés, “Proyecto técnico diseño y distribución en planta para la empresa Reencavi compañía anónima”, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, 2019.
- [33] M. Á. Caicedo, “Análisis de los procesos operativos y distribución de planta en la Empresa Cimetcorp S A”, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2019.
- [34] Gabriel. Baca, *Introducción a la ingeniería industrial*. México: Larousse - Grupo Editorial Patria, 2014.
- [35] B. L. Topón y T. S. Jiménez, “Diseño de distribución en planta en el área de carpintería en el Centro del Muchacho Trabajador.”, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, 2021.
- [36] J. C. Romero, “Rediseño de distribución de planta para mejorar las condiciones de trabajo de un taller de fabricación de maquinaria agrícola.”, Universidad de Sonora, Sonora, 2020.
- [37] W. D. Ardila y J. solanyi Chavez, “Propuesta de diseño de planta de la microempresa Pura Pulpa para aumentar la producción de pulpa de fruta”, Universidad Antonio Nariño, Colombia, 2021.

- [38] L. Cuatrecasas, *Ingeniería de Procesos y de Planta. Ingeniería Lean*. Brescia, Italy: Profit Editorial, 2017.
- [39] P. J. Castañeda y S. A. Seclen, “Gestión logística de aprovisionamiento y almacenamiento para mejorar la eficiencia en la ejecución de la obra Urb. Sol de Pomalca – 2019”, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2020.
- [40] A. L. Pinzón, “Rediseño de la cadena de suministro Hortofrutícola en una zona de postconflicto colombiano de acuerdo con los estándares de distribución logística internacional”, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2019.
- [41] M. Vilà Bonilla, *Modelos de localización*. Barcelona: FUOC, 2019.
- [42] W. A. Hormiga, “Simulación del proceso de extracción de aceite de sachá inchi mediante el software de Flexsim”, Fundación Universitaria de Popayán , Popayán , 2022.
- [43] F. L. Patiño y E. F. Ortiz, “Implementación de prácticas de laboratorio usando Software Flexsim en cursos de Planeación de la Producción, Métodos y Tiempos, Logística y Distribución, Programación y Control de la Producción del programa de Ingeniería Industrial, Universidad Cooperativa de Colombia, Campus Cali”, Universidad Cooperativa de Colombia, Santiago de Cali, 2019.

## ANEXOS

Anexo A. Número recomendado de ciclos según la General Electric

<b>Tiempo de ciclo (minutos)</b>	<b>Número recomendado de ciclos</b>
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Anexo B. Tablas de estudio de tiempos

Tabla B1. Estudio de tiempos del proceso de diseño.

		Toma de tiempos del proceso de Diseño													
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (s)										TT	TP	Id	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Abrir software de diseño	17	17	19	20	15	19	16	17	19	14	173	17,30	100%	17,30
2	Buscar el diseño	14	17	12	15	14	13	16	12	17	11	141	14,10	100%	14,10
3	Cambiar y guardar diseño	327	317	322	325	322	324	327	320	319	321	3224	322,40	100%	322,40
4	Trasladarse a las estanterías de MP	4	3	3	5	6	4	3	5	6	4	43	4,30	100%	4,30
5	Escoger rollos de hilo	14	29	12	20	18	16	19	21	17	22	188	18,80	100%	18,80
6	Transportar hilos y memoria a la tejedora	10	14	13	12	14	13	12	9	13	15	125	12,50	100%	12,50
Nota: TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Id: Índice de desempeño TN: Tiempo normal (TN=TP*Id).												Tiempo de ciclo		389,40	

Tabla B2. Estudio de tiempos del proceso de tejido

Proceso	Actividad	T1	T2	T3	TT	TP	Id	TN
Tejido	Colocar rollos de hilo en la tejedora	107	128	145	380	126,67	100%	126,67
	Insertar memoria SD	6	5	7	18	6,00	100%	6,00
	Programar la máquina tejedora	65	70	47	182	60,67	100%	60,67
	Tejido de medias (1 máquina)	7232	7289	7118	21639	7213,00	100%	7213,00
	Tejido de medias (8 máquinas)							901,63
	Voltear las medias	110	128	97	335	111,67	100%	111,67
	Conteo e inspección de medias	84	80	83	247	82,33	100%	82,33
	Transportar medias hacia el área de costura	15	7	9	31	10,33	100%	10,33
Total								1299,29
Nota: TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Id: Índice de desempeño TN: Tiempo normal (TN=TP*Id).								

**Nota:** La actividad de tejido de medias se realiza con 8 máquinas tejedoras de manera simultánea, por lo que el tiempo para calcular la producción diaria es el tiempo normal dividido para las 8 máquinas, mientras que para realizar la simulación se utiliza el tiempo de una máquina.

Tabla B3. Estudio de tiempos del proceso de costura

		Toma de tiempos del proceso de Costura									
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (s)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Colocar rollos de hilos	59	52	92	82	87	78	88	58	91	79
2	Coser las puntas de las medias	91	108	105	110	105	103	108	107	99	102
3	Conteo de las medias	11	8	9	6	12	9	8	11	7	11
4	Separar costura entre medias	11	19	12	10	12	16	14	15	13	11
5	Inspeccionar costura de las medias	72	58	66	62	66	70	68	63	71	67
6	Transportar las medias hacia la Plancha	9	11	5	6	9	8	7	5	10	5
Nota: TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Id: Índice de desempeño TN: Tiempo normal (TN=TP*Id).											



		Toma de tiempos del proceso de Costura													
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (s)										TT	TP	Id	TN
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
1	Colocar rollos de hilos	64	82	57	89	80	85	79	72	92	84	1550	77,50	100%	77,50
2	Coser las puntas de las medias	101	102	104	98	106	86	93	103	100	109	2040	102,00	100%	102,00
3	Conteo de las medias	15	7	14	13	7	10	12	8	16	8	202	10,10	100%	10,10
4	Separar costura entre medias	17	9	19	8	9	18	20	6	15	11	265	13,25	100%	13,25
5	Inspeccionar costura de las medias	69	64	72	66	53	84	63	69	61	73	1337	66,85	100%	66,85
6	Transportar las medias hacia la Plancha	11	4	11	8	7	9	6	10	7	7	155	7,75	100%	7,75
Nota: TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Id: Índice de desempeño TN: Tiempo normal (TN=TP*Id).												Tiempo de ciclo		277,45	

Tabla B4. Estudio de tiempos del proceso de planchado

		Toma de tiempos del proceso de Planchado													
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (s)										TT	TP	Id	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Voltear las medias	124	137	133	120	125	132	123	130	119	126	1269	126,90	100%	126,90
2	Colocar las medias en los moldes para planchar	327	316	303	307	322	304	289	319	302	313	3102	310,20	100%	310,20
3	Colocar los moldes con medias en la plancha y una tela por encima	108	90	88	100	92	85	101	97	80	103	944	94,40	100%	94,40
4	Planchar las medias	309	298	314	319	308	296	306	309	304	311	3074	307,40	100%	307,40
5	Voltear los moldes en la plancha	301	254	267	280	254	290	271	276	292	299	2784	278,40	100%	278,40
6	Planchar las medias	206	248	232	230	225	245	240	210	227	233	2296	229,60	100%	229,60
7	Retirar las medias de los moldes	102	79	97	92	95	74	86	93	81	107	906	90,60	100%	90,60
Nota: TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Id: Índice de desempeño TN: Tiempo normal (TN=TP*Id).											Tiempo de ciclo		1437,50		

