



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Escuela Superior Tepeji

TESIS

**“PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN UNA
EMPRESA DE LA INDUSTRIA DEL VESTIDO”**

Que para obtener el título de Licenciatura en Ingeniería
Industrial

Presenta

Nancy Nayeli Benitez Atilano

Asesora

Dra. Ma de Lourdes Elena García Vargas

Tepeji del Rio, Hidalgo, marzo 2019

Agradecimientos

A CONACYT

Este trabajo fue realizado con el soporte financiero del fondo de proyectos de desarrollo científico para atender problemas nacionales, a través del proyecto denominado “Propuesta de un modelo de innovación basado en la Economía Nacional del Conocimiento”

A la UAEH Escuela Superior Tepeji, a mi asesora la Dra. Ma de Lourdes Elena García Vargas, a todos los académicos de la Licenciatura en Ingeniería Industrial, a mis amigos y compañeros, pero sobre todo a mis padres y hermano por su apoyo incondicional.

Índice

Introducción	1
Planteamiento del problema	3
Objetivos	4
General.....	4
Específicos	4
Justificación.....	5
Capítulo 1 Marco teórico	6
1.1. Industria textil y del vestido en México.....	7
1.1.1. Importancia de las pequeñas y medianas empresas en la industria del vestido	8
1.2. Distribución de planta.....	10
1.2.1. Historia de la distribución de planta	11
1.2.2. Objetivos de la distribución de planta.....	11
1.2.3. Importancia de la distribución de planta	12
1.2.4. Tipos de distribucion de planta.....	12
1.2.5. Principios de la distribución de planta.....	20
1.2.6. Factores que influyen en la distribución de planta.....	21
1.2.7. Fases para el diseño de la distribución de planta.....	22
1.2.8. Metodologías y herramientas empleadas en la distribución de planta ..	24
1.3. Redistribución de planta	30
1.4. Marco contextual.....	30
1.4.1. Proceso de producción de la empresa.....	32
1.4.2. Maquinaria y equipo de la empresa	41
1.4.3. Condiciones actuales en distribución de planta de la empresa.....	44
Capítulo 2 Metodología.....	48
2.1. Delimitación de áreas.....	49
2.1.1. Método de <i>Guerchet</i>	49
2.1.2. Aplicación del método de <i>Guerchet</i> en la empresa	51
2.1.3. Apilamiento de materiales	59
2.2. Diseño de la redistribución de planta.....	62
2.2.1. Método de los eslabones	63

2.2.2.	Aplicación del método de los eslabones.....	66
2.2.3.	CORELAP	74
2.2.4.	Aplicación de CORELAP	77
Capítulo 3 Análisis de resultados		86
3.1.	Diseño de la redistribución por departamento	87
3.2.	Diseño de la redistribución final	91
3.3.	Principios que se cumplen con la propuesta de redistribución de planta .	101
Conclusiones		103
Referencias bibliográficas		106

Glosario de términos

Apilar: amontonar, poner una cosa sobre otra haciendo una pila o un montón (WordReference.com, 2018).

Confeccionar: hace determinadas cosas materiales, especialmente compuestas, como por ejemplo prendas de vestir (WordReference.com, 2018).

Conocimiento empírico: este tipo de conocimiento se caracteriza principalmente por un enfoque que se basa en la experiencia y que responde directamente a una u otra demanda social, a una u otra necesidad práctica (Suárez, 2011).

Cuello de botella: Obstáculo y problema que se presenta durante una actividad en cualquiera de sus áreas, por saturación o por escasez de recursos y que impide o dificulta su buen desarrollo. Como ejemplos: problemas de compra de materias primas, cuello de botella de producción, de capacidad de almacenaje y transporte, de servicio preventa y posventa, por no poder suministrar la mercancía debido a limitaciones o a dificultades de aprovisionamiento de materias primas, etc. (Inieta, 2012).

Diseño: se refiere a un boceto, bosquejo, esquema que se realiza, ya sea mentalmente o en un soporte material, antes de concretar la producción de algo (Pérez Porto & Merino, 2012)

Distribución de planta: La distribución en planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos (De la Fuente García & Fernández Quesada, 2005, pág. 3).

Eficacia: es el cumplimiento de objetivos (Harold, Weihrich, & Cannice, 2014, pág. 14).

Eficiencia: es el logro de las metas con la menor cantidad de recursos (Harold, Weihrich, & Cannice, 2014, pág. 14).

Estibar: es la actividad de acomodar los materiales uno encima de otro en estructuras, contenedores o plataformas (STPS, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008).

Manejo de material: es un sistema o combinación de métodos, instalaciones, mano de obra y equipamiento para transporte, embalaje y almacenaje para corresponder a objetivos específicos (Kulwiec, 1985, pág. 4).

Productividad: La productividad es la capacidad de lograr objetivos y de generar respuestas de máxima calidad con el menor esfuerzo humano, físico y financiero, en beneficio de todos, al permitir a las personas desarrollar su potencial y obtener a cambio un mejor nivel en su calidad de vida (García, 2013, pág. 21)

Superficie de evolución o movimientos: es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos de personal y para la manutención (Torrents, Vilda, & Postils, 2004, pág. 164).

Superficie de gravitación: es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso. Esta superficie se obtiene, para cada elemento, multiplicando la superficie estática por el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados (Torrents, Vilda, & Postils, 2004, pág. 164).

Superficie estática: es la superficie correspondiente a los muebles, máquinas e instalaciones (Torrents, Vilda, & Postils, 2004, pág. 164).

Unidades económicas: son las entidades productoras de bienes y servicios, llámense establecimientos, hogares, personas físicas (INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).

Índice de tablas y figuras

Figuras

Figura 1-1 Distribución por posición fija.....	14
Figura 1-2 Distribución por proceso	16
Figura 1-3 Distribución por producto	18
Figura 1-4 Distribución en U.....	19
Figura 1-5 Diagrama de decisión en el proceso.....	35
Figura 1-6 Diagrama de flujo del producto PA1	37
Figura 1-7 Diagrama de flujo del producto PA2	38
Figura 1-8 Diagrama de flujo del producto PB.....	39
Figura 1-9 Diagrama de flujo del producto PC	40
Figura 1-10 Plano actual empresa.....	47
Figura 2-1 Ejemplo de una matriz de relación entre procesos (desde-hacia)	65
Figura 2-2 Ejemplo de posibles distribuciones	66
Figura 2-3 Trayectoria de los productos PA1, PA2, PB y PC (actual)	67
Figura 2-4 Trayectoria de los productos PA1, PA2, PB y PC (propuesto).....	67
Figura 2-5 Matriz de relación desde-hacia: veces repetidas de una ruta a otra (actual); Fuente: elaboración propia	69
Figura 2-6 Matriz de relación desde-hacia: veces repetidas de una ruta a otra (propuesta); Fuente: elaboración propia	69
Figura 2-7 Matriz de relación desde-hacia: total de unidades de mantenimiento e intensidad de tráfico (actual)	71
Figura 2-8 Matriz de relación desde-hacia: total de unidades de mantenimiento e intensidad de tráfico (propuesto)	71
Figura 2-9 Opciones de diseño de distribución según las condiciones actuales	73
Figura 2-10 Opciones de diseño de distribución según las condiciones propuestas.....	73
Figura 2-11 Matriz de relación entre departamentos (según importancia y razón)	81
Figura 3-1 Diseño y dimensiones de la distribución por departamento.....	91
Figura 3-2 Diseño final de la distribución de planta delimitado con líneas amarillas	100

Tablas

Tabla 1 Técnicas para reducir problemas en las distribuciones por proceso (Tompkins, 1978)	29
Tabla 2-1 Inventario de maquinaria y equipo de la empresa	52
Tabla 2-2 Altura promedio de objetos móviles y fijos (opción 1)	53
Tabla 2-3 Altura promedio de objetos móviles y fijos (opción 2)	54
Tabla 2-4 Resultados de la aplicación del método de Guerchet (con K1)	56
Tabla 2-5 Resultados de la aplicación del método de Guerchet (con K2)	57
Tabla 2-6 Dimensiones antropométricas espécimen de pie (Elizalde, 2015)	61
Tabla 2-7 Altura promedio y máximo de estiba	62
Tabla 2-8 Especificación de estibas para objetos móviles	62
Tabla 3-1 Superficie repartida en cada lado de acuerdo a N real	89
Tabla 3-2 Comparativo de los principios de distribución de planta: actual y propuesto ...	102

Graficas

Gráfica 1-1 (INEGI, 2008)	10
---------------------------------	----

Cuadros

Cuadro 2-1 Valores de K (Cuatrecasas, 2009)	51
Cuadro 2-2 Comparación de los resultados según los valores de K	59
Cuadro 2-3 Ejemplo de la secuencia y unidades de mantenimiento en n productos.....	64
Cuadro 2-4 Secuencia y unidades de mantenimiento de cada producto (actual)	68
Cuadro 2-5 Secuencia y unidades de mantenimiento de cada producto (propuesto)	68
Cuadro 2-6 Código de importancia de cercanía o lejanía entre departamentos.....	80
Cuadro 2-7 Código de razón de cercanía o lejanía entre departamentos	80
Cuadro 3-1 Dimensiones resultantes vs dimensiones reales por departamento.....	99

Ilustraciones

Ilustración 2-1 Ejemplo de los pasos a seguir para el desarrollo de CORELAP	76
Ilustración 2-2 Ejemplo de superficie requerida menor, igual o mayor que la disponible según CORELAP.....	77
Ilustración 2-3 a) Paso 1 y 2 en la aplicación de CORELAP	78
Ilustración 2-4 b) Paso 1 y 2 en la aplicación de CORELAP.....	79
Ilustración 2-5 a) Matriz de relación entre departamentos (paso 3 en CORELAP)	81
Ilustración 2-6 b) Matriz de relación entre departamentos (paso 3 en CORELAP)	82
Ilustración 2-7 a) Ordenación de los departamentos por importancia (paso 4 CORELAP)	83
Ilustración 2-8 b) Ordenación de los departamentos por importancia (paso 4 CORELAP)	83
Ilustración 2-9 Layout adecuado (paso 5 CORELAP)	84
Ilustración 3-1 Ejemplo para la aplicación de la fórmula general para la distribución de superficies de objetos	88
Ilustración 3-2 Diseño final de la distribución de planta	92
Ilustración 3-3 Área de diseño y digitalización.....	93
Ilustración 3-4 Área de corte	94
Ilustración 3-5 Área de costura	94
Ilustración 3-6 Área de empaque.....	95
Ilustración 3-7 Área oficina	96
Ilustración 3-8 Área para otros	97

Fotografías

Fotografía 1-1 Áreas desordenadas.....	45
Fotografía 1-2 Área de corte	46
Fotografía 1-3 Obstrucción de paso.....	46
Fotografía 1-4 Área de costura insegura.....	47

Fórmulas

Fórmula 2-1 Superficie estática	50
Fórmula 2-2 Superficie gravitacional.....	50
Fórmula 2-3 Superficie de evolución.....	50
Fórmula 2-4 Cálculo de K	50
Fórmula 2-5 Superficie total.....	51
Fórmula 2-6 Superficie total de objetos similares	55
Fórmula 2-7 Superficie total por departamento	55
Fórmula 3-1 Ecuación cuadrática	87

Introducción

La distribución de planta es el acomodo de maquinaria y equipo que se realiza en cualquier zona de la empresa con el fin de aprovechar el espacio proporcionado para cada área, logrando el flujo adecuado de materiales y personas. Es una labor esencial en la disminución de costos y el aumento de la productividad, algunas empresas no le dan la debida importancia, aunque en la actualidad se ha convertido en uno de los factores críticos para las grandes y pequeñas empresas. Si antes no se la daba la debida importancia o no se contaban con las herramientas suficientes para elegir la mejor opción de entre diversas posibilidades, ahora es un tema que se tiene que abordar y sobre todo llevar a la práctica.

Existen diversos tipos de distribución de planta, las más comunes son: por proceso, por producto y en posición fija. El ajuste de espacio que se vaya a realizar en una planta va a depender de diversos factores algunos de ellos son: las especificaciones del producto que se maneje, el tipo de proceso que se lleve a cabo, el tamaño de las instalaciones, disponibilidad de maquinaria y equipo, la tecnología a emplear y la flexibilidad ante posibles cambios (implementación de nuevos productos o crecimiento de la empresa).

El acomodo de un espacio físico se puede realizar en cualquier tipo de empresa, de distintos giros y tamaños, al final todas tienen como objetivo común encontrar la mejor distribución posible, y esta a su vez las lleva a una serie de beneficios (productivos, económicos y sociales). Es importante que las empresas aprovechen al máximo los recursos con los que cuenta, el desarrollo de un diseño de distribución de planta efectuará que se utilice de manera eficiente el espacio físico con el que se dispone. La propuesta de mejora se realiza en una pequeña empresa que confecciona ropa, perteneciente al sector de la Industria textil y del vestido, su principal problema es que no tiene delimitadas las áreas de trabajo, esto genera un inadecuado flujo de materiales, equipos y personas, y el espacio no se aprovecha adecuadamente.

Para llevar a cabo el diseño de la distribución es recomendable trabajar con información cuantitativa y cualitativa, considerando los principios de distribución de planta y los factores que intervienen en ella, para así tener una visión amplia del entorno en el que se está llevando a cabo el proyecto y tomar la decisión más acertada. Es fundamental que a cada objeto se le delimite una superficie total respecto al propio espacio físico que ocupa y la tolerancia de espacio que necesite en sus respectivos lados, para posteriormente obtener las dimensiones totales de cada objeto, que en conjunto forman un departamento. Después se debe buscar el método o métodos más apropiados de acuerdo a las necesidades de la empresa, del proceso y del producto, y así encontrar la mejor solución de distribución de planta.

A lo largo del tiempo se han desarrollado diversos métodos de localización y diseño de planta como el método SLP, centro de gravedad, asignación cuadrática, entre muchos otros. En años más recientes la tecnología ha evolucionado y ahora se cuenta con herramientas muy valiosas como lo son los programas de computadora, los cuales son muy prácticos y de fácil interpretación, entre los que se encuentra CRAFT, CORELAP, ALDEP, y otros más. En el caso del cálculo de superficie total necesaria de cierto objeto se cuenta con el método de *Guerchet*, que mediante una serie de fórmulas matemáticas arroja resultados en donde se consideran una superficie estática, superficie de gravitación y superficie de evolución o movimientos.

Para saber cuál es el diseño con la mejor distribución, es decir aquel que cumple con las condiciones y requisitos del proceso, es necesario comparar más de un posible resultado para así tener diferentes opciones y elegir de entre ellas la más apropiada.

Planteamiento del problema

El aumento de la productividad en determinado sector industrial es indicador de crecimiento económico que interviene en la zona geográfica donde se ubica, y esta a su vez a nivel nacional. La industria Textil y del vestido en la Región Tula-Tepeji es muy importante ya que genera una significativa cantidad de empleos. Dentro de este sector se encuentran pequeñas y medianas empresas que aportan crecimiento al desarrollo económico. Para que este tipo de empresas pueda lograr un buen desarrollo económico es necesario que su producción aumente, esto equivale a mayores ventas y por lo tanto se generan mayores ingresos económicos.

Si una empresa requiere aumentar su producción debe de tomar en cuenta diversos factores que son importantes para tomar una decisión y sobre todo para saber si va a poder responder a la demanda solicitada; algunos de estos factores son la capacidad de producción, la mano de obra, adquisición de la materia prima, tiempos de operación, costos, estos a su vez están ligados con la distribución de planta que en muchas ocasiones algunas empresas no le dan la debida importancia.

Actualmente el mayor problema al que se enfrenta la empresa donde se lleva a cabo el proyecto es que las áreas de trabajo no se encuentran delimitadas, se trabaja de acuerdo a conocimientos empíricos. El espacio que ocupa la empresa es pequeño debido a que su proceso de producción no es muy 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. Dentro de las áreas de la empresa se trabaja con un almacén general, en donde se coloca el material en cualquier espacio disponible que se encuentre, por lo tanto, no se tiene una separación de la materia prima y el producto terminado, lo cual genera un gran desorden y dificultad en el control de materiales. También se aprecia que existe riesgos en la seguridad y salud del trabajador, esto porque las cajas no tienen un límite de altura máxima de estiba y son ubicadas en cualquier espacio que se encuentre disponible dentro de la empresa. Cuando el producto en proceso o final no tiene rotación el problema se vuelve mayor ya que se obstruye el paso en todas las áreas y los tiempos de espera en los procesos incrementa considerablemente. Todo lo anterior genera pérdidas económicas a la empresa.

Objetivos

General

Diseñar la redistribución de planta con las mejoras correspondientes, delimitando los espacios necesarios de cada área de la estación de trabajo, para optimizar al máximo el espacio físico disponible y así facilitar y mejorar el flujo del personal y de los materiales.

Específicos

- Establecer la importancia de la distribución de planta y su relación con el proceso productivo.
- Determinar el espacio requerido para cada área de la empresa, de acuerdo al tipo de maquinaria y equipo utilizado.
- Delimitar los espacios físicos de cada departamento, tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Aprovechar al máximo el espacio disponible, optimizando los espacios requeridos en cada área.
- Plantear la mejora de flujo de materiales: en la recepción de material, en el proceso de transformación y en la salida del producto final.
- Proponer la división del almacén general en: almacén de materias primas y almacén de productos terminados.

Justificación

La distribución de planta es una de las labores más representativas e importantes para mejorar la productividad en determinado sector industrial. La distribución de planta genera problemas cuando no se le da la debida importancia, el diseño se debe estructurar a corto, mediano y largo plazo; por lo general las empresas trabajan solo con las condiciones iniciales, pero es importante que se considere el crecimiento de la organización y posibles cambios en ella. Si la empresa no es flexible ante posibles cambios el diseño de la planta se vuelve obsoleta generando pérdidas económicas, ya que, hacer una redistribución de planta suele ser costosa. Aunque es importante realizar un análisis de costo-beneficio para saber que es más conveniente, si continuar trabajando con la distribución existente o realizar alguna mejora. Por ello es importante realizar una óptima distribución de planta desde la creación de la empresa que permita aprovechar al máximo sus espacios, reducir tiempos, aumentar la eficiencia, reducir costos y adaptarse al cambio.

El estudio para este tipo de proyectos abarca desde las pequeñas hasta las grandes empresas, es por ello que se deben considerar las pequeñas empresas que hay en la región Tula-Tepeji, ya que los talleres de costura y todas aquellas empresas pertenecientes a la industria del vestido son una fuente de empleo en la región. Si una empresa de este tamaño alcanza un crecimiento considerable logrará un impacto en el desarrollo social y económico en la zona que lo rodea y podrá competir con grandes empresas. Es importante que las organizaciones consideren una buena planificación de todos aquellos aspectos que intervienen directa e indirectamente en el proceso, ya que a su vez estos intervendrán en el desarrollo de la empresa.

Para saber que tan importante es realizar una buena distribución de planta dentro de un proceso de producción es necesario hacer el estudio correspondiente y después aplicar algún método, con esto se podrá apreciar que son muchos los aspectos que intervienen con la distribución: los tiempos de operación, flujo de materiales, control de inventarios, costos de producción, cuellos de botella, accidentes laborales, entre muchos otros.

Capítulo 1 Marco teórico

1.1. Industria textil y del vestido en México

El sector textil se dedica a la transformación de fibras naturales y sintéticas, obteniendo telas e hilos como producto final, que a su vez son utilizados como materias primas en otros sectores de la industria. Por otro lado, la Industria del vestido hace referencia a todas aquellas empresas que se encargan de procesar los diferentes tipos de tela para obtener una prenda de vestir. La parte textil está muy ligada con la confección de prendas de vestir, ya que prácticamente una depende de la otra, y ejercen un papel muy importante en el desarrollo de la economía.

En la antigüedad las primeras formas de vestimenta eran con pieles de animales las cuales eran pesadas para el cuerpo humano, por lo que con el paso del tiempo se tuvo la necesidad de buscar y fabricar con algún otro tipo de material (como el lino, la seda, el cuero y muchos otros), fue entonces que surgió el tejido, que consiste en entrelazar y unir hilos para formar una tela o prenda. Todo lo que se hacía era de forma manual con instrumentos rudimentarios hechos de madera, piedra, tripas de animales o huesos. Así como las telas y sus materiales iban evolucionando también las herramientas y accesorios que se ocupaban, por ejemplo, la aguja, el telar, la cremallera y la máquina de coser.

Fue en la revolución industrial cuando la industria textil tuvo un crecimiento trascendental siendo la primera en tener un gran desarrollo, el algodón sustituía a la lana y el telar presentaba avances de mejora en cuanto a su funcionalidad los cuales eran movidos con energía hidráulica o con máquinas de vapor. Mientras que a mediados del siglo XVIII en Europa se tenía un gran avance tecnológico y un buen desarrollo económico con la revolución industrial, en México la producción doméstica o artesanal del algodón elaborada por los indígenas se comenzó a sustituir por telares o modernas fábricas de hilado, siendo Puebla uno de los primeros estados en donde se situaron fabricas del ramo textil, después México, Tlaxcala y Querétaro que se vieron en la necesidad de involucrarse en el desarrollo de los talleres.

En la época del Porfiriato con la ampliación de la red ferroviaria en distintos puntos de México, el sector de la industria textil tuvo crecimiento, así como otros sectores se vieron beneficiados con una amplia comunicación de vías de transporte, que simplificaba el trabajo del transporte y las rutas eran más directas.

Hacia mediados del siglo XIX, México tenía la industria textil más grande y moderna de América Latina, y se comparaba favorablemente incluso con la de varios países europeos. No obstante, el desarrollo de la misma a lo largo del siglo XIX sería lento y estructuralmente diverso, rezagándose con respecto al del conjunto de las naciones industrializadas, e incluso de países como Brasil y Japón a quienes superaba a mediados del siglo (Galvarriato, 1999, pág. 11).

A finales del siglo XIX y principios del XX como consecuencia de los acuerdos de libre comercio entre México y países como Canadá y Estados Unidos, en el territorio mexicano se vio un considerable crecimiento y desarrollo de empresas extranjeras del ramo textil y del vestido, las cuales afectaron a las empresas nacionales. Factores como la tecnología y el capital no permitieron que las pequeñas empresas tuvieran crecimiento. Sin embargo, las empresas extranjeras también aportaron beneficios, como la introducción de nueva y mejor tecnología, inversión al país y desarrollo de una competencia en el mercado, lo que obliga a que los fabricantes ofrezcan productos de alta calidad.

Los censos económicos del INEGI 2009 captaron 33,271 unidades económicas dedicadas a la fabricación de prendas de vestir (industria del vestido), representando 7.6% del total de las industrias manufactureras. Estas empresas dieron empleo a 344,950 personas, aportando 7.4% al total de la ocupación de las industrias manufactureras (INEGI, 2011).

1.1.1. Importancia de las pequeñas y medianas empresas en la industria del vestido

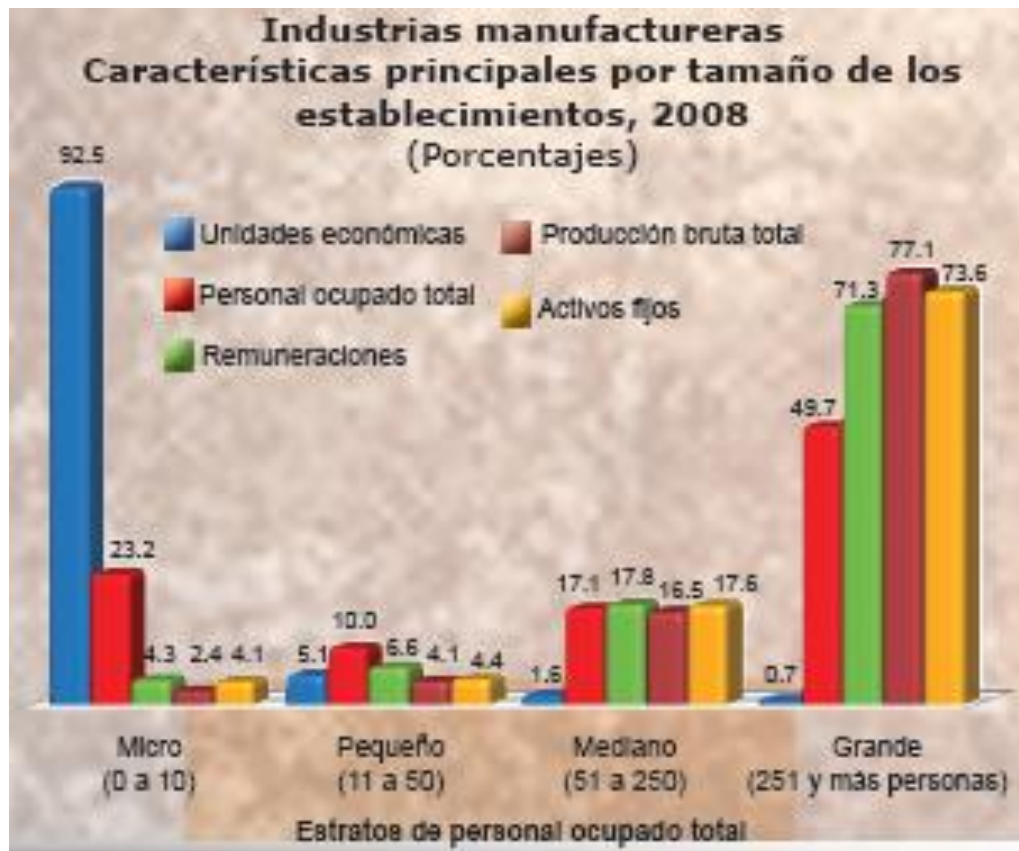
Todo sector industrial es importante para la economía de cierta región, algunas empresas son clasificadas como grandes, otras medianas y algunas en pequeñas o bien micro; el tamaño de cada tipo de empresa va a depender de la clasificación que le dé el país o región donde esté ubicada, esa clasificación puede ser definida

por el tipo de actividad: industrial, comercial o de servicios, y por factores como el volumen de producción, aporte a la economía, número de trabajadores, etc.

La empresa donde se está realizando la propuesta de redistribución se encuentra dentro de la clasificación de pequeñas empresas, ya que pertenece al sector industrial y cuenta con 28 personas laborando (el rango según el INEGI para la clasificación de pequeñas empresas es de 11-50 empleados). Según los censos económicos en 2008 y de acuerdo a la gráfica 1-1 las pequeñas empresas representaron el 5.1% de unidades económicas, 10% en personal total ocupado, 6.6% en remuneraciones, 4.1% en producción bruta total y 4.4% en activos fijos. Aunque las cifras que se muestran están por debajo de las medianas y grandes empresas, lo que se busca es que las micro y pequeñas empresas crezcan y aporten más a la economía de la región y por ende del país.

Por su parte la industria del vestido ha tenido un aporte importante en la economía del total de las industrias manufactureras con una aportación del 7.4% del total del personal ocupado de las industrias manufactureras, del cual el 41% son hombres y 59% mujeres según los Censos económicos del INEGI en 2009. Así que el aporte que se realiza a la economía del país por mínima que parezca tiene una gran relevancia, cada empresa sin importar el tamaño o la actividad a la que se dedica genera empleo en cierta región, por lo tanto, uno de los objetivos que debe proponerse cada empresa es seguir creciendo para mejorar su economía y de los elementos que la rodean.

En la actualidad existen micro, pequeña, mediana y grandes empresas pertenecientes a la industria textil y del vestido, estas contribuyen al crecimiento y desarrollo de la economía en México. Según estadísticas del INEGI (2014) la industria automotriz, la industria química, la industria siderúrgica, la industria textil y del vestido, la minería, el sector alimentario, el sector energético y el ingreso y el gasto público contribuyen con alrededor del 40% en la generación del Producto Interno Bruto Nacional (PIB).



Gráfica 1-1 (INEGI, 2008)

1.2. Distribución de planta

La distribución en planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos. El principal objetivo es que esta disposición de elementos sea eficiente y se realice de forma tal, que contribuya satisfactoriamente a la consecución de los fines fijados por la empresa (De la Fuente García & Fernández Quesada, 2005, pág.3).

Cada planta de producción es diferente, aunque tengan procesos similares las condiciones de operación no son iguales. El tamaño de la planta, la naturaleza del proceso y el volumen de producción, son algunos aspectos que diferencian a las empresas con productos similares.

1.2.1. Historia de la distribución de planta

En la antigüedad las primeras formas de producción se llevaban a cabo en pequeños talleres artesanales, en donde las personas acomodaban sus herramientas y materiales de acuerdo al espacio físico con el que contaban, sus necesidades y conocimientos empíricos.

A mediados del siglo XVIII inicio la revolución Industrial, desde entonces han existido muchos cambios en la humanidad. Esta nueva era trajo consigo beneficios: surgimiento de formas de energía (por ejemplo, el barco de vapor), avances tecnológicos y científicos, importante desarrollo en los medios de comunicación y transporte, entre muchos otros; pero también hubo consecuencias: los artesanos perdían sus ventas ante las grandes industrias, se desarrollaron nuevas clases sociales y los obreros eran explotados laboralmente. Todas las mejoras que fueron surgiendo se enfocaron principalmente en el sector industrial, con lo cual se buscó producir más y en menos tiempo. Cada vez que se llevaba a cabo una mejora (en las máquinas, el proceso, el producto...) surgía la necesidad de encontrar y aplicar nuevos métodos de trabajo, buscando un sinnúmero de beneficios para la empresa, los trabajadores, los productos, las máquinas, los procesos y los consumidores, cuidando siempre que las pérdidas económicas fueran mínimas y las ganancias máximas. De ahí que resulta la exigencia del ordenamiento de las máquinas, el equipo y materiales en las instalaciones físicas de la empresa mediante la aplicación de métodos y técnicas establecidas, lo que hoy conocemos como distribución de planta. Con el paso del tiempo se fueron desarrollando nuevas metodologías para la mejora de la distribución y el manejo de materiales de acuerdo a los requerimientos y condiciones de las industrias manufactureras, hasta llegar a lo que hoy conocemos.

1.2.2. Objetivos de la distribución de planta

- Adecuar e integrar el espacio de cada área de la empresa según las necesidades requeridas (tamaño, localización y aspecto).

- Ahorrar al máximo los espacios designados a cada área, cuidando siempre que la maquinaria y el equipo tengan el espacio suficiente para movimientos requeridos a su alrededor y que la distancia entre una y otra sea segura.
- Obtener un flujo adecuado de materiales, equipo y personas, con ello se reduce la distancia y el tiempo de recorrido.
- Disminuir los tiempos de espera en las estaciones de trabajo.
- Eliminar el material en proceso que obstruya el paso de otros elementos como personal y equipo.
- Reducir los tiempos de operación en el proceso, con ello se incrementan los niveles de producción.
- Mantener la seguridad del personal, proporcionando un área de trabajo adecuado y confortable.
- Organizar las estaciones de trabajo de modo que no generen inconvenientes o limitaciones por algún cambio que se pudiera generar, es decir que cada área sea flexible ante cualquier variación.

1.2.3. Importancia de la distribución de planta

La distribución de planta inicia con la ubicación de la empresa en un lugar estratégico, de acuerdo a sus necesidades. Algunos aspectos importantes a considerar son: adquisición de la materia prima, disponibilidad de la mano de obra, servicios (agua y energía eléctrica), tamaño de la empresa, entre otros. El siguiente paso es optimizar cada espacio de la empresa para aprovechar al máximo los recursos que invierten en el espacio físico de esta, tener un orden secuencial en cada estación de trabajo para evitar recorridos innecesarios y reducir los tiempos de operación en el manejo de materiales que pudiesen afectar al proceso de producción, evitando que se generen por ejemplo cuellos de botella. Todo lo anterior se resume en áreas de oportunidad de mejora para reducir los costos de producción, de ahí la importancia de llevar a cabo la distribución de planta.

1.2.4. Tipos de distribución de planta

Son cuatro principales tipos de distribución de planta: por posición fija, por proceso, por producto y por células. Cada uno tiene diferentes características, que van a

depender del tipo de producto que se desea obtener y su variedad, procesos a los que se somete el material, a la demanda que este tiene en el mercado, el tamaño y giro de la empresa y las condiciones de la maquinaria que se ocupa.

1.2.4.1. Distribución por posición fija

El producto que se desea obtener no se desplaza en una línea de producción ni en ningún otro tipo de movimiento, como el nombre lo indica tiene que mantenerse en una posición fija, por lo tanto, el material, las herramientas, las personas, la maquinaria y equipo a utilizar son las que estarán en movimiento constante.

Este tipo de distribución es utilizada en productos de gran peso y volumen, de difícil manejo, con fragilidad en sus componentes y un costo de desplazamiento elevado. Por lo general las unidades a producir son mínimas debido a la complejidad y tiempo prolongado de elaboración. Algo que los caracteriza es el diseño altamente personalizado. La fabricación de aviones, buques, motores de gran dimensión son algunos ejemplos en donde se utiliza este tipo de distribución.

En la figura 1-1 se muestra un ejemplo ilustrativo de este tipo de distribución, en donde el producto se encuentra en medio y los recursos que requiere para su fabricación están alrededor, las flechas indican la dirección en la que se mueven los recursos.