Tabla B5. Estudio de tiempos del proceso de etiquetado y empaçado

		Toma de tiempos del proceso de Etiquetado y Empacado																		
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (s)															TT	TP	Id	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
1	Doblar medias	187	219	175	195	210	198	182	176	187	201	178	199	185	220	189	2901	193,40	100%	193,40
2	Etiquetar medias	182	195	221	180	201	212	198	190	189	177	203	198	211	196	174	2927	195,13	100%	195,13
3	Empacar pares de medias	22	30	21	26	25	28	24	29	23	27	25	30	22	26	31	389	25,93	100%	25,93
4	Llevar el pedido completo a la estantería de PT	21	15	18	20	22	18	21	19	17	23	16	15	24	14	16	279	18,60	100%	18,60
5	Almacenar el pedido	7	8	16	12	11	9	14	7	15	8	13	8	10	11	9	158	10,53	100%	10,53
Nota: TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Id: Índice de desempeño TN: Tiempo normal (TN=TP*Id).																	Tiempo de ciclo		443,60	

## Anexo C. Suplementos para los trabajadores

1	SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRES	MUJERES
A	Suplemento por necesidades personales	5	7
B	Suplemento base por fatiga	4	4
2	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRES	MUJERES
A	Suplemento por trabajar de pie	2	4
B	Suplemento por postura anormal		
	Ligeramente incómoda	0	1
	Incómoda (inclinado)	2	3
	Muy incómoda (echado, estirado)	7	7
C	Uso de fuerza/energía muscular (levantar, tirar, empujar) Peso levantado (kg)		
	2,5	0	1
	5	1	2
	10	3	4
	25	9	20 máx
	35,5	22	---
D	Mala iluminación		
	Ligeramente debajo de la potencia calculada	0	0
	Bastante por debajo	2	2
	Absolutamente insuficiente	5	5
E	Condiciones atmosféricas Índice de enfriamiento Kata		
	16	0	
	8	10	
	4	45	
	2	100	
F	Concentración intensa		
	Trabajos de cierta precisión	0	0
	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
G	Ruido		
	Continuo	0	0
	Intermitente y fuerte	2	2
	Intermitente y muy fuerte	5	5
	Estridente y fuerte		
H	Tensión mental		
	Proceso bastante complejo	1	1
	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
	Muy complejo	8	8
I	Monotonía		
	Trabajo algo monótono	0	0
	Trabajo bastante monótono	1	1
	Trabajo muy monótono	4	4
J	Tedio		
	Trabajo algo aburrido	0	0
	Trabajo bastante aburrido	2	1
	Trabajo muy aburrido	5	2

Anexo D. Tablas de suplementos de los operarios

Tabla D1. Suplementos del operario encargado del proceso de diseño

<b>Suplemento</b>			
<b>Género del operario</b>	Hombre	<b>Operación:</b>	Diseño
<b>Valoración</b>			
Descripción			Valor
Suplementos constantes	A	Por necesidades personales	5
	B	Por fatiga	4
<b>Valoración</b>			
Suplementos Variables	A	Trabajo de pie	2
	B	Postura anormal	0
	C	Energía muscular	0
	D	Iluminación	0
	E	Condiciones atmosféricas	0
	E	Concentración intensa	2
	F	Ruido	0
	G	Tensión mental	1
	H	Monotonía	0
	I	Tedio	0
<b>Total</b>			<b>14</b>

Tabla D2. Suplementos del operario encargado del proceso de tejido

<b>Suplemento</b>			
<b>Género del operario</b>	Hombre	<b>Operación:</b>	Tejido
<b>Valoración</b>			
Descripción			Valor
Suplementos constantes	A	Por necesidades personales	5
	B	Por fatiga	4
<b>Valoración</b>			
Suplementos Variables	A	Trabajo de pie	2
	B	Postura anormal	0
	C	Energía muscular	0
	D	Iluminación	0
	E	Condiciones atmosféricas	0
	F	Concentración intensa	2
	G	Ruido	0
	H	Tensión mental	4
	I	Monotonía	0
	J	Tedio	0
<b>Total</b>			<b>17</b>

Tabla D3. Suplementos del operario encargado del proceso de costura

<b>Suplemento</b>			
<b>Género del operario</b>	Mujer	<b>Operación:</b>	Costura
<b>Valoración</b>			
Suplementos constantes	Descripción		Valor
	A	Por necesidades personales	7
	B	Por fatiga	4
<b>Valoración</b>			
Suplementos Variables	A	Trabajo de pie	4
	B	Postura anormal	1
	C	Energía muscular	1
	D	Iluminación	0
	E	Condiciones atmosféricas	0
	E	Concentración intensa	2
	F	Ruido	0
	G	Tensión mental	1
	H	Monotonía	0
	I	Tedio	0
<b>Total</b>			<b>20</b>

Tabla D4. Suplementos del operario encargado de los procesos de planchado, etiquetado y empacado

<b>Suplemento</b>			
<b>Género del operario</b>	Mujer	<b>Operación:</b>	Costura
<b>Valoración</b>			
Suplementos constantes	Descripción		Valor
	A	Por necesidades personales	7
	B	Por fatiga	4
<b>Valoración</b>			
Suplementos Variables	A	Trabajo de pie	4
	B	Postura anormal	1
	C	Energía muscular	1
	D	Iluminación	0
	E	Condiciones atmosféricas	0
	E	Concentración intensa	2
	F	Ruido	0
	G	Tensión mental	1
	H	Monotonía	0
	I	Tedio	0
<b>Total</b>			<b>20</b>

Anexo E. Cálculos del tiempo estándar

E1. Tiempo estándar del proceso de diseño

$$TE = TN(1 + \textit{Permisibilidades})$$

$$TE = 389,40 \left(1 + \frac{14}{100}\right)$$

$$TS = 443,92 \textit{ segundos}$$

E2. Tiempo estándar del proceso de tejido.