Ventajas

- El manejo de las piezas pequeñas aumenta mientras que el de las grandes disminuye, facilitando de cierta forma el trabajo del operador.
- Se requiere de una mínima inspección, ya que el operador debe tener la habilidad necesaria para realizar un buen trabajo.
- El ensamble y montaje del producto se lleva a cabo en tiempos simultáneos, ya que algunas operaciones de trabajo no dependen directamente de otra.
- La secuencia en el armado de las piezas y el diseño de los productos permiten cambios frecuentes, es decir se tienen productos y procesos flexibles.

- La distribución no requiere de una planificación muy precisa ni de una gran inversión.

Desventajas

- Se requieren de equipos específicos y mano de obra especializada, esto genera un alta inversión para el proceso.
- En el armado de componentes, algunos dependen uno de otro, y si se ocasiona un paro en alguna de sus partes este puede afectar al ensamble completo.
- Debido a que el proceso de producción es de tiempo prolongado, los costos de inventario que se generan son altos.
- La utilización de la maquinaria se reduce ya que el volumen de producción es bajo.

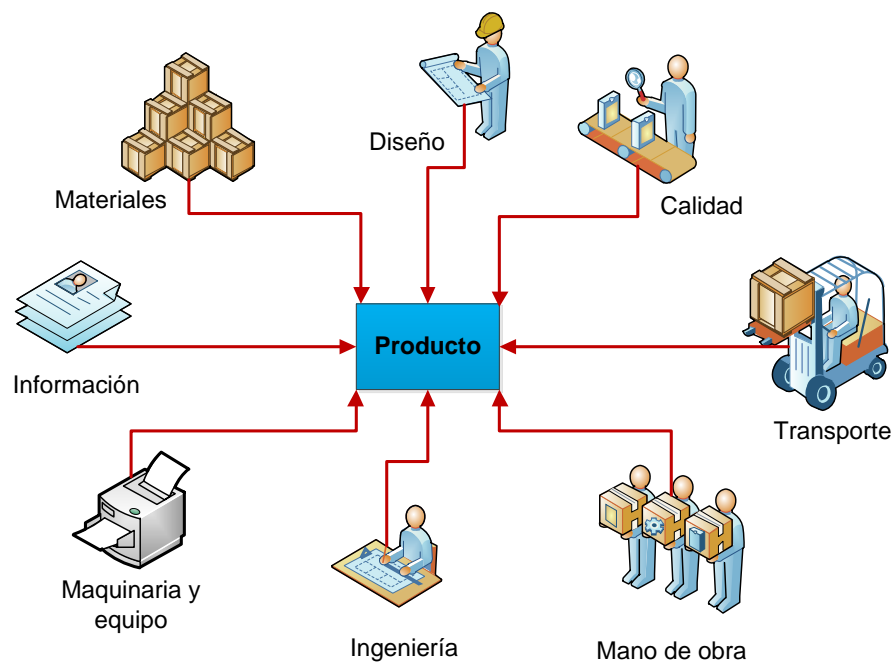


Figura 1-1 Distribución por posición fija
Fuente: elaboración propia

1.2.4.2. Distribución por proceso

Este tipo de distribución consiste en dividir y clasificar las áreas de la empresa de acuerdo al tipo de proceso, es decir, las operaciones que son similares se agrupan

en un área de trabajo, en donde la materia prima es trasladada desde el almacén, pasando por cada estación de trabajo hasta salir como producto terminado. Generalmente se utiliza para elaborar una gran variedad de productos los cuales requieren de procesos que operan con la misma maquinaria. También se aplica este tipo de distribución cuando la maquinaria presenta dificultades para ser desplazada de un lugar a otro. En algunos casos el volumen de producción que se genera es relativamente bajo debido a que se tiene una demanda intermitente. En la figura 1-2 se ve este tipo de distribución, en el cual la superficie de la empresa es dividida para formar los departamentos y sobre ellos circulan los diferentes productos, desde la recepción o almacén hasta productos terminados.

Ventajas

- La maquinaria que se tiene es compartida para elaborar los productos, así su capacidad es aprovechada al máximo, esto favorece a una disminución de máquinas necesarias a ocupar.
- Si una maquina presenta algún fallo no interviene críticamente en el plan de producción, ya que la carga de trabajo puede ser repartida en las demás máquinas.
- La distribucion es flexible y permite la adaptacion de nuevos productos y la secuencia en la que se ejecutan las operaciones en las diferentes estaciones de trabajo.
- Es posible matener un volumen de produccion variado.
- No se requiere de una supervicion minuciosa en las actividades individuales, la inspeccion se concentra en el proceso en general.

Desventajas

- Los productos pasan por diferentes procesos, debido a la gran variedad que existe se dificulta trazar la ruta de trabajo para cada producto.
- Debido a que las operaciones están separadas, la distancia a recorrer aumenta generando un incremento en el manejo de materiales.

- El control en las estaciones de trabajo se vuelve complicado debido a que se maneja una gran variedad de productos.
- La planeación de la producción y el mantenimiento de la maquinaria son mas difíciles de programar; cuando la planeación se realiza de manera errónea repercute directamente a producción.
- Se requiere que la mano de obra sea mas especializada en alguna actividad en específico, es difícil lograr que las personas se involucren a los diferentes procesos.
- La cantidad de material en proceso aumenta.

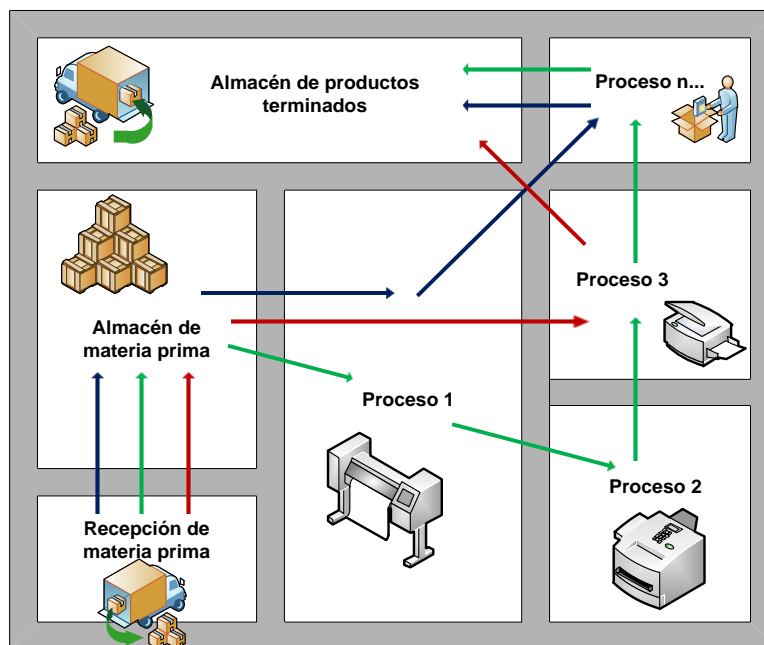


Figura 1-2 Distribución por proceso
Fuente: elaboración propia

1.2.4.3. Distribución por producto

También conocida como producción en línea o en cadena, en donde las áreas de la empresa son divididas de acuerdo al tipo de producto que se requiera obtener y en ellas se realiza una agrupación de maquinaria y equipo, la cual es ordenada secuencialmente de acuerdo a las necesidades del proceso; por ejemplo en la

estacion de trabajo A se realiza el producto A, donde entra la materia prima, pasa por los procesos de transformación correspondientes y sale el producto terminado, en la estacion B se fabrica el producto B, y asi sucesivamente. Esta distribución es utilizada principalmente en productos con una demanda elevada, estable y con un diseño estandarizado. La inversión es elevada ya que se requiere una numerosa cantidad de maquinaria y equipo para conformar las estaciones de trabajo. En la figura 1-3 se muestra el ejemplo de cómo se vería la distribución por producto, en la cual la superficie total se divide en áreas de trabajo en las cuales cada una se concentra en manufacturar un solo producto, y al final son llevados a un almacén de productos terminados.

Ventajas

- La ruta de fabricación que sigue cada producto es directa.
- El manejo de materiales disminuye debido a que los recorridos son más cortos.
- El inventario en proceso es minimo, ya que cada tipo de producto se concentra solo en un área y la transformacion en los procesos es continua.
- La mano de obra es más especializada para cada actividad que sea requerida.
- La planificacion de la produccion es mas sencilla debido a que cada estacion de trabajo se especializa en solo un producto.
- Se tiene un buen control en los procesos y productos.

Desventajas

- La inversión en la maquinaria es alta ya que cada estación de trabajo se acomoda de acuerdo a las necesidades del producto.
- Se requieren de maquinas especializadas y dificilmente pueden ser compartidas para la fabricacion de otro tipo de producto.
- Existe poca flexibilidad en la ejecución de las operaciones debido a que los trabajos no pueden asignarse a otras estaciones de trabajo con máquinas similares.

- La línea de producción está en riesgo de que pare si alguna de las maquinas presenta una falla ya que la secuencia en los procesos es muy dependiente uno con otro.

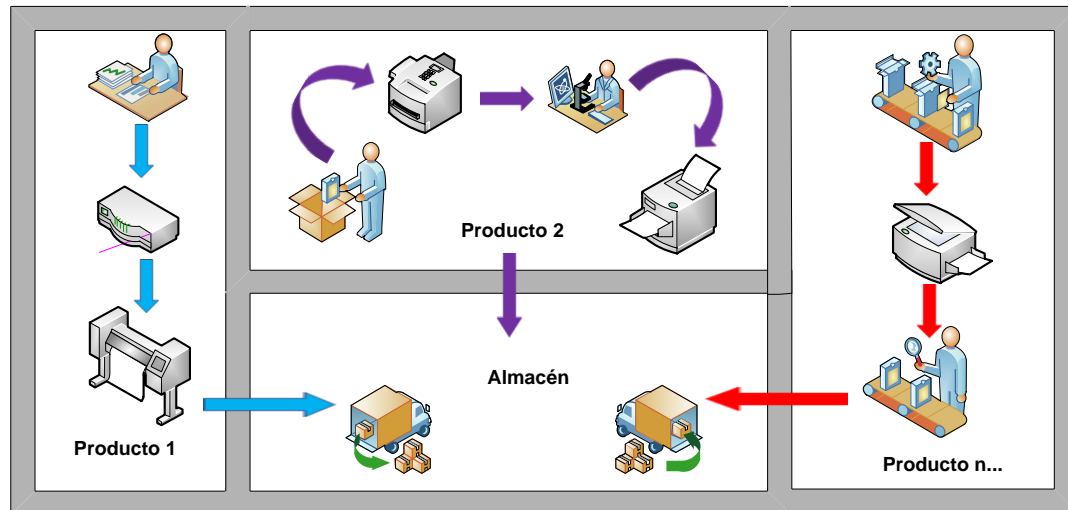


Figura 1-3 Distribución por producto
Fuente: elaboración propia

1.2.4.4. Distribución por célula

Para el diseño de este tipo de distribución se toma en consideración la distribución por proceso y por producto, para tomar las ventajas de ambas obteniendo un resultado eficiente y flexible. Se integran máquinas, equipos y personas, donde se agrupan productos o procesos con características similares, formando las llamadas células de trabajo o tecnología de grupo (también conocida como distribución híbrida).

Una cualidad que distingue a las células es el acomodo que se tiene, en forma de U, V, O, L, S o en línea recta. Existen muchos factores que influyen en el acomodo y ordenamiento, como el tipo de proceso, cantidad de productos a fabricar, demanda, tecnología a utilizar, características de la maquinaria y equipo, entre otras; de esto va a depender que un producto o varios se agrupen y formen las denominadas familias de productos. Se pueden formar varias células de trabajo, en donde cada una se especialice en la elaboración de un solo producto o de varios.

Aunque la distribución por célula tiene diversas formas de acomodo, en el ejemplo de la figura 1-4 se muestra la que tiene forma de U, se caracteriza porque la entrada y la salida se encuentran en el mismo nivel y el operario puede moverse alrededor de cada máquina.

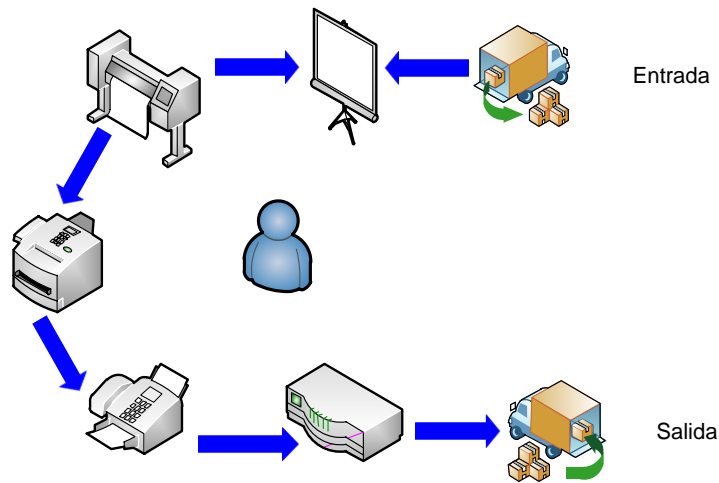


Figura 1-4 Distribución en U
Fuente: elaboración propia

Ventajas

- El inventario en proceso es mínimo.
- Se tiene un adecuado flujo de materiales, ya que los procesos, en la medida de lo posible son colocados uno cerca del otro.
- Aprovechamiento óptimo de la capacidad instalada de la maquinaria y equipo.
- Buen control en las áreas de producción.
- Reducción en los tiempos de operación.

Desventajas

- El balanceo de la producción se vuelve un tanto complicada, ya que los productos pasan por diferentes procesos y se debe buscar un equilibrio en cada etapa.
- Mayor cantidad de maquinaria y equipo requerida.

- Dificultad para formar las células de trabajo en determinados procesos o productos.

1.2.5. Principios de la distribución de planta

Son aquellos elementos utilizados en el desarrollo que se realiza con la ordenación del espacio físico de una empresa, ya sea para la implementación de una planta nueva o para realizar una redistribución, con el propósito de lograr una distribución de planta eficaz y eficiente. Son seis los principios básicos que deben ser contemplados:

Principio de la integración

Cuando se realiza una distribución se deben de considerar máquinas, equipos, personas, herramientas, materiales, actividades complementarias y todos aquellos elementos que intervienen en ella para integrarlos y lograr un trabajo en conjunto dentro de las áreas de trabajo, logrando que todo sea uno mismo con un buen funcionamiento en todo momento.

Principio de la distancia mínima recorrida

Para las estaciones de trabajo que requieran estar cerca una de otra, incluso las que no, la distancia entre ellas debe de ser la más corta posible, logrando así que los materiales y trabajadores recorran lo mínimo. Un aspecto importante a considerar es que las operaciones continuas deben ser colocadas de manera próxima una a la otra.

Principio de la circulación o recorrido

También conocida como principio de flujo de materiales. Cuando los materiales sean desplazados de un lugar a otro es importante que se tenga una secuencia lógica y ordenada de movimientos, de acuerdo a las necesidades de cada área de trabajo; no se limita a que los traslados solo vayan en línea recta, la sucesión de movimientos va a variar de acuerdo a las condiciones que presente cada objeto.

Principio del espacio cubico

El espacio que se tiene se debe de aprovechar al máximo en sus tres dimensiones, en el horizontal se considera como objetivo el ahorro de espacio disponible, así

como en la parte vertical, tomando siempre en cuenta el cumplimiento de las normas de altura para la seguridad del trabajador.

Principio de satisfacción y seguridad

Siempre se debe de buscar que las áreas de trabajo sean ergonómicas y sobre todo seguras para el trabajador proporcionándole tranquilidad en sus actividades. Asegurando que el trabajo sea práctico y adecuado, también se debe cuidar de la seguridad de las máquinas y de los materiales según sus condiciones de seguridad y manejo.

Principio de flexibilidad

Cuando se inicia con la distribución o se lleva a cabo un reacomodo se deben de considerar posibles cambios. Conforme va pasando el tiempo las exigencias para la empresa son mayores y siempre se debe buscar la manera de adaptarse a los avances y modificaciones que se vayan presentando.

1.2.6. Factores que influyen en la distribución de planta

La distribución en planta, ni es extremadamente simple ni es tampoco extraordinariamente compleja; lo que requiere es: a) un conocimiento ordenado de los diversos elementos o particularidades implicadas en una distribución y de las diversas consideraciones que pueden afectar a la ordenación de aquéllos, y b) un conocimiento de los procedimientos y técnicas de cómo debe ser realizada una distribución para integrar cada uno de estos elementos (Murther, 1970, pág. 47).

Son muchos los factores que intervienen en una óptima distribución algunos de ellos son directos, otros más, indirectos, habiendo desde factores externos como la demanda hasta los internos que son los que tienen mayor peso en la toma de decisiones. Al final se deben tomar en cuenta todos los elementos que interceden, por mínimo que parezca, esto permitirá alcanzar todos los objetivos propuestos para así obtener la mejor distribución posible.