$$TE = TN(1 + \textit{Permisibilidades})$$

$$TE = 1299,67 \left(1 + \frac{17}{100}\right)$$

$$TS = 1520,17 \textit{ segundos}$$

E3. Tiempo estándar del proceso de costura

$$TE = TN(1 + \textit{Permisibilidades})$$

$$TE = 277,45 \left(1 + \frac{20}{100}\right)$$

$$TS = 332,94 \textit{ segundos}$$

E4. Tiempo estándar del proceso de planchado

$$TE = TN(1 + \textit{Permisibilidades})$$

$$TE = 1437,50 \left(1 + \frac{20}{100}\right)$$

$$TS = 1725 \textit{ segundos}$$

E5. Tiempo estándar del proceso de etiquetado y empaçado

$$TE = TN(1 + \textit{Permisibilidades})$$

$$TE = 443,60 \left(1 + \frac{20}{100}\right)$$

$$TS = 532,32 \textit{ segundos}$$



Anexo F. Pruebas de normalidad de Anderson-Darling

Tabla F1. Prueba de normalidad del proceso de diseño

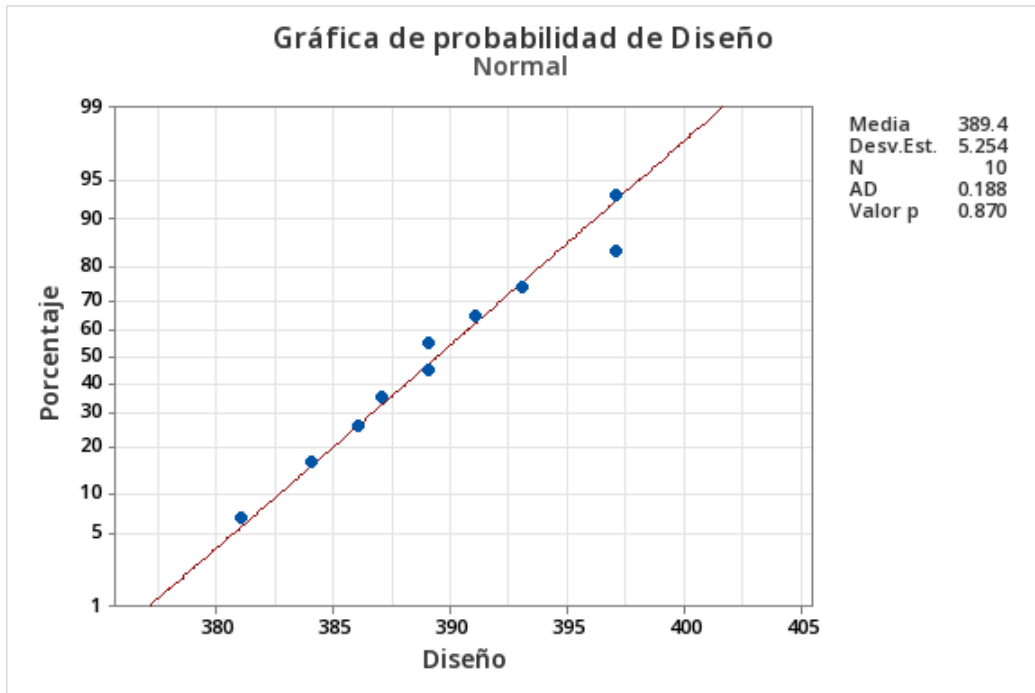


Tabla F2. Prueba de normalidad del proceso de tejido



Tabla F3. Prueba de normalidad del proceso de costura

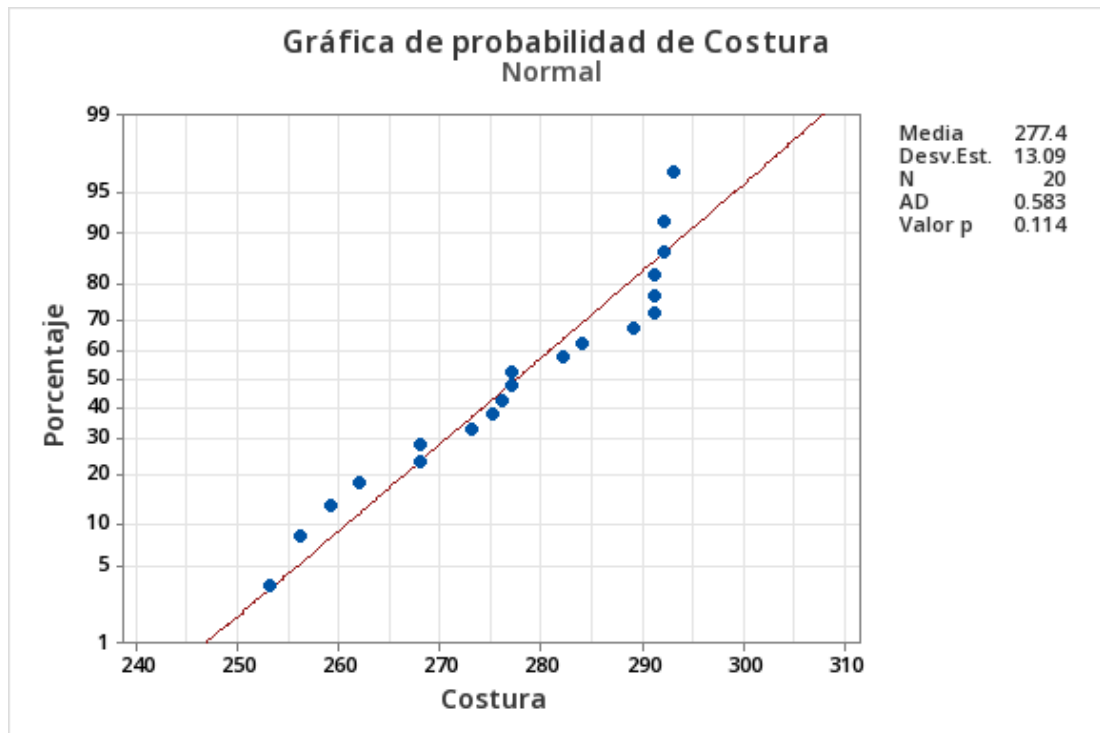


Tabla F4. Prueba de normalidad del proceso de planchado

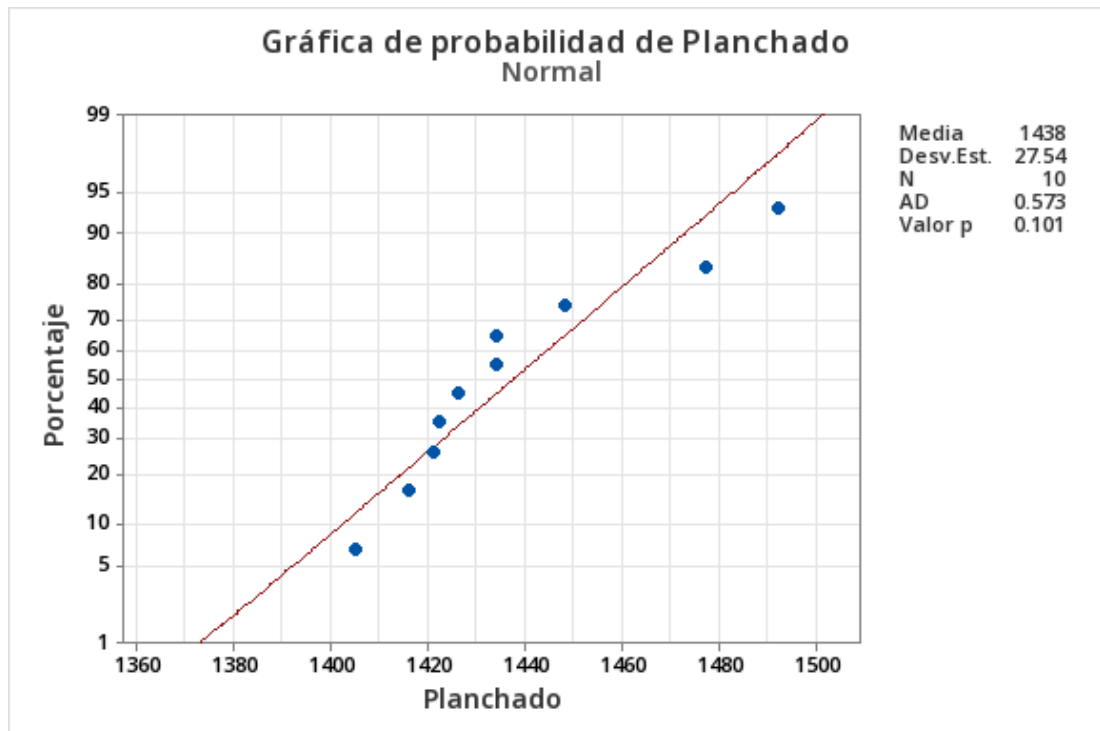


Tabla F5. Prueba de normalidad del proceso de etiquetado y empackado

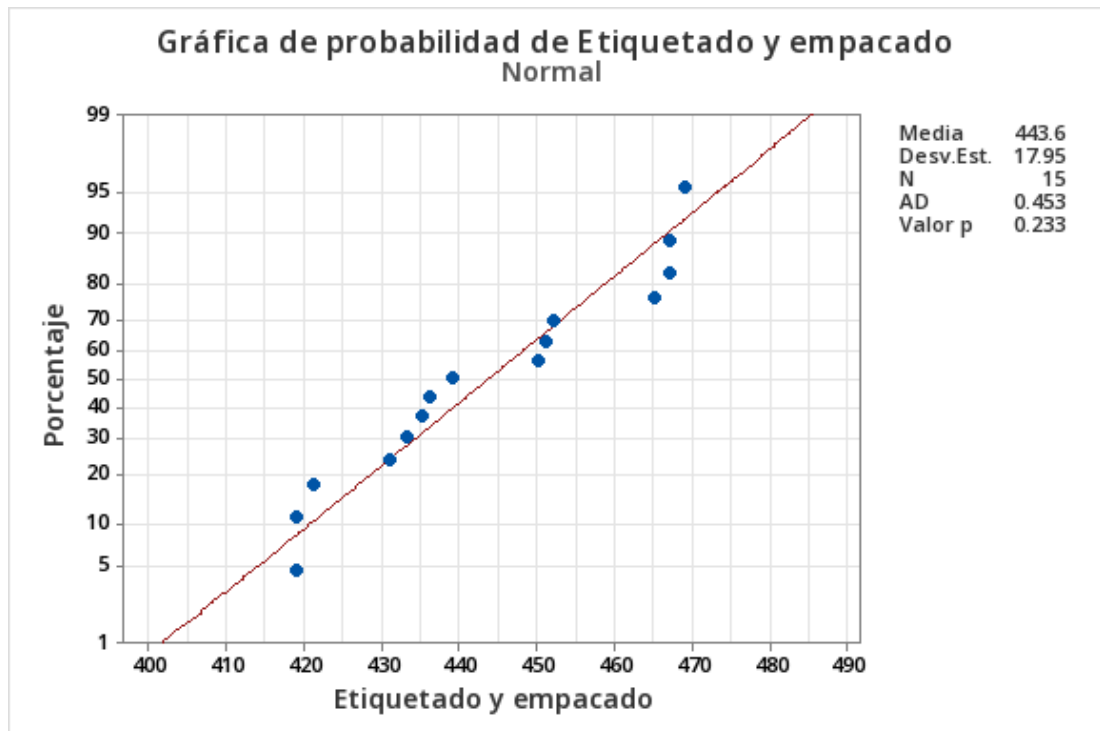
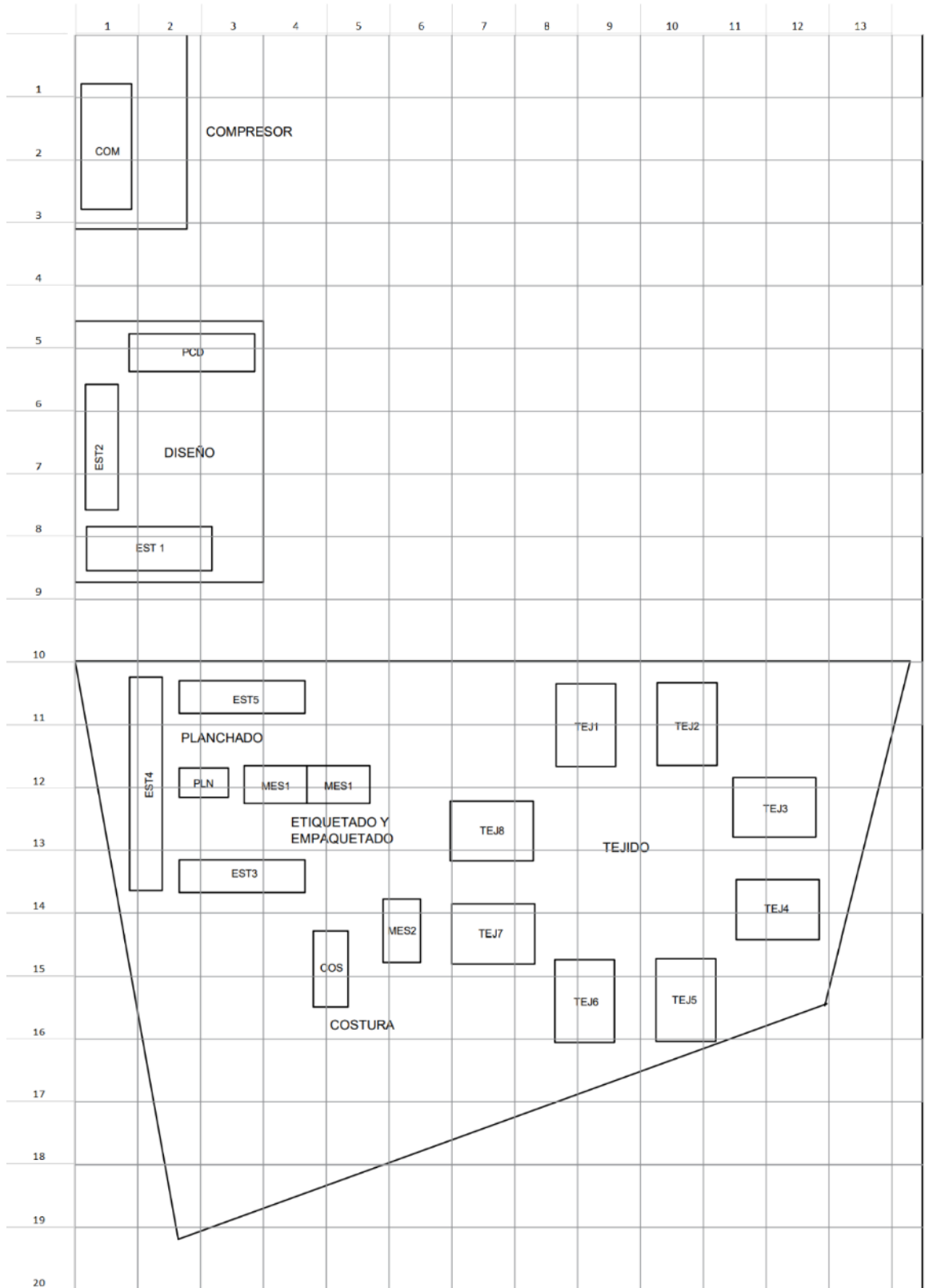