Aquello que es considerado **material** (materia prima, material en proceso, producto terminado), la **maquinaria** y el **equipo** (máquinas de producción, herramientas manuales y eléctricas), son los principales factores que intervienen en la

distribución; de estos elementos se desprenden variables que deben ser consideradas y evaluadas con la finalidad de lograr el mejor acomodo posible, como las **características físicas/químicas** en donde se incluyen el tamaño, la forma, el volumen, el peso y alguna otra propiedad específica que se pudiera tener. Por ejemplo, si un producto o una máquina son muy pesadas y/o el volumen que ocupa es demasiado grande es importante que se considere el mínimo desplazamiento. Las condiciones químicas son muy significativas, estas nos permiten conocer en qué condiciones se debe manejar y resguardar el material o la maquinaria. La **cantidad y la variedad** son otras variables importantes, la relación entre el volumen de producción y la variedad de productos está estrechamente ligada con el número de maquinaria y equipo necesarios, por lo tanto, el espacio a ocupar será distinto en cada condición. Por último, la **secuencia de operaciones**, que es el orden en el que se efectúa cada operación del proceso, su relación con la distribución es muy directa, de este factor depende mucho el acomodo de las diferentes estaciones de trabajo, ya que se determina que áreas son las que se necesitan colocar de manera adyacentes unas con otras.

Los trabajadores y su desplazamiento, servicios auxiliares (mantenimiento, oficinas, comedor, sanitarios, pasillos...), maquinaria y equipo para el manejo de materiales, las instalaciones, son factores complementarios que también deben de ser tomados en cuenta para la óptima distribución.

Una vez que se conocen todos aquellos factores que intervienen en el diseño de la distribución en planta es necesario pensar siempre en “mejoras”, es decir, desarrollar un acomodo flexible, para que cuando se presente algún cambio (por ejemplo, introducir una nueva línea de producción) este no sea muy difícil de realizar.

1.2.7. Fases para el diseño de la distribución de planta

Una vez elegido la óptima localización de planta, que es el primer paso en la distribución, se deben seguir ciertos pasos para obtener un diseño adecuado que contemple todos los factores que se puedan presentar en la planeación y el diseño. Aunque el diseño se refiere a realizar un bosquejo de algo plasmado en un dibujo,

generalmente virtual, cuando se habla del diseño de la distribución se enfoca en cómo se distribuyen los diferentes departamentos, para luego realizar el dibujo correspondiente.

Para trabajar en esta etapa es indispensable que ya se tenga establecido el producto(s) a fabricar, el tipo y la cantidad de maquinaria y los materiales a utilizar. A continuación, se presentan las fases del diseño.

a) Planteamiento del problema. Se analizan todos los factores que intervienen en el diseño y el grado de importancia de cada uno de ellos; se debe tener claro cuáles son los objetivos meta y cuál es el alcance del proyecto de distribución, siempre teniendo visión a largo plazo y considerando posibles cambios. También se tiene que llevar a cabo un programa para la debida ejecución del plan, en el cual se toma la decisión de cuáles serán los datos con los que se trabajara (volumen de producción, numero de máquinas, etc.), si con los que se tienen actualmente, con la proyección a futuro o con ambos. De manera general, se debe de conocer en qué condiciones se está trabajando para poder realizar el mejor acomodo posible.

b) Recolección y análisis de datos. Una vez identificados y analizados todos aquellos factores que influyen en la distribución es necesario buscar las acciones medibles, es decir, la obtención de datos cuantitativos en primera instancia y si es necesario los datos cualitativos, todos estos deben ser reales y lo más exactos posibles, ya que si se trabaja con datos alterados el diseño de la distribución será errónea y afectará al sistema en general. Los datos requeridos van a depender del método y el software con el que se haya elegido trabajar.

Ya que se tienen todos los datos necesarios es esencial un análisis objetivo para la toma de decisiones. Es recomendable hacer una retroalimentación desde el inicio, con el replanteamiento del problema que se tiene y la verificación de los datos, teniendo en consideración que estos sean los adecuados y sobre todo estén actualizados.

c) Desarrollo del diseño. La etapa más importante del diseño de distribución es el desarrollo, en donde se toman los datos obtenidos y se manipulan de acuerdo al método(s) elegido(s), realizando todas las combinaciones posibles. Una vez obtenido las diferentes posibilidades de acomodo, estas deben ser analizadas y finalmente se elige la mejor opción. Después se comienza con el diseño en sí, se realizan los planos correspondientes en algún software de simulación para observar cómo se vería en la realidad y así tener una idea más clara del resultado. En el diseño se tienen que detallar las medidas correspondientes de cada área de trabajo, el número de máquinas que tendrá cada una, cuál será su posición y cuáles serán las áreas que estarán de manera adyacente, también se tienen que indicar los puntos de acceso y de salida, el área que le corresponde a los servicios auxiliares y todos aquellos detalles que tengan relación con el diseño de la distribución de planta.

El siguiente paso es presentar el proyecto a las personas correspondientes, que deciden si se ejecuta o no el plan de la instalación, y quien lleva a cabo el proyecto de diseño de la distribución tiene la obligación de tomar acciones para conseguir la aprobación de estos.

d) Seguimiento. Finalmente se evalúan los resultados obtenidos en base a la distribución hecha, y se le da el debido seguimiento al proyecto, esto con la finalidad de observar el cumplimiento de los objetivos propuestos y tener buen control en las diferentes áreas con respecto a la distribución, y en caso de que se presentara algún error o falla se tienen que tomar las medidas correctivas necesarias.

1.2.8. Metodologías y herramientas empleadas en la distribución de planta

Son todas aquellas técnicas y procedimientos empleados en el desarrollo de la óptima distribución de planta, estos nos ayudan a concentrar datos cuantitativos y cualitativos, obteniendo un resultado satisfactorio, en donde se muestra el mejor acomodo según las exigencias del proceso y facilita el análisis de cada uno de los resultados que arroja el método para la correcta toma de decisiones.

1.2.8.1. Localización de planta

Existen metodologías empleadas para la planificación de la distribución, es decir, para ubicar a la empresa en un lugar estratégico donde se consideran factores como: costos, fuentes de abastecimiento y medios de transporte, disponibilidad de la materia prima, mercados, mano de obra, condiciones climatológicas de la zona, servicios públicos con los que se cuenta, terrenos, entre otros. Algunos de los métodos empleados son:

- **Análisis del punto de equilibrio:** aunque este concepto es utilizado como indicador de ventas en la empresa se le puede dar un enfoque diferente, haciendo una proyección de los diferentes costos a un periodo de tiempo, con este análisis se determinan costos fijos y variables los cuales son relacionados con un volumen de producción esperada, al final la mejor opción se puede valorar mediante el costo total más bajo que se obtuvo.
- **Técnica de valuación por puntos:** esta técnica es cualitativa y puede ser utilizada para diferentes fines, consiste en asignar valores (calificación) a aquellos factores que se consideren relevantes para la localización de planta. Las ponderaciones las debe realizar una persona experta en el tema y que esté involucrado totalmente en el proceso de producción.
- **Método de Brown y Gibson:** es un algoritmo cuantitativo, el cual evalúa de entre diversas opciones cual es la mejor alternativa de localización de planta y se basa en tres factores principales: críticos (materia prima, mano de obra, energía eléctrica...), objetivos (costo de mantenimiento, de construcción, etc.) y subjetivos (impacto ambiental, clima social, entre otros). Este método también utiliza costos de acuerdo a los diferentes factores.
- **Método de centro de gravedad:** se desarrolla mediante un algoritmo el cual trabaja sobre la existencia de otras plantas, generalmente se recomienda utilizar para los centros de distribución de las empresas (bodegas), tomando en cuenta distancias y capacidad de entrega. Tiene como característica la utilización de coordenadas geográficas y cartesianas.
- **Método rectilíneo:** es un modelo de análisis mediante algoritmos, el cual busca minimizar las distancias de entre una nueva planta y las ya existentes.

Clasifica a las trayectorias en rectilínea, euclidiana y patrón de flujo. Trabaja sobre coordenadas.

Estos son solo algunos de los muchos métodos que se utilizan para la localización de una instalación, cada uno trabaja con diferentes datos y realiza distintas combinaciones, todas estas técnicas tienen como objetivo común encontrar la mejor ubicación.

1.2.8.2. Diseño de la distribución de planta

Así como hay métodos para la ubicación óptima de una planta también los hay para el diseño de la instalación física. Estos facilitan la ordenación y el entendimiento de la información recabada. Los datos que se utilizan son propios del proceso de producción como volumen y costos de producción, número de máquinas, flujo de materiales, tiempos de operación, entre otros datos que se consideren relevantes.

Método del diagrama de recorrido: procedimiento que utiliza una matriz para relacionar los diferentes departamentos respecto a una cantidad de flujo de materiales. Mediante una serie de movimientos a prueba y error, se obtienen diferentes combinaciones y como objetivo se busca reducir al mínimo los flujos entre departamentos.

Método SLP: desarrollado por Richard Muther el cual considera importante el producto, la cantidad, secuencia, los insumos y el tiempo. Se desarrolla mediante una matriz diagonal (diagrama de correlación), la cual relaciona los diferentes departamentos con la importancia de proximidad entre ellos. Después se realiza un diagrama de hilos con la información obtenida que sirve como base de diseño de la distribución.

Asignación cuadrática: aunque este método es más conocido por su aplicación en la asignación-ubicación de una planta también puede ser utilizada para la ubicación de maquinaria o departamentos. Se trabaja con dos matrices una de flujo y otra de distancias, las cuales van intercambiando filas y columnas respetando ciertas reglas, hasta encontrar la combinación más próxima al costo mínimo

Método de los eslabones: tiene una mejor aplicación en la distribución por proceso. Como datos se requiere la ruta que siguen los diferentes productos, al igual que otras técnicas utiliza una matriz de relación y se definen valores llamados “unidades de mantenimiento”, estos son asignados de acuerdo a los diferentes factores que se determinan mediante el juicio de quien lleva a cabo el método (como volumen de producción, pesos y facilidades de manejo). Se realiza una serie de combinaciones para obtener el mejor resultado de acuerdo a las condiciones en las que se aplicó.

Metodología DCA: algoritmo de agrupamiento directo (*direct clustering algorithm*), desarrollado por Chan Milner. Como su nombre lo indica consiste en un algoritmo desarrollada por una matriz que relaciona máquina- parte, la cual va agrupando los datos hasta obtener células de trabajo. Aunque en la matriz original la relación es máquina-parte, esta puede cambiarse por ejemplo producto-maquina, todo dependerá del correcto manejo de los datos y los resultados que se deseen obtener.

Algunos de los diferentes métodos pueden ser utilizados para la localización o para el diseño de plantas, todo va a depender del contexto que se le dé y con el que se trabaje, ya que los datos pueden ser manipulados y adoptados por las diferentes fórmulas y algoritmos. Por ejemplo, los métodos de localización generalmente se pueden usar en el acomodo de maquinaria, con una ubicación estratégica dentro de la planta de acuerdo a los requerimientos del proceso.

1.2.8.3. Programas para el diseño de la distribución de planta

En la actualidad con el avance de la tecnología se han desarrollado diversos softwares de computadora que facilita la realización de tareas específicas. En el caso de la distribución de planta se han diseñado para calcular de manera más sencilla las posibilidades de acomodo, ya que en la aplicación de algunos métodos puede surgir una infinidad de combinaciones laboriosas de realizar.

CRAFT: técnica computarizada de asignación relativa de plantas (*Computer Relative Allocation of Facilities Techniques*), el primer programa de computadora introducido por Armour, Buffa y Vollman en 1963. Es un algoritmo para la mejora de la distribución ya que trabaja con una ordenación de planta inicial, utiliza una matriz

que ocupa como datos el flujo de materiales y costos que son calculados en relación a ciertas distancias. La forma de los departamentos no está limitado a apariencias rectangulares.

ALDEP: programa de diseño de distribución automatizada (*Automated Layout Design Program*), fue descrita por Sheehof y Evans en 1967. Usa una matriz en la que se requiere la dimensión y el número de departamentos, en el resultado clasifica y acomoda a los departamentos según la prioridad de cercanía que se haya considerado darle a cada uno.

CORELAP: planificación computarizada de distribución por relaciones (*Computerized Relationship Layout Planning*). Tuvo su origen en el departamento de Ingeniería Industrial de la Northeastern University, bajo la jefatura del profesor James Moore (De la Fuente García & Fernández Quesada, 2005, pág. 94). El procedimiento que lleva acabo y los datos utilizados son similares al de ALDEP, de igual manera se ejecuta con criterios cualitativos. El resultado (acomodo de departamentos) arroja una forma un tanto irregular que tal vez requiera un reajuste.

PLANET: técnica de análisis y evaluación del diseño de la planta (*Plant Layout Analysis and Evaluation Technique*), desarrollado en 1972 por Deisenroth y Apple. Utiliza un algoritmo que asocia el flujo entre las diferentes actividades y un índice de prioridad (de 1 hasta 9), para finalmente obtener la asignación de ubicaciones.

COFAD: Diseño de instalaciones computarizada (*Computerized Facilities Design*). Trabaja con costos del manejo de materiales y con una distribución inicial, la cual se toma como base para que el programa desarrolle los cálculos correspondientes y arroje un resultado. Es recomendable que el procedimiento se realice las veces que sean necesarias, empleando diversas distribuciones iniciales, para obtener el mejor resultado posible.

En la tabla 1 se muestra una comparación de los algunos programas para el diseño de la distribución, lo que se describe en cada columna es la forma en la que se comporta cada software respecto a un problema o situación que se presenta en el desarrollo de este.

Para la realización del dibujo de la distribución (diseño del plano de la planta) en donde se especifiquen medidas, formas y en general el acomodo propuesto existen muchos programas como SmartDraw, Planner, AutoCAD, por mencionar algunos.

Tabla 1 Técnicas para reducir problemas en las distribuciones por proceso (Tompkins, 1978)

Naturaleza del problema	<i>CORALEP</i>	<i>ALDEP</i>	<i>PLANET</i>	<i>CRAFT</i>	<i>COFAD</i>
Falta de confianza en la solución	Puede efectuar pruebas por medio de la variación de proporciones entre el ancho de los departamentos y hacer un número de nuevas corrientes de rutina	Puede variar el ancho de la forma y el grado de proximidad y hacer corridas adicionales de la rutina	Puede variar prioridades de colocación y hacer varios procesos nuevos de la rutina	Puede variar la distribución inicial; se deben accesar cuando menos tres distribuciones significativamente diferentes a la computadora	Igual que <i>CRAFT</i>
Ubicaciones departamentales lineales	Puede especificar que un departamento se fije a un muro exterior o esquina y volver a procesar la rutina	Puede reubicar departamentos con una ubicación irreal colocándolos en una ubicación realista y reprocesar la rutina	Puede usar prioridades de colocación para la secuencia de entrada para cambiar la ubicación de la distribución en la siguiente corrida de la rutina	Igual que <i>ALDEP</i>	Igual que <i>ALDEP</i> y <i>CRAFT</i>
Formas departamentales irreales	Aunque no es un enfoque flexible, puede variar las proporciones entre longitud y ancho y volver a procesar rutinas	Puede variar el ancho de la forma o fijar el departamento al área realísticamente conformada y volver a procesar la rutina	No puede corregir con rutina; se debe manejar a mano la distribución generada por la computadora	Puede remodelar el departamento y volver a procesar la rutina usando una distribución modificada así como distribución inicial	Igual que <i>CRAFT</i>
Formas irreales de planta	Puede variar las proporciones entre longitud y ancho de la planta o variar la razón de llenado y reprocesar la rutina	No deben surgir problemas; se puede especificar la forma de la planta desde el principio	No puede corregir con rutina; se debe manejar a mano la distribución generada por la computadora	Igual que <i>ALDEP</i>	Igual que <i>ALDEP</i> y <i>CRAFT</i>
Alineación irreal del departamento	No puede corregir con rutina, se debe tratar manualmente la distribución generada por la computadora	No deben surgir problemas; la rutina puede especificar pasillos en la entrada inicial	Igual que <i>CORELAP</i>	Puede insertar departamentos en la distribución inicial; alinear departamentos reales en la distribución generada por la computadora, poner modelos ficticios entre ellos, y volver a procesar la rutina	Igual que <i>CRAFT</i>

1.3. Redistribución de planta

Es el reacomodo de algun área en específico o de toda la empresa, con la finalidad de mejorar la distribución que se tiene, para realizar este tipo de cambio se requiere realizar un estudio previo acerca de la empresa, y analizar los datos del proceso y producto. Algunos de los siguientes aspectos a considerar son motivo para realizar el nuevo acomodo:

- Variación en el volumen de producción
- Adaptación de nueva tecnología
- Innovación en los procesos o productos
- Cambio total en el diseño del producto
- Implementación de nuevos productos y/o departamentos
- Deficiencia en el flujo de materiales que generen paros en la producción
- Recorrido de distancias y movimientos innecesarios
- Falta de Seguridad en las áreas de trabajo
- Complicación en los procesos de operación
- Expansión física de la empresa

Una vez que se ha decidido hacer el estudio para mejorar la distribución es necesario seguir los pasos similares de las “las fases para el diseño de la distribución de planta”, en donde se le da seguimiento al problema ya identificado, con la obtención y análisis de los datos correspondientes, después con el diseño de la redistribución y finalmente la aplicación y adaptación de esta con su respectivo seguimiento y evaluación. La periodicidad con la que se lleve a cabo la redistribución resultara de los propios requerimientos del proceso y producto.

1.4. Marco contextual

La competencia está en aumento cada día, en la actualidad existe un sinnúmero de productos que el mercado ofrece a los clientes, es por ello que las empresas productoras deben de ofrecer siempre el mejor producto en cuanto a calidad y precio ya que el mercado es muy exigente. Debido a este tipo de factores las empresas deben de buscar siempre reducir costos, mediante la mejora continua de sus

procesos, optimización de sus recursos, y claro con una distribución de planta correcta. La ubicación y el diseño de la planta son dos de los factores que tienen una influencia sobre aspectos como el manejo de materiales, los almacenes y los procesos de producción en general, es por ello que no importa el tamaño de la empresa se debe de realizar el estudio correspondiente y llevarlo a cabo.

La empresa en donde se lleva a cabo el proyecto se encuentra dentro de la clasificación de pequeñas empresas, la cual confecciona distintas prendas de vestir; esta tiene problemas en cuanto a distribución de planta: no se tiene delimitadas las áreas de trabajo lo que genera un inadecuado flujo de materiales, equipos y personas, y el espacio físico no se aprovecha al máximo.

El proyecto es aplicable dentro del sector industrial textil, su desarrollo consta de distintas etapas. El primer paso es introducirse al tema de distribución de planta y los factores que intervienen, ya que se debe de tener un conocimiento previo. La segunda etapa es realizar la recolección de datos necesarios (dimensiones de la maquinaria y equipo, superficie de las instalaciones...). Se debe analizar detalladamente la información obtenida para realizar un contraste entre la teoría y la práctica. Después se realiza una simulación de la redistribución de planta, posteriormente se comparan las respectivas opciones en cuanto a diseño de la distribución, finalmente se evalúan los resultados obtenidos.

Aunque la empresa en la que se está realizando la propuesta de mejora en su distribución ya tiene aproximadamente cuatro años laborando en el ramo su cambio a la actual bodega es reciente. La producción de prendas de vestir es una de sus actividades, pero también llegan cajas con ropa ya confeccionada y solo se les cambia la etiqueta para ser empacada o bien solo se empaca. Todos los productos que salen de la empresa van directo a las tiendas o sus almacenes correspondientes según sea el cliente.

Actualmente hay 28 personas laborando en las diferentes áreas de la empresa con 15 mujeres y 13 hombres de los cuales se encuentra: 1 en calidad, 7 en costura, 1 supervisor de producción, 4 en corte de telas, 2 en el pegado de broches, 4 en empaque, 1 en el trazo de diseños, 1 encargado de almacén, 1 persona de limpieza,

3 en la parte administrativa (oficina), 1 en seguridad (puerta), y 2 en carga y descarga de materiales. Cada persona tiene funciones establecidas, pero cuando en su área no hay trabajo es asignada a otra parte del proceso.

Es deber de la empresa entregar productos de calidad cumpliendo siempre con la especificaciones y exigencias de cada cliente, ya que si un producto no cumple con lo establecido se tiene que buscar la manera de reparar el daño, en este tipo de situaciones lo que se hace es vender la ropa con defectos a “salderos” que son personas encargadas de vender mercancía a un precio más bajo o si no la propia empresa se encarga de ofrecer y vender esos productos. La finalidad de realizar las ventas es recuperar parte de la inversión para no tener pérdidas económicas completas.

1.4.1. Proceso de producción de la empresa

Al conjunto y secuencia de operaciones que tienen como objetivo la transformación de recursos para obtener un bien o servicio como producto final se le conoce como proceso productivo. La empresa confecciona tela teniendo como resultado prendas de vestir, la fabricación que se realiza depende de las especificaciones de cada cliente, se puede trabajar con prendas de tamaño pequeño o grande, piezas de menor o mayor cantidad, diferentes tallas, forma de empaque, etc.

De manera general actualmente el proceso de producción se describe en siete pasos relativamente sencillos, y que son parte fundamental comprenderlos para determinar el número de departamentos requeridos y las funciones a desempeñar en cada uno.

1. **Almacenar:** la materia prima se recibe y se resguarda en el lugar correspondiente; ya que no se tiene dividido el almacén de materias primas y el de productos terminados, el material que se recibe solo se coloca en cualquier lugar disponible.
2. **Diseñar y digitalizar:** se recibe la ficha técnica del producto a elaborar, en donde se especifican medidas, tipo de corte en las telas, número de piezas a elaborar, confección, acabados y otros detalles necesarios para la fabricación de los artículos. De acuerdo a los parámetros establecidos se

comienza a diseñar los trazos correspondientes en papel, una vez terminado se recortan y colocan en una pantalla la cual va conectada a una computadora. Mediante un programa de optimización, todos los trazos correspondientes son acomodados según el área total sobre el cual se va a trabajar, este se proporciona de acuerdo las medidas totales de la tela que se tiene; los trazos son acomodados de manera que se tenga el menor desperdicio de tela posible. Cuando se tiene listo el acomodo se imprime en un plotter.

3. **Cortar:** es necesario que en la mesa ya se tenga tendida la tela, el número de paños en altura va a depender de su grosor, por ejemplo, si la tela es delgada se pueden colocar de 12 a 15 y si es muy gruesa de 5 a 8. Sobre la tela se coloca el papel impreso con los trazos correspondientes. Si el número de cortes que se necesita es poco se utilizan tijeras para proceder con el corte, de lo contrario si las piezas a cortar son de gran cantidad se utiliza una cortadora eléctrica manual, para así cortar todo el bloque de tela, facilitando el trabajo y ahorrando tiempo. Ya que se tienen los cortes correspondientes, se cuentan y se amarran en pequeños paquetes, clasificados por color, talla, modelo y cliente; todas las piezas cortadas que corresponden al armado de un producto se juntan y guardan en bolsas para tener un mejor control, luego son enviados al siguiente proceso o se mantienen en espera.
4. **Confeccionar:** las maquinas son preparadas para que se confeccionen las prendas de vestir, primero se limpian de pelusas, polvo y cualquier suciedad que haya resultado de la fabricación de una prenda anterior, luego se coloca la aguja y el hilo con el color pertinente, se configura para que la cantidad de puntadas por pulgada sea la indicada; después se confecciona una sola pieza para poder observar si cumple con lo requerido, si es necesario se vuelven a configurar las maquinas hasta que se obtenga la prenda que cumpla con las especificaciones de la ficha técnica. Para cada prenda de vestir el proceso es diferente algunas requieren pasar por una mayor cantidad de máquinas y otras por menos, cuando ya se tienen confeccionadas totalmente es necesario cortar todos los hilos que quedan

colgando y en ocasiones pedazos de tela que son conocidos como “pestaña”, todo esto con el mayor cuidado posible para no maltratar o dañar la ropa.

5. **Calidad:** se presta atención especial ya que las prendas están confeccionadas, se observa que las puntadas realicen la unión correcta de las piezas de tela, que no se tenga manchas sobre la tela, las etiquetas adheridas deben contener la información correspondiente, estar lineales, no maltratadas y no deben tener algún hoyo (por la aguja) que sea visible; si el defecto es menor y tiene arreglo se reprocesa, si no se considera ropa de segunda, la cual es vendida a un costo más bajo generando pérdidas económicas a la empresa.
6. **Empacar:** en mesas las prendas son enganchadas, si así se requiere se les pone “cubre polvo” y/o un sensor y son colgadas en los denominados “racks”, ahí se les coloca una etiqueta la cual indica información requerida por el cliente, como marca de la tienda a la que va dirigida, precio, código, cuidados en la prenda, entre otros. Ya que la prenda esta lista es doblada y guardada en cajas de cartón o plástico, o bien se llevan así colgadas en los racks, según las especificaciones del cliente al que va dirigido, cada caja debe de contener las piezas y las tallas requeridas.
7. **Almacenar:** finalmente las cajas o contenedores son sellados y se les pega alguna etiqueta para identificar al producto, después son apiladas en algún espacio que se tenga disponible. Cuando es el tiempo de entrega se llevan a la salida para que el transporte correspondiente se las lleve al cliente.

La empresa no siempre trabaja con productos que pasan por el proceso de manera consecutiva y del paso 2 al 6 (todos pasan por el 1 y el 7). En la figura 1-5 se define la trayectoria de los diferentes productos (PA, PB, PC) dentro del proceso de producción, según las disponibilidades y requerimientos en cada situación, estas dependen de diferentes factores: disponibilidad de la materia prima, capacidad disponible de la maquinaria y del personal, fechas de entrega y los clientes con los que se trabaja.

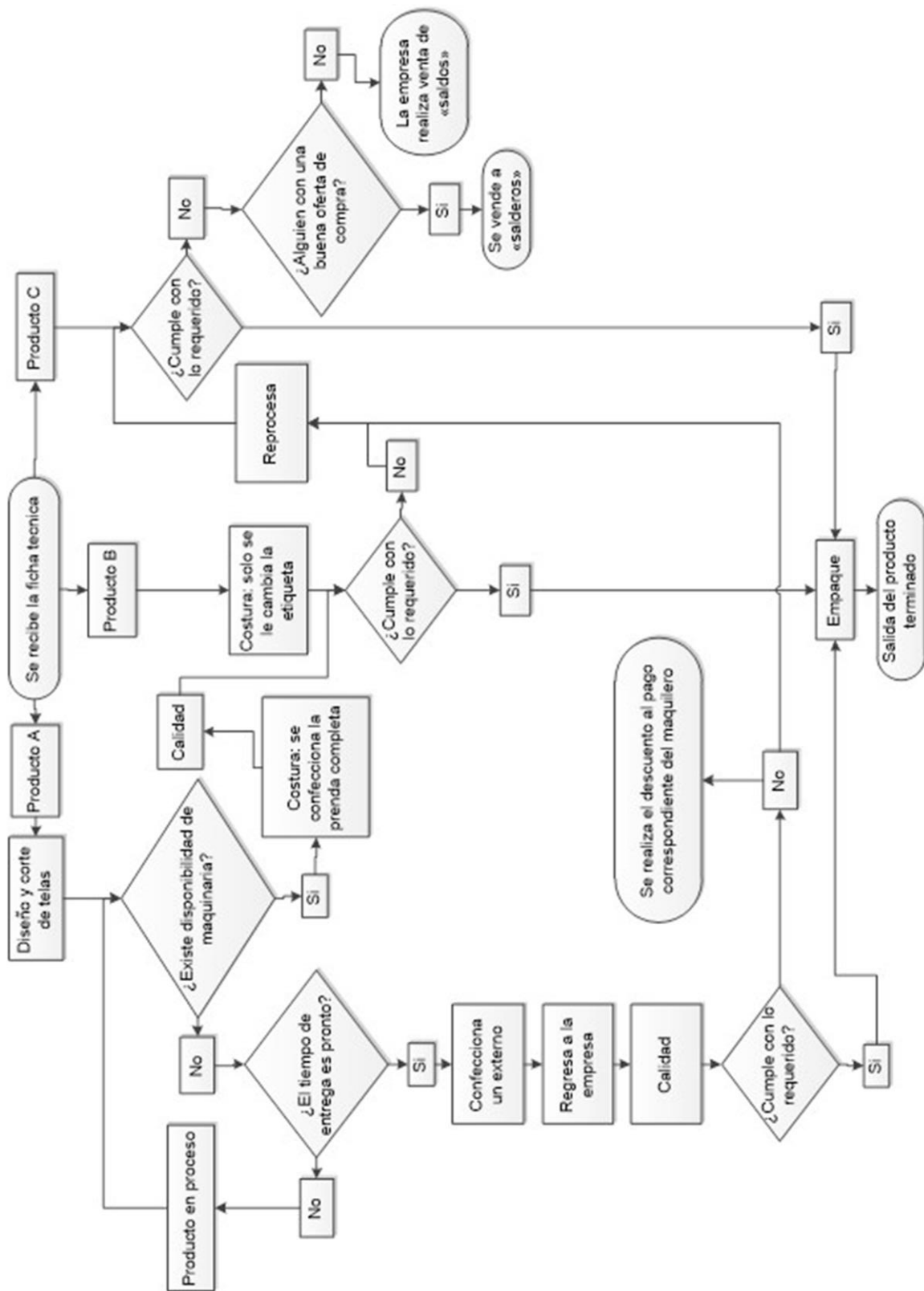


Figura 1-5 Diagrama de decisión en el proceso
Fuente: elaboración propia

Como se puede observar se trabaja con tres tipos de productos, aunque el ramo es la industria del vestido, el proceso por el que pasa cada prenda es diferente:

- Producto “PA”: es el más completo ya que pasa por todas las áreas de la empresa que tiene hasta ahora, son aquellos que comienzan con el trazo de telas en el área de corte y terminan con el empaque de las prendas, aunque cuando no se tiene disponibilidad en las máquinas de coser y la entrega de producción urge, entonces se manda confeccionar con una persona externa. Con cualquiera de las dos opciones los productos se empacan en las instalaciones de la empresa.
- Producto “PB”: las prendas ya están previamente confeccionadas, de acuerdo a las especificaciones del cliente se le cambia la etiqueta interior, pasando por costura para luego ser empacados y entregados. Para mejor comprensión ver figura 1-8, el cual representa el diagrama de flujo para este tipo de producto.
- Producto “PC”: aunque el proceso es más sencillo para este tipo de producto, es con el que más trabaja la empresa. Las cajas de ropa que llegan se abren, se sacan las prendas y se empacan según las especificaciones requeridas, finalmente se llevan al cliente. En la figura 1-9 se observa el diagrama de flujo.

Los productos PA y PB se revisan por la persona encargada de calidad y si alguna no cumple con lo solicitado se determina si tiene arreglo, entonces se reprocesa de acuerdo al defecto que presente. Cuando los productos confeccionados por la empresa externa tienen defectos se realiza un descuento a su pago correspondiente. Los productos PC se revisan cuando se sacan de las cajas, si no tienen defectos de fábrica pasan a ser empacados.

Antes de ser llevados a los clientes se realiza un muestreo en los tres tipos de productos PA, PB y PC, para que las prendas sean revisadas en cuanto a especificaciones de empaque, si la mayoría tiene algún error se revisa todo el lote a entregar y se corrige, sino se carga en el camión para que se lleven. Cuando la prenda ya no tiene arreglo se busca a un “saldero” con una buena oferta de compra

o la propia empresa realiza la llamada venta de “saldos”, en donde los productos defectuosos son vendidos a precios más bajos, recuperando parte de la inversión.