Tabla F5. Valores estadísticos de las pruebas de normalidad

Proceso	Media (s)	Desviación estándar (s)	Valor "p"
Diseño	389,400	5,254	0,870
Tejido	7611,000	100,800	0,604
Costura	277,400	13,090	0,114
Planchado	1438,000	27,540	0,101
Etiquetado y empackado	443,600	17,950	0,233

### Anexo G. Layout actual dividido en cuadrícula



## Anexo H. Distribución actual y diagrama de recorrido

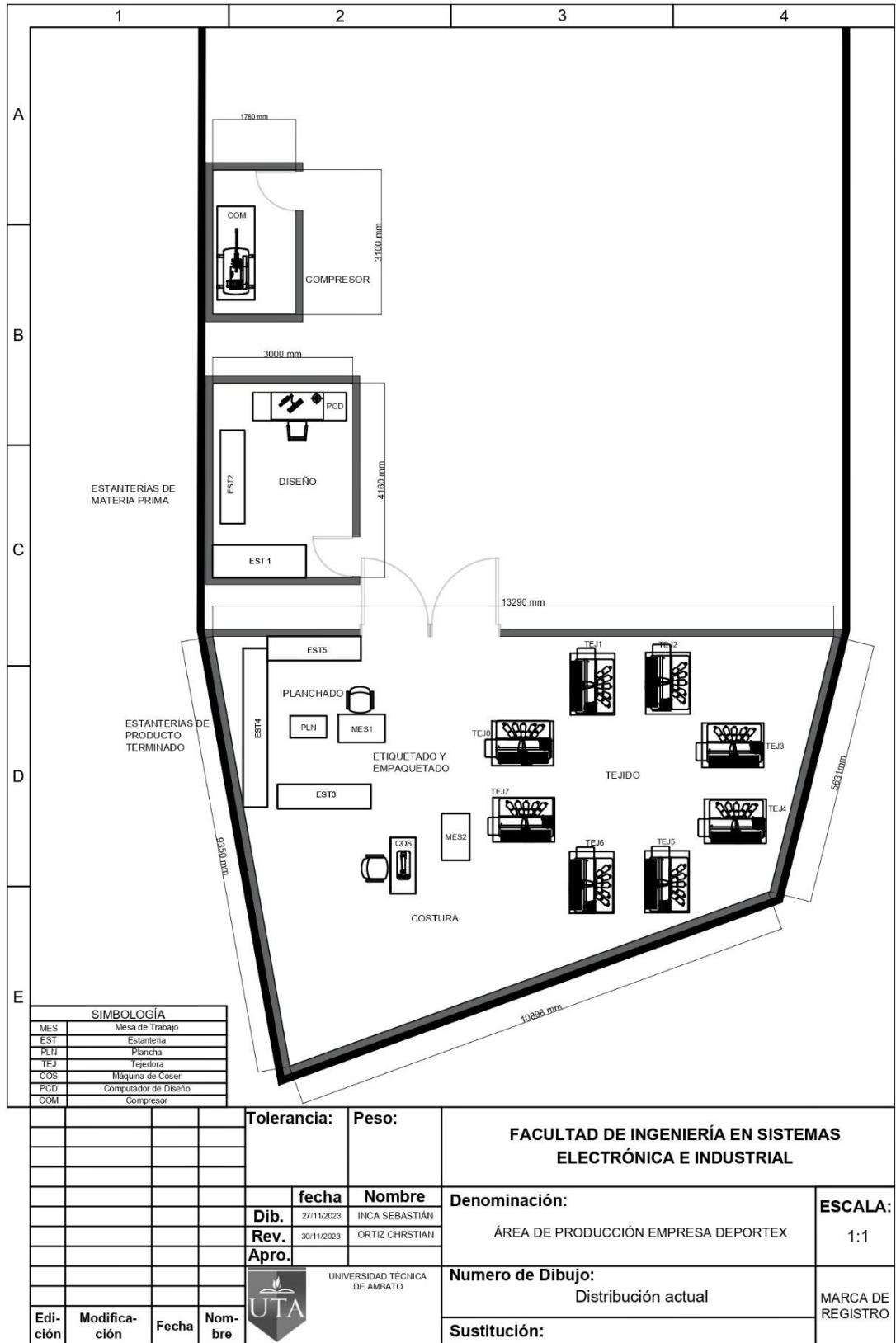


Figura H1. Distribución actual.

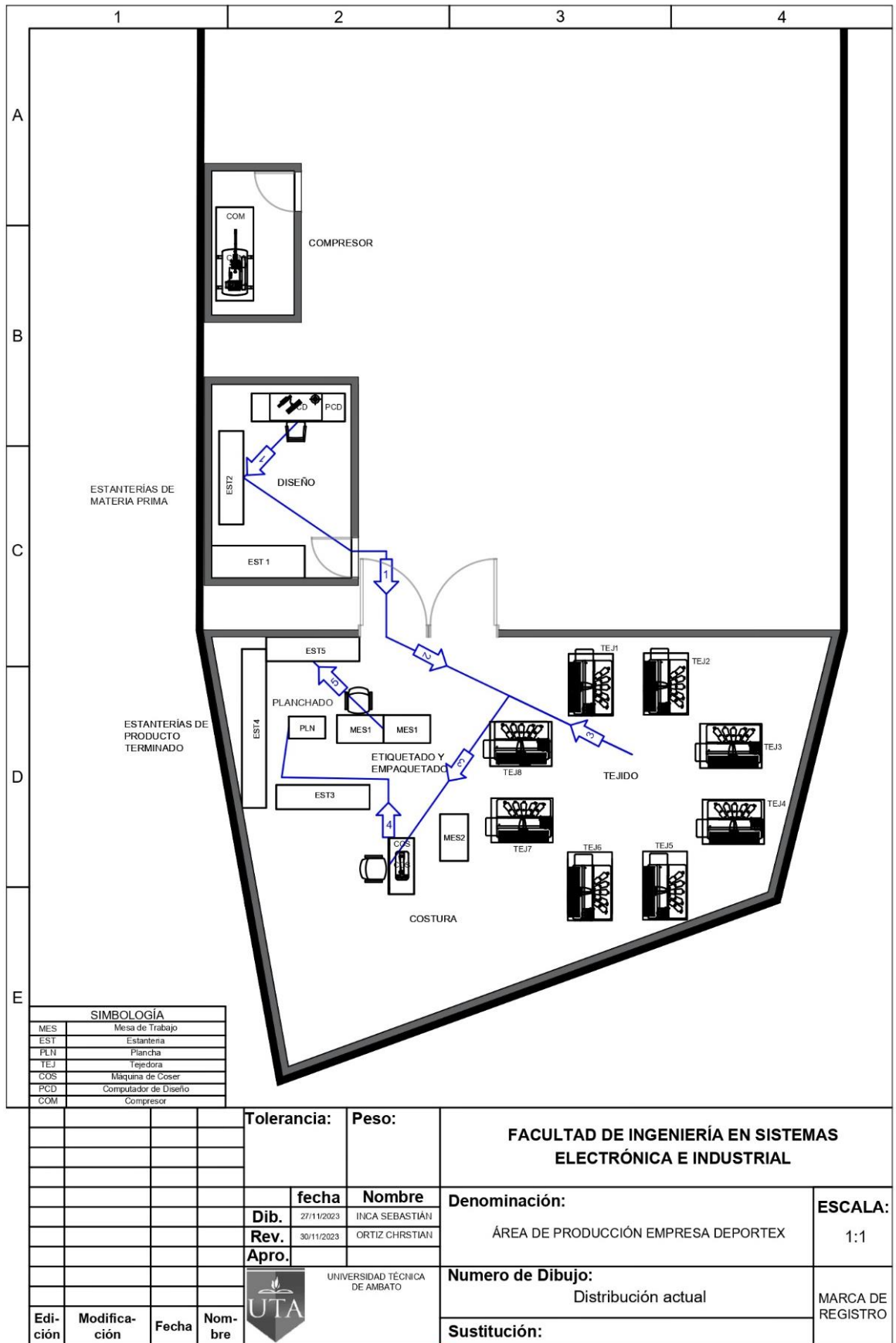


Figura H2. Diagrama de recorrido actual

Anexo I. Propuesta de distribución 1 y diagrama de recorrido.

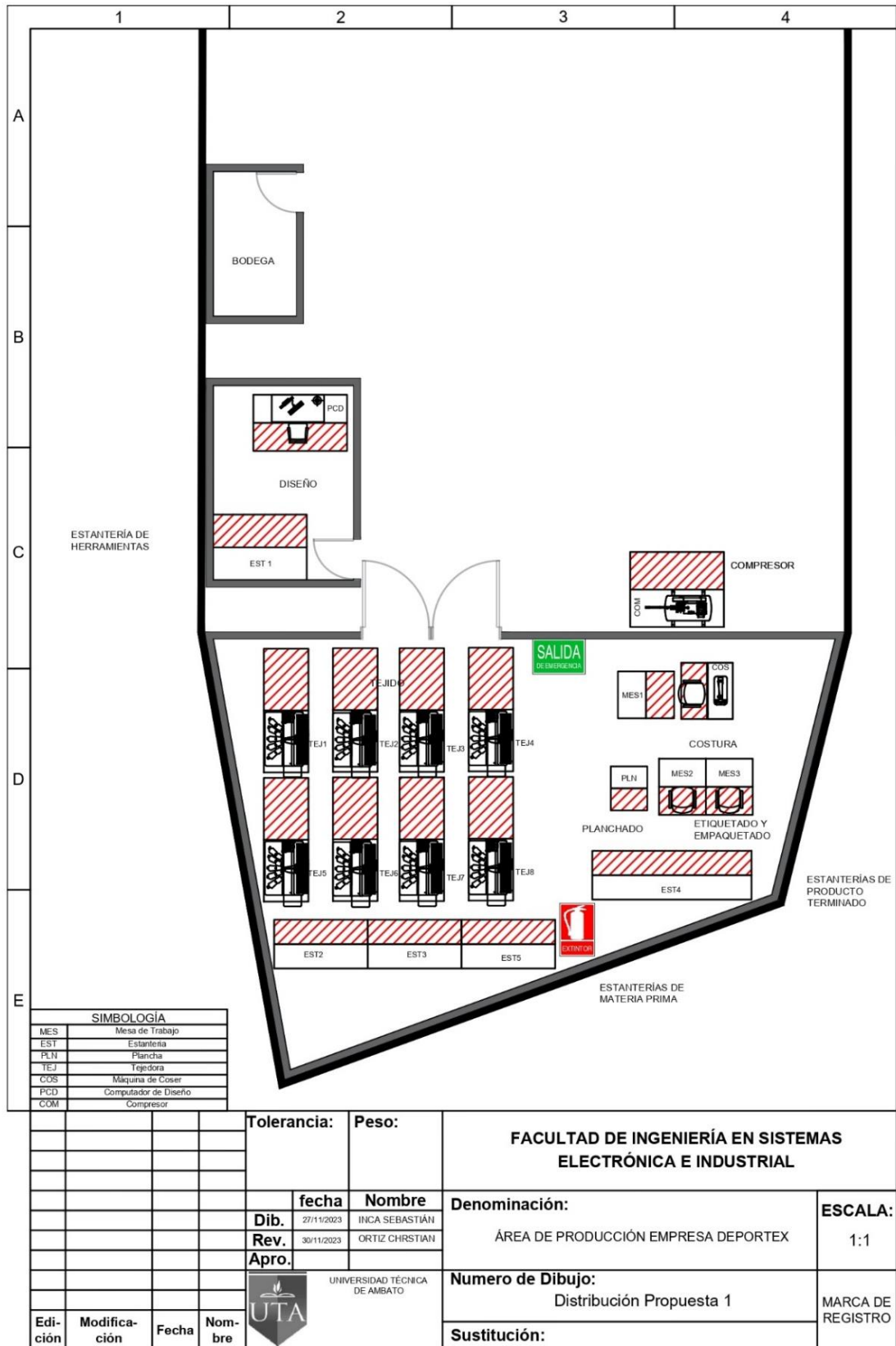


Figura I1. Diagrama de la propuesta 1

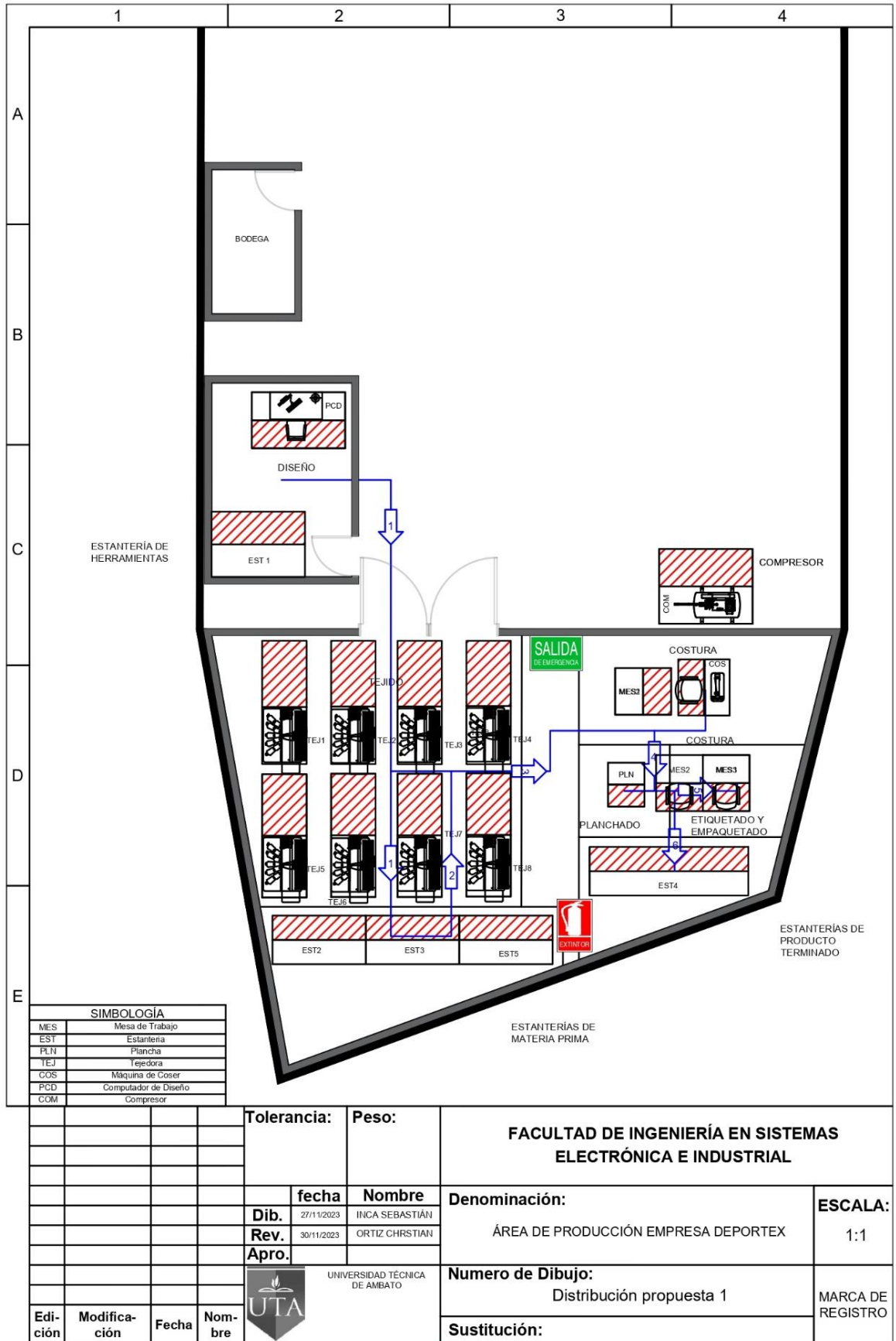


Figura I2. Diagrama de recorrido de la propuesta 1



Anexo J. Propuesta de distribución 2 y diagrama de recorrido



Figura J1. Diagrama de la propuesta 2

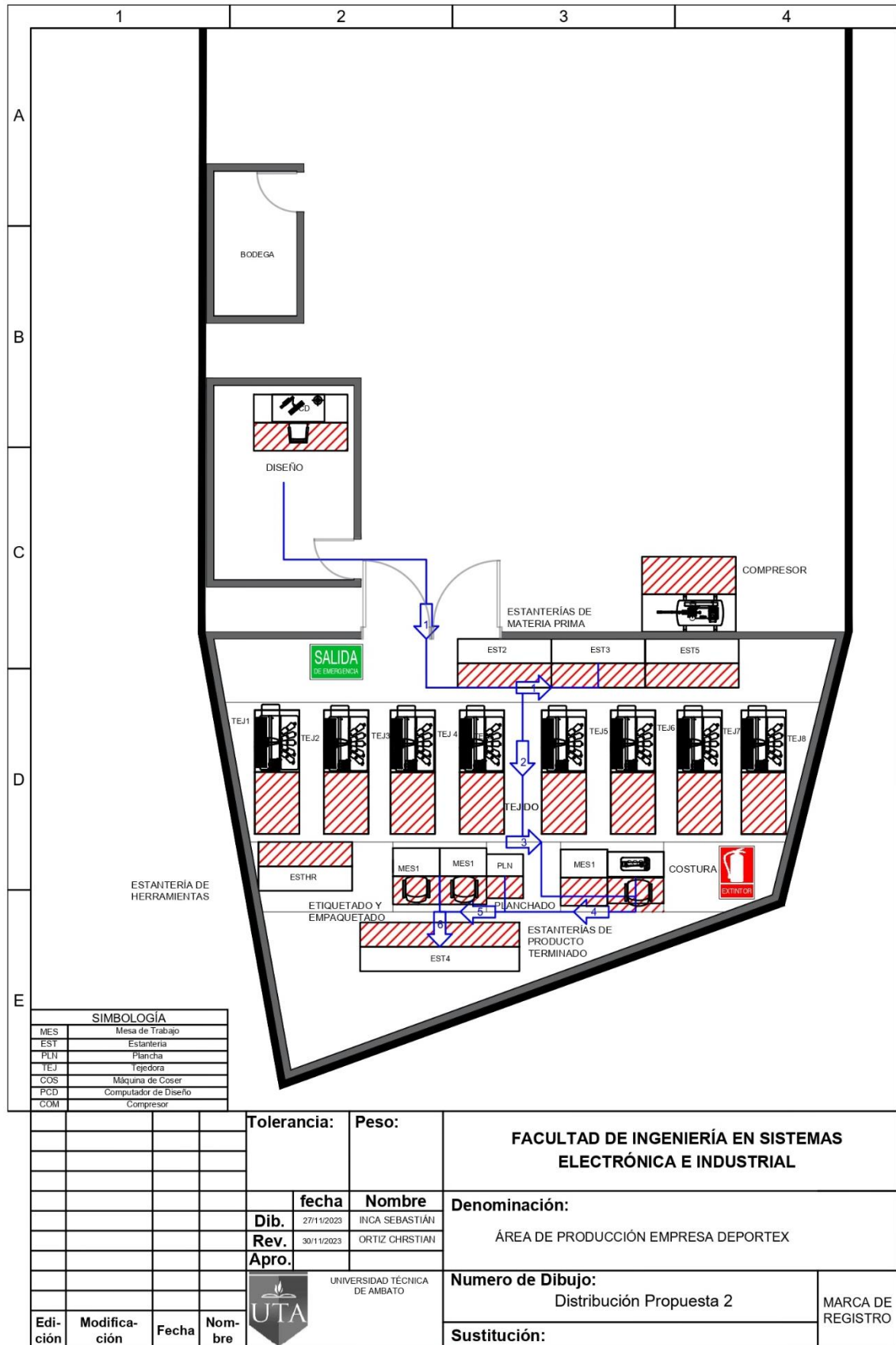


Figura J2. Diagrama de recorrido de la propuesta 2

### Anexo K. Cálculo de Mano de Obra.

Las horas suplementarias y extraordinarias no deben exceder, cada una, de 60 horas en el mes y son pagadas, respectivamente, con un recargo equivalente al 50 y 100% de la remuneración mensual unificada, este último en el caso de que dichas horas se desarrollaren en sábados, domingos o días de descanso obligatorio. La cantidad de horas se divide para la cantidad de horas de trabajo al mes (240) y se multiplica por el sueldo percibido por el operario. Los ingresos base para el IESS se calculan sumando el sueldo, y el valor de horas suplementarias y extraordinarias. El aporte al IESS es un pago a cargo del empleador correspondiente al 11,15% de los Ingresos base para el IESS. El décimo tercer sueldo es correspondiente al 8,33% del Ingreso base, y el décimo cuarto sueldo es correspondiente al 8,33% del salario básico unificado (\$450). El fondo de reserva es igual al 8,33% del Ingreso base. Finalmente el Total de Ingresos es el total de Ingresos base, adicionando el décimo tercer sueldo, decimo cuarto sueldo y los fondos de reserva.