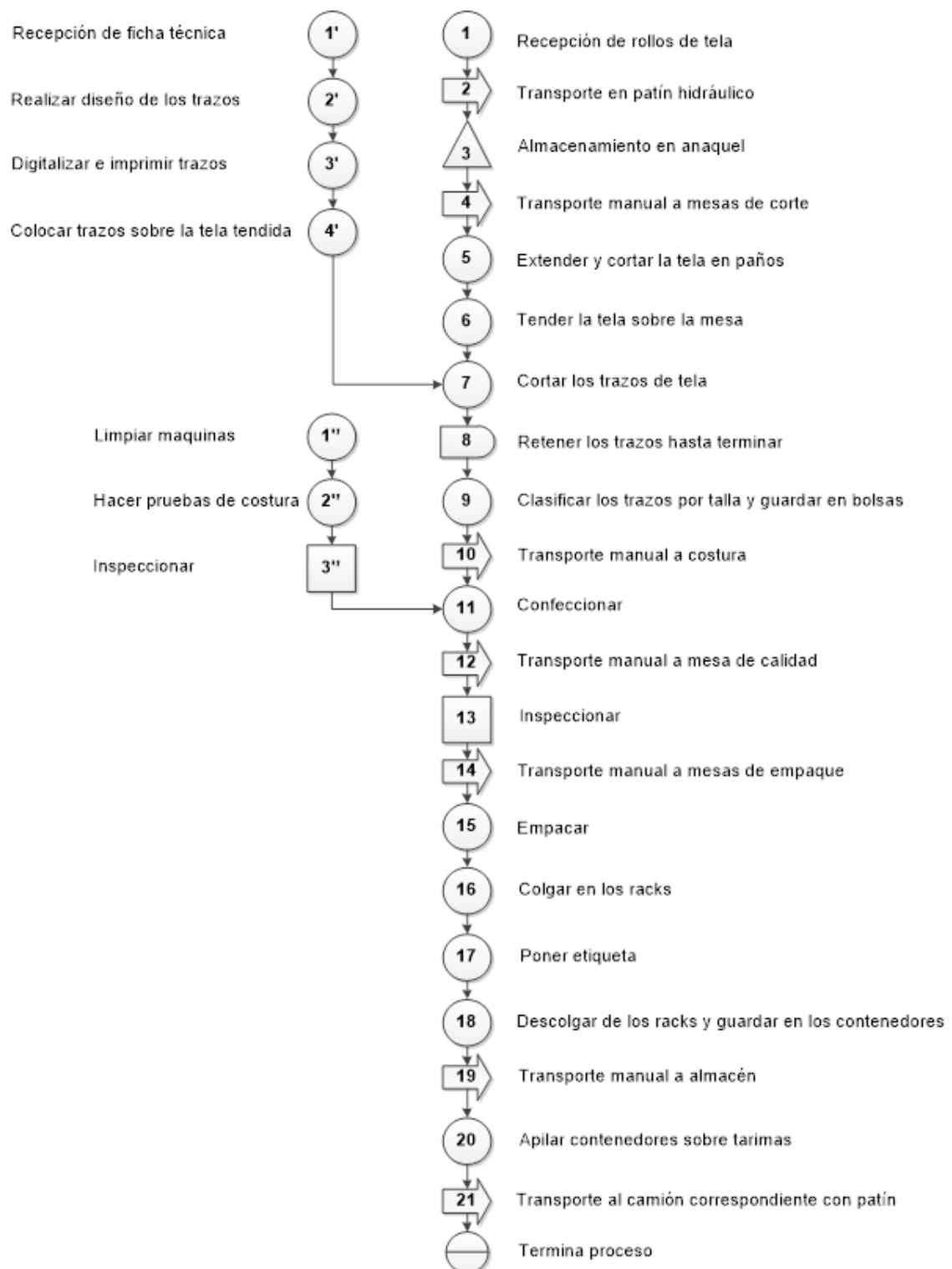


Figura 1-6 Diagrama de flujo del producto PA1
Fuente: elaboración propia

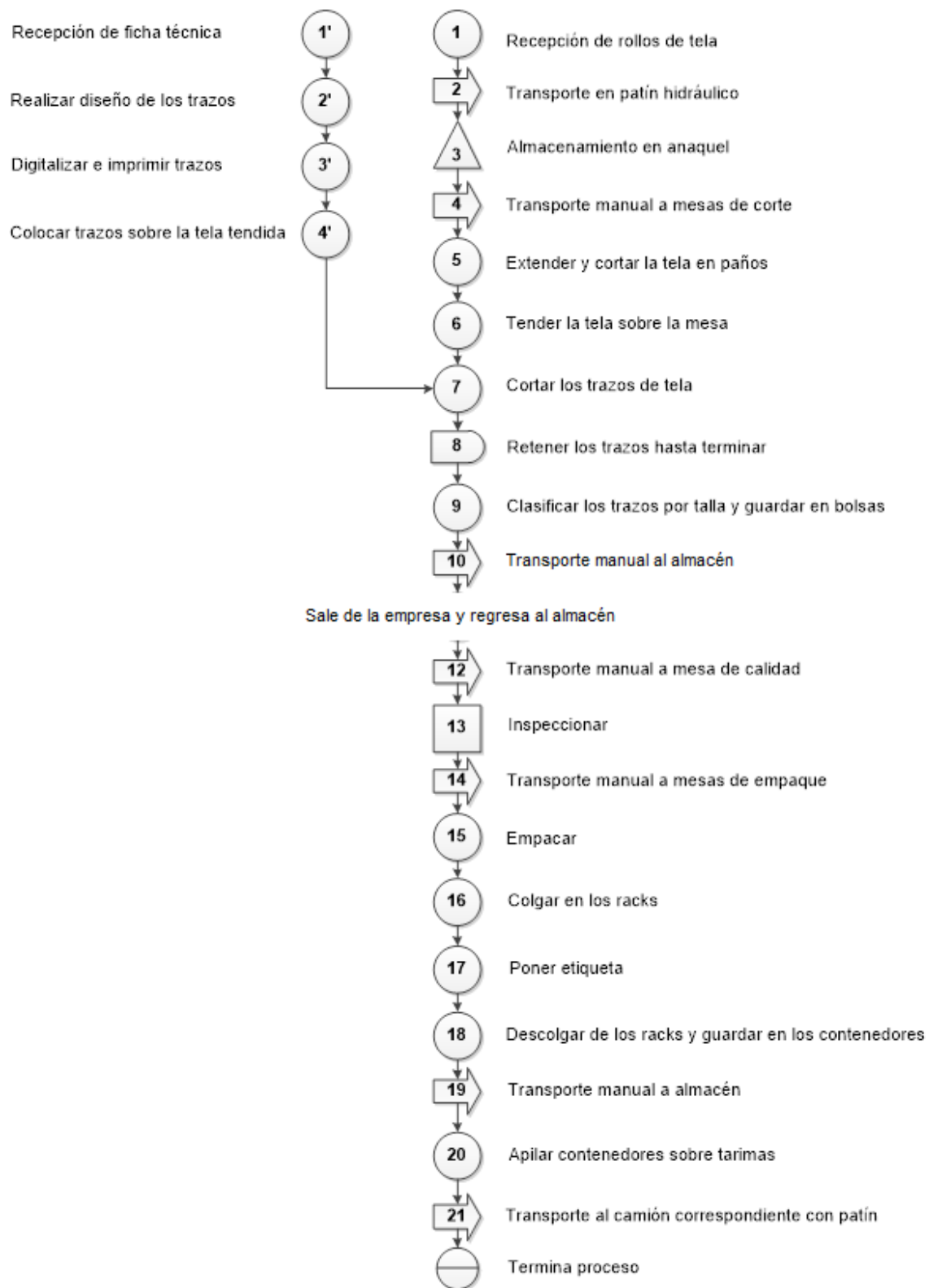


Figura 1-7 Diagrama de flujo del producto PA2
Fuente: elaboración propia

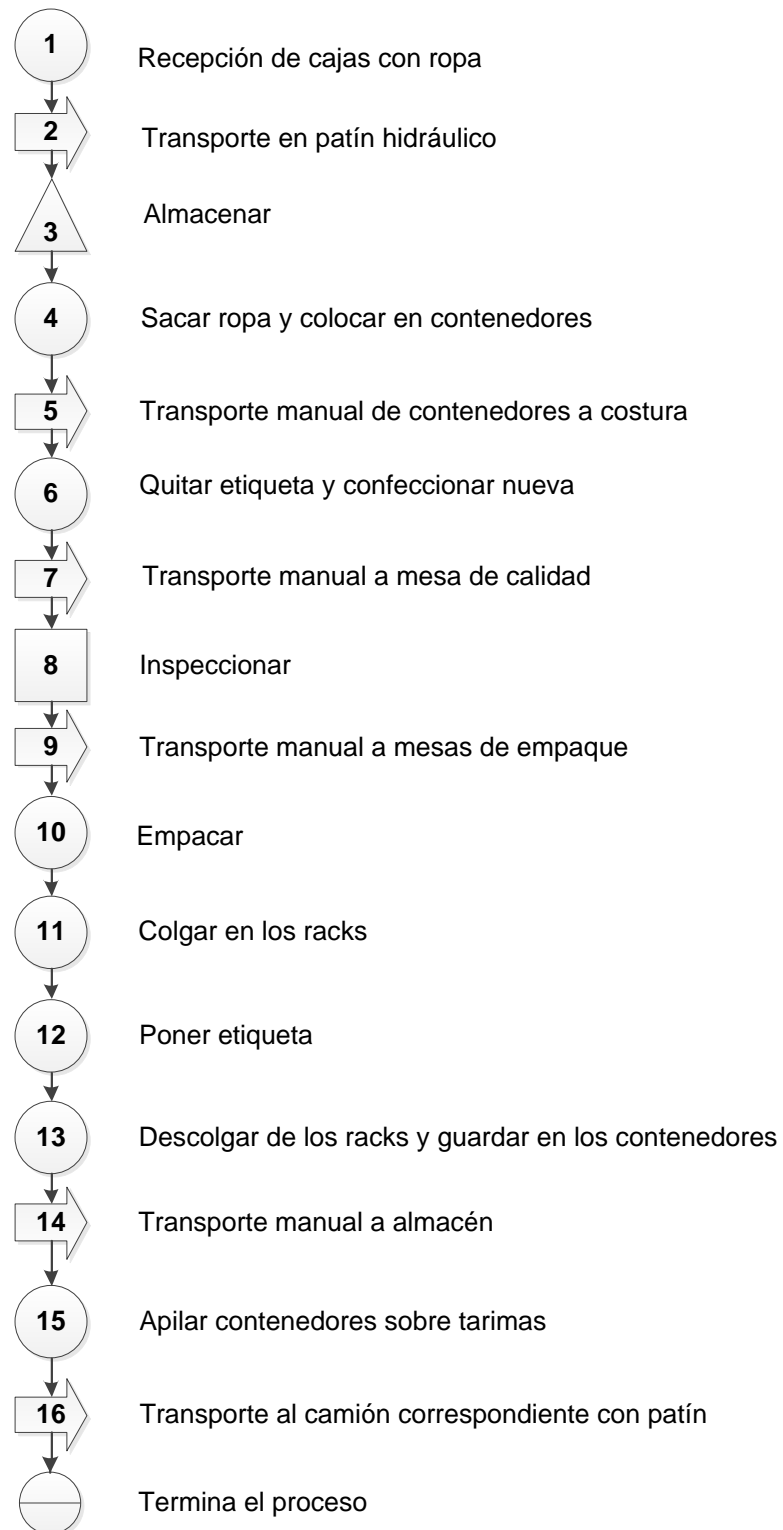


Figura 1-8 Diagrama de flujo del producto PB
Fuente: elaboración propia

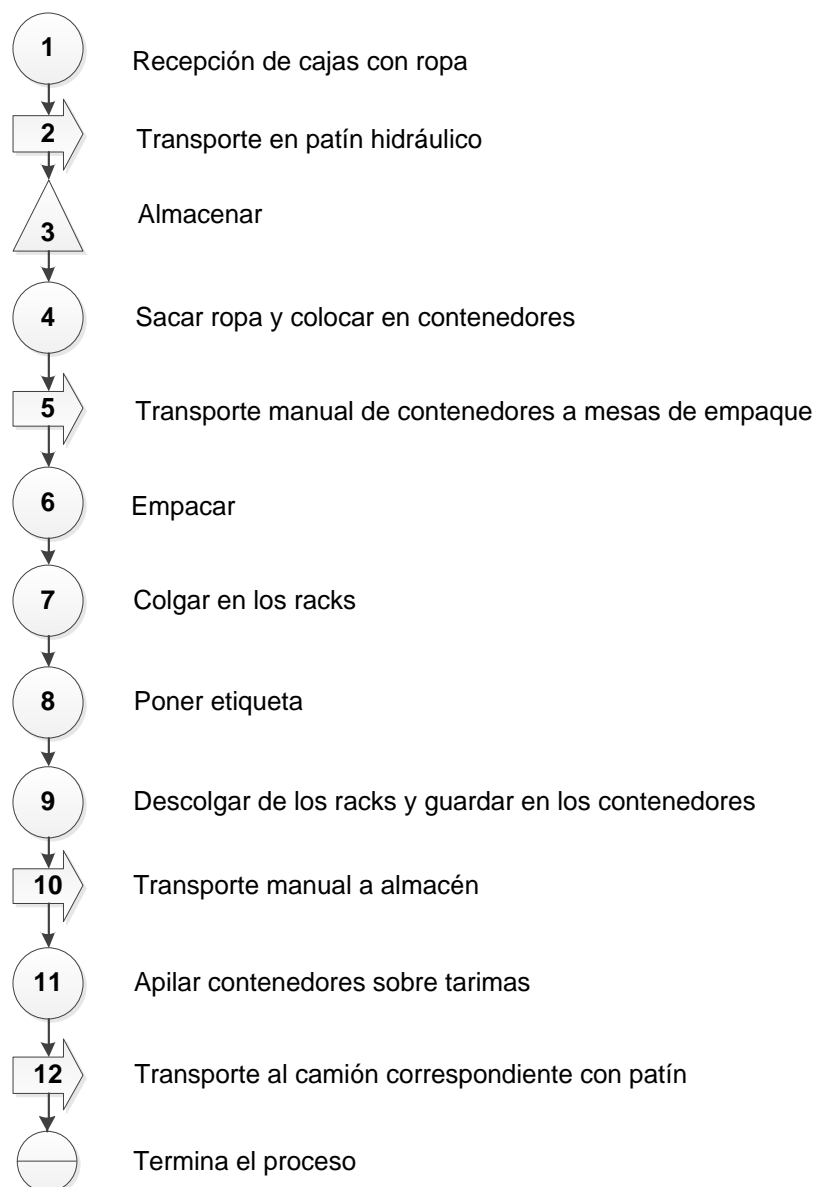


Figura 1-9 Diagrama de flujo del producto PC
Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la información proporcionada por la empresa de todos los productos con el que más se trabaja es el producto PC con aproximadamente 67.9%, le sigue el PB con 19.8% y el PA con 12.3%. Aunque el producto PA se divide en dos ya que cuando no se tiene capacidad disponible se manda confeccionar con un externo, así que se denomina “PA1” a los que se confeccionan en la empresa y “PA2” a los que no, teniendo presencia de productos para PA1 con 9.2% y PA2 con 3.1% del total de productos.

En la figura 1-6 se muestra el diagrama de flujo de PA1 siendo para este el proceso más completo que inicia en corte y termina en almacén, mientras que en la figura 1-7 se describe el flujo de PA2 el cual es muy similar al anterior lo único que lo diferencia es que no pasa a ser confeccionado, sale de la empresa y nuevamente regresa para continuar con su proceso.

1.4.2. Maquinaria y equipo de la empresa

Son aquellos bienes tangibles que ocupan un espacio físico dentro de la planta y tienen como objetivo ser utilizados para el beneficio de la empresa; la maquinaria mantiene como principal función la producción de artículos, mientras que el equipo presta sus servicios al área de producción, como el manejo y resguardo de los materiales, o bien equipo utilizado en la parte administrativa y control de la producción.

Debido que cada objeto ocupa un espacio e interfiere con el proceso de producción de manera directa o indirecta según sea el caso, deben describirse y analizarse para una mejor comprensión de estos respecto a su relación con la distribución de planta, y cuando se realice el diseño sean considerados de manera objetiva y con bases sólidas en la toma de decisiones.

Plotter: es la máquina en la cual se imprimen los trazos en un papel grande, esta se complementa con la pantalla digitalizadora y una computadora. Se debe colocar en un área específica y apartada de todo el movimiento constante que genera el proceso de producción, ya que es delicada y requiere de cuidados especiales: que no sea golpeada con alguna caja o contenedor, por ejemplo.

Pantalla digitalizadora: consiste en algo parecido a un pizarrón blanco en el cual se pegan los trazos, este va conectado con la computadora y con el plotter. Su única función es transmitir la forma física de los trazos que se tiene en papel a digital. Al igual que el plotter se debe tener colocar en un área segura.

Máquina de coser: es aquella que facilita el trabajo del hombre realizando costuras con tela e hilo, de una manera más rápida. Cada máquina industrial realiza diferentes puntadas, por lo general son tres tipos los más comunes y utilizados para

todo tipo de prenda. El primero es el *pespunte* el cual consiste en puntadas rectas y simples, sin embargo es muy útil para la colocación de etiquetas; el segundo el *remallado* que realiza la unión de dos piezas, también sirve para evitar que la orilla de alguna tela se deshilache y se caracteriza por una pequeña cuchilla que tiene la máquina la cual va cortando la orilla de la tela al mismo tiempo que realiza la costura; y la tercera es la puntada *recubridora* o *collarín* como también se le conoce, la máquina que realiza esta puntada tiene dos funciones principales: reforzar y sellar sobre alguna otra puntada que ya se tenga en la tela y unir alguna cinta o elástico a la tela (muy común en la ropa interior). Aunque también existen máquinas con funciones más específicas por ejemplo para realizar la puntada en zigzag, y que solo lo utilizan para la elaboración de algunas prendas. La información sobre los tres tipos de máquinas más comunes es muy relevante, ya que cuando se realice el diseño de la distribución es importante considerar que las tres máquinas estén juntas o lo más cerca posible.

Máquina para pegar broche: coloca broches a presión, el mecanismo es parecido al de una máquina de coser convencional solo que esta pega broches hembra o macho sobre la prenda según se requiera. Generalmente es el último proceso de costura por el cual pasa una prenda.

Mesa: es el mueble de madera que se ocupa como apoyo para ciertos trabajos, se cuenta con 4 distintos tamaños y a cada una se le da un uso diferente, aunque en ocasiones son compartidas por las diferentes áreas de trabajo, todo dependerá de la cercanía y disponibilidad que se tenga. Para fines más prácticos se clasifican en: mesa 1 para el diseño y trazos, mesa 2 ocupadas en el corte de la tela, mesa 3 para el área de empaque y la mesa 4 como apoyo en calidad.

Anaqueles: también conocido como estante, el cual funge como un soporte metálico en donde se colocan ciertos materiales, generalmente se busca que se ubiquen apoyadas sobre una pared para que tengan un mejor soporte en ella y así garantizar mayor seguridad en el área de trabajo, aunque no siempre se acomodan de esa forma. Se consideró como el anaquel 1 para los rollos de tela; en el anaquel 2 se colocan cajas con ganchos y producto en proceso; el anaquel 3 lo ocupan todos los

materiales referentes al área de costura como hilos, agujas, pedazos de tela, entre otros; y el anaquel 4 pertenece al almacén en donde se colocan las diferentes etiquetas tanto del producto como de las cajas a entregar.

Rack: denominado así por la empresa a una serie de tubos formados y soldados en los cuales se pueden colgar las prendas mediante ganchos, en la parte inferior se les coloca llantas para que tengan facilidad de movimiento de un lugar a otro. Aunque se les debe designar un área en específico para cuando se realice el empaque de prendas, en cualquier momento pueden estar en movimiento constante dentro de las diferentes áreas como apoyo de equipo para manejo de materiales.

Contenedor: consiste en un recipiente que facilita el movimiento y almacenamiento de materiales necesarios para el proceso de producción. La empresa cuenta con contenedores de plástico propios de tamaño grande y pequeño utilizados en todas las áreas de la empresa para el manejo de materiales como trazos de tela cortados, ropa confeccionada, producto en espera, entre otros, por ello es importante colocarlos en un punto estratégico en el que estén al alcance de la mayoría de las áreas; otros contenedores son propiedad de los clientes utilizados dentro de la empresa pero son únicamente para el área de empaque.

Tarima: también es conocido como *palet*, consiste en una plataforma de madera que es manipulada por un patín lo cual facilita su traslado; es un medio para apilar diversos contenedores, el agrupamiento que se forma constituye la unidad de carga. Los materiales que se colocan sobre la tarima son rollos de tela, cajas y contenedores. Es importante que dentro de la empresa se les asigne un lugar para colocarlas cuando no estén en uso.

Patín hidráulico: equipo utilizado para el manejo de materiales, tiene dos barras metálicas que van unidas a un cilindro, tres ruedas y una manivela que permite darle dirección al patín. Se usa para desplazar las tarimas de madera.

Escritorio: son muebles de oficina, sirven de apoyo para colocar computadoras, papeles, folders, lapiceros, y todos aquellos materiales que son de ayuda para la parte administrativa de la empresa.

Archivero: mueble utilizado para resguardar archivos físicos que son importantes para la empresa y son parte de las oficinas.

Otros: también hay objetos como la cortadora eléctrica manual y las tijeras, que por su tamaño y cantidad no representan mayor problema en la distribución de la planta, sin embargo están ahí presentes y forman parte de la maquinaria y equipo dentro de la planta.

1.4.3. Condiciones actuales en distribución de planta de la empresa

Como ya se ha mencionado anteriormente la empresa confecciona prendas de vestir; debido a su nivel de producción los dueños decidieron rentar una bodega en un lugar donde se tiene cercanía a la antigua carretera México-Querétaro la cual tiene acceso a diferentes rutas como San Luis Potosí, Estado de México, Querétaro, y estos a su vez tienen conexión con otras vías de transporte terrestre. La cercanía que se tiene a este tipo de carreteras es una ventaja para disminuir los recorridos de transporte y asegurar el tiempo de entrega a los clientes.

La bodega en la que se trabaja tiene 16.18 m de ancho por 44.85 m de largo, para el análisis del diseño de la distribución no se tomara en cuenta el comedor ya que, aunque es parte de la empresa y de los servicios auxiliares, este se encuentra afuera de las instalaciones de producción y no afecta el acomodo de la maquinaria y equipo. Un detalle que es importante considerar cuando se esté llevando a cabo el desarrollo del diseño es que los baños ya se encuentran en un área específica dentro de las instalaciones de la empresa y no pueden ser movidos a otro lugar, esto genera de cierta manera restricciones en los resultados requeridos. Así que se debe realizar una serie de combinaciones en el acomodo para ver cuál es la que mejor se adapta según las condiciones en las que se encuentran las instalaciones.

El tipo de distribución que actualmente se tiene es por proceso debido a la gran variedad de productos que pasan por las diferentes áreas y la compatibilidad de las máquinas que tienen para su elaboración. La empresa colocó toda su maquinaria y equipo de acuerdo a las necesidades del proceso de producción, sin realizar un estudio previo de los factores que intervienen. Aunque se designaron áreas para las máquinas, las mesas y los anaqueles, no se delimitaron. La distribución con la que

se trabaja genera que: se coloquen cajas en cualquier parte obstruyendo así el paso a los materiales, el proceso sea más difícil de controlar con el desorden que se tiene, se realicen recorridos innecesarios ya que no se tiene un orden y secuencia, el área de trabajo se vuelva insegura para los operadores, se apilen los materiales a cualquier altura (ver fotografía 1-1, 1-2, 1-3 y 1-4). En la figura 1-10 se puede apreciar las dimensiones de la empresa y como están repartidos los espacios para los diferentes departamentos. Las dimensiones de cada área no se especifican debido a la forma irregular que tienen y sus espacios no están delimitados solo es una aproximación con la que se trabaja.



Fotografía 1-1 Áreas desordenadas



Fotografía 1-2 Área de corte



Fotografía 1-3 Obstrucción de paso



Fotografía 1-4 Área de costura insegura

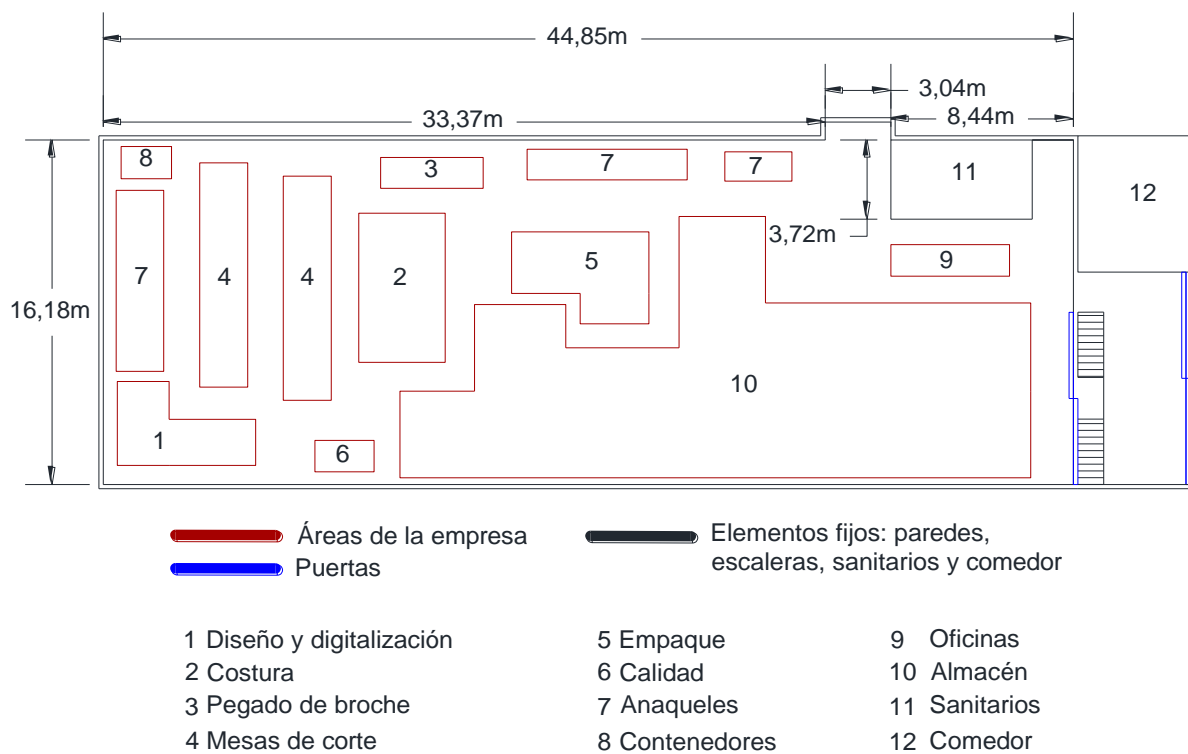


Figura 1-10 Plano actual empresa
Fuente: elaboración propia

Capítulo 2 Metodología

2.1. Delimitación de áreas

El mayor problema que presenta la empresa es que no se tienen delimitados los espacios físicos de cada objeto y mucho menos el de los departamentos, así que se debe buscar algún método de aplicación para este fin o bien cumplir con lo establecido en alguna norma que rija en el país.

Como lo indica la Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condición de seguridad, por parte de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) de acuerdo al punto 7. Requisitos de seguridad en el centro de trabajo, en el apartado 7.1.2 menciona que:

7.1.2 Las áreas de producción, de mantenimiento, de circulación de personas y vehículos, las zonas de riesgo, de almacenamiento y de servicios para los trabajadores del centro de trabajo, se deben delimitar de tal manera que se disponga de espacios seguros para la realización de las actividades de los trabajadores que en ellas se encuentran. Tal delimitación puede realizarse con barandales; con cualquier elemento estructural; con franjas amarillas de al menos 5 cm de ancho, pintadas o adheridas al piso, o por una distancia de separación física (STPS, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008).

Así que como lo indica la norma, el que se encuentre delimitada un área es una condición de seguridad para los trabajadores y es importante para la empresa que sea marcada para que se respeten los espacios asignados, exista orden y limpieza, y el control sobre la producción y los materiales sea mejor.

2.1.1. Método de *Guerchet*

Consiste en calcular la superficie de un objeto de acuerdo a sus dimensiones, en donde se consideran y se suman tres tipos de superficies:

- **Superficie estática (Ss):** consiste en el espacio físico que ocupa la maquinaria o equipo, se calcula con la multiplicación del largo por ancho de cierto elemento. En la toma de medidas deben ser considerados todas las partes que componen al objeto como palancas, pedales, tableros, manijas, y todo aquello que tenga relación con su funcionamiento.

$$Ss = (L)(a)$$

Fórmula 2-1 Superficie estática

- **Superficie gravitacional (Sg):** constituye el área alrededor de cada elemento, requerido por el trabajador. Se obtiene de multiplicar la superficie estática por el número de lados operables del objeto. Por ejemplo, de un anaquel que tiene cuatro lados solo se ocupa uno para carga y descarga de materiales, entonces N=1.

$$Sg = (Ss)(N)$$

Fórmula 2-2 Superficie gravitacional

- **Superficie de evolución (Se):** se refiere al área necesaria para el movimiento de los materiales, equipos y personas. Se determina de la suma de la superficie estática y gravitacional, el resultado se multiplica por una constante (K).

$$Se = (Ss + Sg)(K)$$

Fórmula 2-3 Superficie de evolución

El valor de K es único para el cálculo de superficie de todos los objetos, su valor varia de 0.05 a 3 dependiendo de la actividad productiva de la empresa. En el cuadro 2-1 se muestran valores típicos utilizados en diferentes sectores productivos, aunque para un valor de K más exacto se realiza una división entre la altura promedio de toda la maquinaria y equipo fijo (Hm) entre los objetos móviles (Hf).

$$K = \frac{Hm}{(2)(Hf)}$$

Fórmula 2-4 Cálculo de K

Para obtener la superficie total (St) de cada objeto se realiza una suma de las tres superficies: estática, gravitacional y de evolución.

$$St = Ss + Sg + Se$$

Fórmula 2-5 Superficie total

Cuadro 2-1 Valores de K (*Cuatrecasas, 2009*)

Tipos de actividad productiva	K
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 a 0,25
Textil, hilados	0,05 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

Finalmente se procede a realizar una suma de todas las superficies totales individuales, es decir, se obtiene la dimensión total de cada uno de los departamentos mediante la suma de cada una de sus partes; por ejemplo si un área de producción tiene 10 máquinas y la superficie total (St) de cada una resulto 25 m², entonces las dimensiones de ese departamento serán de 250 m², y así sucesivamente con cada área.

2.1.2. Aplicación del método de *Guerchet* en la empresa

Si en la aplicación del método no se cuentan con los datos suficientes para comenzar a desarrollar el método en la empresa es necesario realizar primero un inventario de todos los bienes tangibles con los que cuenta y que ocupan un espacio dentro de ella afectando de manera directa la distribución. En la tabla 2-1 se muestra la información obtenida de la maquinaria y equipo, especificando cantidad y las medidas correspondientes de cada elemento (largo, ancho y altura). Todos los datos obtenidos servirán de referencia para la aplicación de los diferentes métodos, y posteriormente obtener los resultados esperados.

Tabla 2-1 Inventario de maquinaria y equipo de la empresa
Fuente: elaboración propia

Maquinaria y equipo	Cantidad	Medidas (m)		
		largo	ancho	altura
Plotter	1	2.3	0.8	1.1
Pantalla digitalizadora	1	0.9	0.74	1.65
Máquina de coser	21	1.2	0.5	*1.1
Máquina para pegar broche	4	0.7	0.41	*1.1
Mesa 1	2	2.3	1.1	0.92
Mesa 2	2	9.79	2.05	0.88
Mesa 3	6	2.45	1.22	0.91
Mesa 4	1	1.55	1.26	0.98
Anaquele 1	1	6.02	1.22	3.22
Anaquele 2	1	7.88	1.22	3.32
Anaquele 3	1	2.54	0.76	2.18
Anaquele 4	1	1.65	0.66	2.22
Rack grande	11	2	0.55	1.9
Rack pequeño	20	1.6	0.6	1.6
Contenedor grande	15	0.8	0.8	0.8
Contenedor pequeño	75	0.73	0.43	0.33
Contenedor del cliente	-	.59	.5	.31
Tarima de madera	32	1.2	1.02	0.12
Patín hidráulico	2	1.41	0.69	1.22
Escritorio	6	1.5	0.77	0.74
Archivero grande	2	0.9	0.45	1.8
Archivero pequeño	1	0.46	0.72	1.07

*Para las máquinas de coser y las máquinas para pegar broche se consideró una altura promedio de 1.1 metros, ya que para cada tipo de máquina las dimensiones en altura es diferente.

2.1.2.1. Cálculo del valor de K

Cuando se realiza el cálculo de K con la respectiva fórmula se consideran todos los objetos con los que cuenta la empresa y debido a que en el cuadro 2-1 no se encuentra la clasificación de la industria del vestido se procede a desarrollar el cálculo correspondiente del valor de K.

Antes de determinar el valor definitivo de K con el cual se va a trabajar es necesario realizar una serie de análisis. Según el procedimiento, ya que se tiene el inventario y las dimensiones de la maquinaria y equipo se clasifican en móviles y fijos, después se promedia su altura obteniendo Hm y Hf respectivamente.

Se observó que, aunque los contenedores y las tarimas son objetos móviles existe la opción de considerarlos fijos debido a que cuando no se ocupan se estiban en un lugar y se mantienen inmóviles por cierto tiempo, por lo tanto, se tendría que considerar una altura promedio de estiba tanto para los contenedores y las tarimas. Así que se decide trabajar con dos posibles valores de K para tener un mejor análisis de la información, posteriormente evaluar los posibles resultados y elegir la opción más acertada de acuerdo a las condiciones y necesidades de la empresa.