Tabla K1. Mano de obra de los operarios actual

Nómina	Sueldo unificado	Días trabajados	Nro. H. S. Jornada diaria	Nro. H. E.	Sueldo / d. Trabajados	Valor H. S.	Valor H. E.	Ingresos base IESS	Aportes IESS 11,45%	Décimo 3er. Sueldo	Décimo 4to. Sueldo	Fondo de reserva	Total ingresos
Operario Costura	450,00	30	0	24	450,00	0	90	540,00	61,83	45,00	37,50	45,00	667,50
Operario Planchado y empacado	450,00	30	20	24	450,00	56,25	90	596,25	68,27	49,69	37,50	49,69	733,13
Operario Tejido	520,00	30	0	24	520,00	0	104	624,00	71,45	52,00	37,50	52,00	765,50

Tabla K2. Mano de obra de los operarios (propuesta)

Nómina	Sueldo unificado	Días trabajados	Nro. H. S. Jornada Diurna	Nro. H. E.	Sueldo / d. Trabajadores	Valor H. S.	Valor H. E.	Ingresos base IESS	Aportes IESS 11,45%	Décimo 3er. Sueldo	Décimo 4to. Sueldo	Fondo de Reserva	Total Ingresos
Operario Costura	450,00	30			450,00			450,00	51,53	37,50	37,50	37,50	562,50
Operario Planchado y empacado	450,00	30			450,00			450,00	51,53	37,50	37,50	37,50	562,50
Operario Tejido	520,00	30			520,00			520,00	59,54	43,33	37,50	43,34	644,17

## Anexo L. Modelos de distribución

Tabla L1. Modelo de distribución del proceso de diseño

Simulation-Software Representation

**Flexsim Representation of Model 1 - Lognormal**

Use:

<b>When using a picklist option:</b>	
Distribution	Lognormal
Location	0.000000
Scale	388.725369
Shape	0.013154

**When using code:**  
`lognormal2( 0.000000, 388.725369, 0.013154, <stream>)`

Copy  
Print  
Help  
Done

Tabla L2. Modelo de distribución del proceso de tejido

Simulation-Software Representation

**Flexsim Representation of Model 1 - Lognormal**

Use:

<b>When using a picklist option:</b>	
Distribution	Lognormal
Location	0.000000
Scale	7603.405359
Shape	0.013955

**When using code:**  
`lognormal2( 0.000000, 7603.405359, 0.013955, <stream>)`

Copy  
Print  
Help  
Done

Tabla L3. Modelo de distribución del proceso de costura

Simulation-Software Representation

**Flexsim Representation of Model 1 - Beta**

Use:

**When using a picklist option:**

<b>Distribution</b>	<b>Beta</b>
<b>Minimum</b>	149.801916
<b>Maximum</b>	393.768319
<b>Shape 1</b>	46.252840
<b>Shape 2</b>	42.453525

**When using code:**  
beta( 149.801916, 393.768319, 46.252840, 42.453525, <stream>)

Tabla L4. Modelo de distribución del proceso de planchado

Simulation-Software Representation

**Flexsim Representation of Model 1 - Beta**

Use:

**When using a picklist option:**

<b>Distribution</b>	<b>Beta</b>
<b>Minimum</b>	1154.262175
<b>Maximum</b>	1713.930724
<b>Shape 1</b>	48.986042
<b>Shape 2</b>	47.655201

**When using code:**  
beta( 1154.262175, 1713.930724, 48.986042, 47.655201, <stream>)

Tabla L5. Modelo de distribución del proceso de etiquetado y empaçado

Simulation-Software Representation

**Flexsim Representation of Model 1 - Beta**

Use:

When using a picklist option:	
Distribution	Beta
Minimum	291.874434
Maximum	563.899285
Shape1	29.795512
Shape2	23.861177

When using code:

```
beta( 291.874434, 563.899285, 29.795512, 23.861177, <stream>)
```

Copy  
Print  
Help  
Done

Anexo M. Distribución propuesta 3 y diagrama de recorrido



Figura M1. Distribución propuesta 3



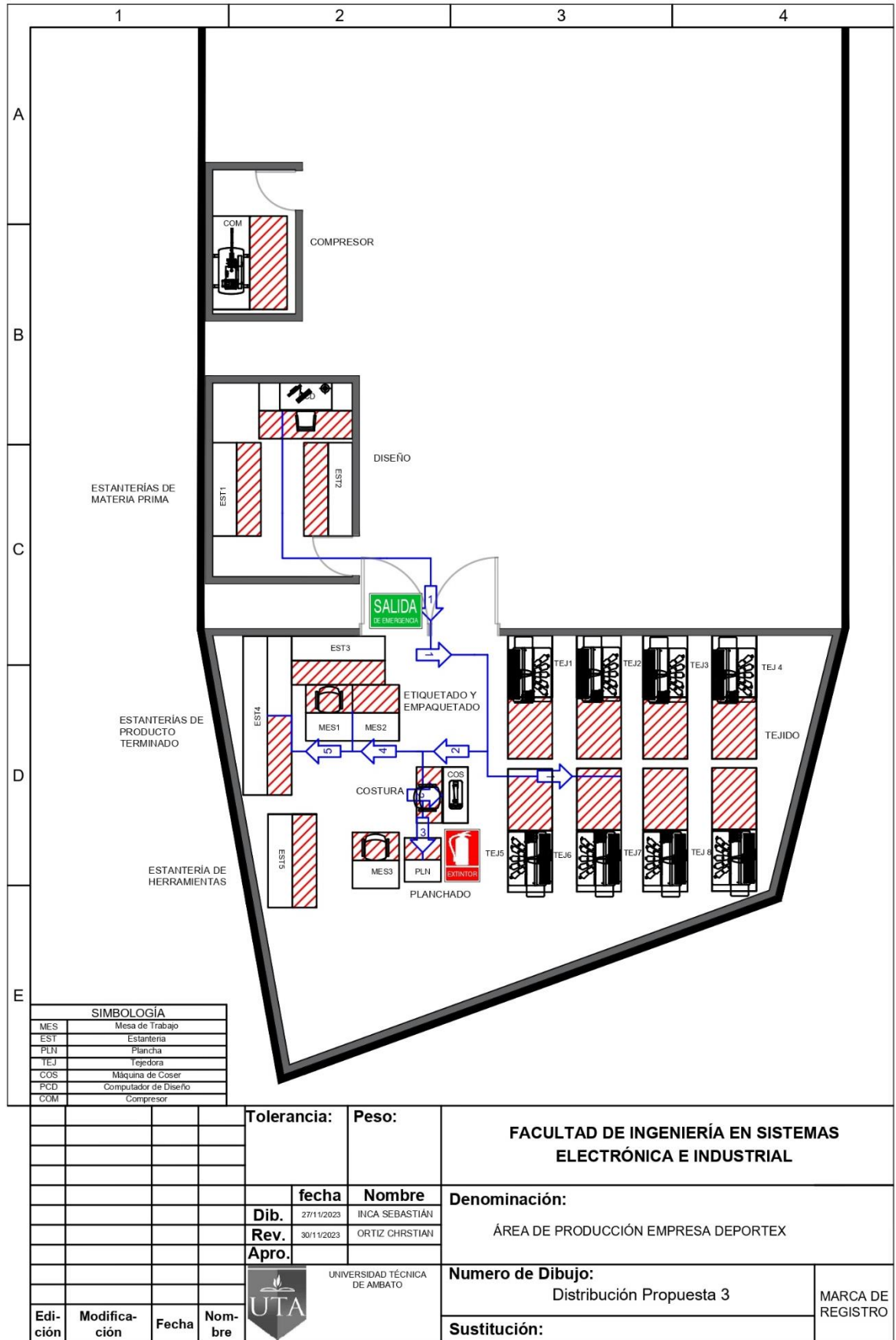


Figura M2. Diagrama de recorrido de la propuesta 3