Tabla 2-2 Altura promedio de objetos móviles y fijos (opción 1)

Fuente: elaboración propia

Altura (m)			
Móviles		Fijos	
Hombre	1.64	Plotter	1.1
Mujer	1.58	Pantalla digitalizadora	1.65
Rack grande	1.9	Máquina de coser	1.1
Rack pequeño	1.6	Máquina para pegar broche	1.1
Contenedor grande	0.8	Mesa 1	0.92
Contenedor pequeño	0.33	Mesa 2	0.88
Contenedor de cliente	0.31	Mesa 3	0.91
Tarima de madera	0.12	Mesa 4	0.98
Patín hidráulico	1.22	Anaqueles 1	3.22
		Anaqueles 2	3.32
		Anaqueles 3	2.18
		Anaqueles 4	2.22
		Escritorio	0.74
		Archivero grande	1.8
		Archivero pequeño	1.07
Hm1	1.06	Hf1	1.55

Es importante que el promedio de altura de los operadores se considere ya que son parte del desplazamiento de materiales y equipo. Se contempló la estatura promedio de la mujer mexicana de 1.58 m y el hombre de 1.64 m (Cámara Nacional de la

Industria del Vestido, 2012), debido a que en la empresa laboran ambos sexos y realizan sus actividades en las diferentes áreas. La altura promedio de estiba es de 1.88 m, la obtención de este dato se explica a detalle el subtema “2.1.3. Apilamiento de materiales”. Los resultados de Hm y Hf se indican en la tabla 2-2 y tabla 2-3.

Tabla 2-3 Altura promedio de objetos móviles y fijos (opción 2)

Fuente: elaboración propia

Altura (m)			
Móviles		Fijos	
Hombre	1.64	Plotter	1.1
Mujer	1.58	Pantalla digitalizadora	1.65
Rack grande	1.9	Máquina de coser	1.1
Rack pequeño	1.6	Máquina para pegar broche	1.1
Patín hidráulico	1.22	Mesa 1	0.92
		Mesa 2	0.88
		Mesa 3	0.91
		Mesa 4	0.98
		Anaquele 1	3.22
		Anaquele 2	3.32
		Anaquele 3	2.18
		Anaquele 4	2.22
		Escritorio	0.74
		Archivero grande	1.8
		Archivero pequeño	1.07
		Contenedor grande	1.88
		Contenedor pequeño	
		Contenedor de cliente	
		Tarima de madera	
Hm2	1.59	Hf2	1.55

De acuerdo a los datos obtenidos se aplica la fórmula 2-4 de K:

$$K_1 = \frac{1.06}{(2)(1.55)} = 0.34 \quad ; \quad K_2 = \frac{1.59}{(2)(1.55)} = 0.51$$

Para poder observar el comportamiento de los dos valores es necesario su aplicación en las fórmulas de cálculo de superficies, que es el siguiente paso en el procedimiento del método.

2.1.2.2. Cálculo de superficies

Se realizan las operaciones matemáticas necesarias para averiguar el resultado en expresión numérica de las posibles dimensiones de cada objeto tomando dos valores de K para hacer una comparación. El valor de N para todos los objetos se considera como 1 debido a que si se asigna un número mayor el resultado incrementa considerablemente y no en todos los casos es necesario tanto espacio, aunque el número de lados operables de los diferentes elementos varía según su funcionalidad.

En la tabla 2-4 y 2-5 se clasifico la maquinaria y equipo para formar los departamentos requeridos, aunque los racks grandes y pequeños son objetos móviles y no necesariamente requieren del cálculo de superficies mediante el método, es importante colocarlos como parte del área de empaque ya que son utilizados únicamente en esa área, es por ello que se consideran en las tablas aunque no se realiza el cálculo de superficies para estos objetos. De acuerdo a la comparación de los dos valores de K se muestra que este es directamente proporcional al espacio total resultante, es decir si K aumenta la superficie total de cada elemento también.

Para saber cuál es la superficie total de la maquinaria y equipo similar (Sto) solo se multiplica la superficie total (St) por la cantidad en existencia, por ejemplo la cantidad de escritorios es 4, entonces se multiplica la superficie total (St) resultante de $3.1m^2$ por 4 lo que resulta $12.4m^2$; los valores de Sto se suman obteniendo como resultado la superficie total por departamento (Std), los resultados se muestran en las últimas columnas de la tabla 2-4 y 2-5 respectivamente.

$$Sto = (St)(cantidad)$$

Fórmula 2-6 Superficie total de objetos similares

$$Std = Sto + Sto + Sto \dots$$

Fórmula 2-7 Superficie total por departamento

Tabla 2-4 Resultados de la aplicación del método de *Guerchet* (con K1)
Fuente: elaboración propia

Área	Maquinaria y equipo	Cantidad	Medidas (m)		Ss	N	Sg	K1	Se	St	Sto	Std (m ²)
Diseño y digitalización	Mesa 1	1	2.3	1.1	2.53	1	2.53	0.34	1.72	6.78	6.78	
	Pantalla digitalizadora	1	0.9	0.74	0.67	1	0.67	0.34	0.45	1.78	1.78	
	Plotter	1	2.3	0.8	1.84	1	1.84	0.34	1.25	4.93	4.93	
	Escritorio	1	1.5	0.77	1.16	1	1.16	0.34	0.79	3.10	3.10	16.59
Corte	Mesa 2	2	9.79	2.05	20.07	1	20.07	0.34	13.65	53.79	107.57	
	Anaquelel 1	1	6.02	1.22	7.34	1	7.34	0.34	4.99	19.68	19.68	
	Mesa 3	2	2.45	1.22	2.99	1	2.99	0.34	2.03	8.01	16.02	143.28
Costura	Máquina de coser	21	1.2	0.5	0.60	1	0.60	0.34	0.41	1.61	33.77	
	Máquina para pegar broche	4	0.7	0.41	0.29	1	0.29	0.34	0.20	0.77	3.08	
	Anaquelel 3	1	2.54	0.76	1.93	1	1.93	0.34	1.31	5.17	5.17	42.02
Calidad	Mesa 4	1	1.55	1.26	1.95	1	1.95	0.34	1.33	5.23	5.23	5.23
	Mesa 3	4	2.45	1.22	2.99	1	2.99	0.34	2.03	8.01	32.04	
	Anaquelel 2	1	7.88	1.22	9.61	1	9.61	0.34	6.54	25.76	25.76	
Empaque	Rack grande	11	2	0.55	1.10	-	-	-	-	-	12.10	
	Rack pequeño	20	1.6	0.6	0.96	-	-	-	-	-	19.20	89.11
Almacén	Anaquelel 4	1	1.65	0.66	1.09	1	1.09	0.34	0.74	2.92	2.92	
	Escritorio	1	1.5	0.77	1.16	1	1.16	0.34	0.79	3.10	3.10	6.01
Oficina	Archivero grande	2	0.9	0.45	0.41	1	0.41	0.34	0.28	1.09	2.17	
	Archivero pequeño	1	0.46	0.72	0.33	1	0.33	0.34	0.23	0.89	0.89	
	Escritorio	4	1.5	0.77	1.16	1	1.16	0.34	0.79	3.10	12.38	15.44
											Σ	317.68

Tabla 2-5 Resultados de la aplicación del método de *Guerchet* (con K2)
Fuente: elaboración propia

Área	Maquinaria y equipo	Cantidad	Medidas (m)		Ss	N	Sg	K2	Se	St	Sto	Std (m ²)
Diseño y digitalización	Mesa 1	1	2.3	1.1	2.53	1	2.53	0.51	2.58	7.64	7.64	
	Pantalla digitalizadora	1	0.9	0.74	0.67	1	0.67	0.51	0.68	2.01	2.01	
	Plotter	1	2.3	0.8	1.84	1	1.84	0.51	1.88	5.56	5.56	
	Escritorio	1	1.5	0.77	1.16	1	1.16	0.51	1.18	3.49	3.49	18.70
Corte	Mesa 2	2	9.79	2.05	20.07	1	20.07	0.51	20.47	60.61	121.22	
	Anaquelel 1	1	6.02	1.22	7.34	1	7.34	0.51	7.49	22.18	22.18	
	Mesa 3	2	2.45	1.22	2.99	1	2.99	0.51	3.05	9.03	18.05	161.45
Costura	Máquina de coser	21	1.2	0.5	0.60	1	0.60	0.51	0.61	1.81	38.05	
	Máquina para pegar broche	4	0.7	0.41	0.29	1	0.29	0.51	0.29	0.87	3.47	
	Anaquelel 3	1	2.54	0.76	1.93	1	1.93	0.51	1.97	5.83	5.83	47.35
	Mesa 4	1	1.55	1.26	1.95	1	1.95	0.51	1.99	5.90	5.90	
Empaque	Mesa 3	4	2.45	1.22	2.99	1	2.99	0.51	3.05	9.03	36.11	
	Anaquelel 2	1	7.88	1.22	9.61	1	9.61	0.51	9.81	29.03	29.03	
	Rack grande	11	2	0.55	1.10	-	-	-	-	-	12.10	
	Rack pequeño	20	1.6	0.6	0.96	-	-	-	-	-	19.20	96.44
Almacén	Anaquelel 4	1	1.65	0.66	1.09	1	1.09	0.51	1.11	3.29	3.29	
	Escritorio	1	1.5	0.77	1.16	1	1.16	0.51	1.18	3.49	3.49	6.78
Oficina	Archivero grande	2	0.9	0.45	0.41	1	0.41	0.51	0.41	1.22	2.45	
	Archivero pequeño	1	0.46	0.72	0.33	1	0.33	0.51	0.34	1.00	1.00	
	Escritorio	4	1.5	0.77	1.16	1	1.16	0.51	1.18	3.49	13.95	17.40
											Σ	354.01

Finalmente, la suma total de Std en cada caso muestra la superficie total a ocupar de las áreas, en el caso de K1 se obtiene 317.68 m² y para K2 354.01 m². Para decidir con cuál de los dos valores de K se seguirá trabajando se consideran los siguientes factores:

1. Las dimensiones de la bodega son: 16.18 m de ancho por 44.85m de largo más un espacio de 0.85 m por 3.04 m, lo que da una superficie total de 728.26 m², pero como se observa en la figura 1-6 los sanitarios ocupan un espacio de 24.29 m² dentro de las instalaciones de la empresa, por lo tanto, la superficie total disponible es de 703.97 m². Así que la suma de la superficie total de los departamentos (Std) no debe rebasar esa cantidad.
2. Ya que los contenedores, las tarimas y el patín hidráulico, son los objetos que siempre están en constante movimiento y no pertenecen a un departamento en específico, se decidió no considerarlos para el cálculo de superficies mediante el método de *Guerchet*, sin embargo, eso no significa que no se les asigne un área determinada. Lo que se pretende es que al final se coloquen en un lugar estratégico para su uso y manejo dentro de las diferentes áreas.
3. Al almacén de materia prima que se pretende establecer aún no se le asigna una superficie, ya que hasta el momento no requiere de algún objeto fijo, pero posteriormente se tendrá que considerar. Dentro de este departamento se guardarán las cajas de ropa, ya que, aunque los rollos de tela también son materia prima para el proceso, estos generalmente se almacenan en el anaquel 1.
4. De igual manera se pretende establecer el almacén de producto terminado, el cual necesitará del anaquel 4 y un escritorio, siendo estos los objetos fijos que ocupará, sin embargo, requerirá de más espacio, ya que falta tomar en cuenta los objetos móviles, que en este caso son los contenedores con el producto correspondiente.

De acuerdo a los puntos anteriores, se determina que la superficie total disponible no es muy amplia y se tiene que aprovechar al máximo, existe la necesidad de

colocar ciertos objetos en un lugar específico y se tiene que tener un almacén de materia prima y otro de producto terminado para un mejor control, todo esto conlleva a que se requiera de más espacio para colocar aquellos elementos que aún no han sido considerados en el cálculo de superficies pero tienen una importante presencia en el proceso. Así que se trabajara con los datos obtenidos de la tabla 2-4 en el cual se usó el valor de K1 de 0.34, ya que la superficie total ocupada es de 317.68 m² dejando una disponible de 386.28 m², en el cuadro 2-2 se detalla una comparación que se realizó de los dos valores de K.

Cuadro 2-2 Comparación de los resultados según los valores de K
Fuente: elaboración propia

Superficie (m²):	K1	K2
Total de la bodega	728.26	728.26
Ocupada por los sanitarios	24.29	24.29
Real disponible	703.97	703.97
Total ocupada por los departamentos	317.68	354.01
Final disponible	386.28	349.95

Así que ya se tienen los datos de superficie de cada elemento solo falta darle la forma en que estará acomodado cada uno, esto se realizara más adelante ya que primero es importante determinar en qué lugar será asignado cada departamento para luego darle la forma correspondiente, es como si fuera armar un rompecabezas en donde los elementos individuales pueden ser movidos dentro de su misma área para que todos entren en la superficie total disponible, cuidando siempre de las necesidades y requerimientos del proceso y de la misma maquinaria.

2.1.3. Apilamiento de materiales

Delimitar las áreas de una empresa no solo consta del plano horizontal también es importante considerar la parte vertical, delimitando en este caso una altura máxima, en donde el principal factor que debe tomarse en cuenta son las condiciones de seguridad para el trabajador en cuanto carga de materiales, su manejo y altura segura para evitar accidentes laborales.

Estibar y apilar significa acomodar cierto material uno sobre otro, la diferencia es que las estiba se realiza sobre algún objeto de apoyo (una tarima por ejemplo) ya que se requiere de un movimiento constante y su traslado al lugar correspondiente, generalmente es usado en los productos terminados; y el apilamiento genera pilas las cuales pueden ser colocadas directamente en el suelo y se mantienen acomodadas ahí hasta que se requiera quitarlas y moverlas a cierta área, se caracterizan porque se forman para almacenar materiales. Para ambos acomodos es necesario delimitar una altura, para fines más prácticos y como en la mayoría de las empresas la denominan, se le llamara “altura máxima de estiba”, que abarca también la altura máxima de apilamiento. Para mantener una zona de trabajo segura en donde se almacenen y estiben materiales se debe considerar las siguientes condiciones:

- Tener una base segura: el suelo debe ser plano y sólido, si no es así deben colocarse soportes hasta que la superficie quede al mismo nivel.
- Altura segura: se determina de acuerdo a las condiciones de cada centro de trabajo. La altura no debe obstruir la iluminación en el área de trabajo.
- Acomodo: los materiales que son puestos uno encima de otro debe tener un orden de secuencia lógica, si es posible se ponen cruzados, en la parte inferior lo más pesado y en la superior lo menos pesado, esto para evitar la inestabilidad y caída.
- Espacio: es importante que se considere dejar cierto espacio, el cual permita al trabajador la manipulación de los materiales, ya sea manual o con equipo especial.

En la empresa la carga y descarga de cajas, contenedores y tarimas es de manera manual para estibar y apilar, el procedimiento de carga manual consiste en pararse de frente junto con el material y colocarlo sobre el piso o bien otro material, cuando se llega a cierta altura se estiran los brazos al máximo y de igual manera se coloca el material en el lugar correspondiente, para la descarga manual es el mismo procedimiento solo que se comienza a bajar el material desde la parte más alta de la estiba o pila hasta terminar con lo que se encuentra en la parte inferior. De la

carga y descarga de materiales aproximadamente el 95% es realizado por hombres y el otro 5% lo ejecutan las mujeres en las actividades complementarias de producción, así que para determinar la altura promedio de estiba se tomaron datos de un estudio antropométrico de la población mexicana masculina laboralmente productiva, véase la tabla 2-6.

Tabla 2-6 Dimensiones antropométricas espécimen de pie (Elizalde, 2015)

Descripción	Percentil (5%)	Percentil (50%)	Percentil (95%)
Peso (kg)	55.46	70.26	96.55
Estatura (cm)	162.12	170.86	185.67
Altura de pie			
Ojos (cm)	151.28	159.14	174.36
Hombros (cm)	132.46	141.03	155.29
Codos (cm)	94.78	103.45	117.16
Cintura (cm)	96.29	105.36	120.32
Trasero (cm)	57.34	65.39	80.15
Muñeca (cm)	63.43	70.92	85.31
Ancho de brazos extendidos (cm)	146.23	154.78	176.14
Longitud de brazos extendidos (cm)	56.21	66.89	72.35
Ancho de los hombros (cm)	43.72	55.9	63.34
Ancho del pecho (cm)	37.54	46.62	52.21
Ancho de las caderas (cm)	41.27	52.36	59.83
Ancho de la cabeza (cm)	48.52	58.96	68.35

Aunque el autor de este estudio recomienda utilizar los datos del percentil 95 se ha decidido tomar el percentil 5 y 50 ya que la estatura que se muestra es de 162.12 cm y 170.86 cm respectivamente, lo cual está cerca del rango de estatura promedio del hombre mexicano según la Cámara Nacional de la Industria del vestido (CANAIVE) siendo 1.64 m o bien 164 cm. Para obtener la altura máxima se consideró la altura promedio que va desde los pies hasta los hombros más la longitud promedio de los brazos extendidos, obteniendo una altura de estiba promedio de 1.88m y una máxima de 2.07m, que a continuación se especifican en la tabla 2-7.

Tabla 2-7 Altura promedio y máximo de estiba
Fuente: elaboración propia

Altura de estiba (cm)	Promedio	Máximo
Altura hasta los hombros	132.46	141.03
Longitud de brazos extendidos	56.21	66.89
Σ	188.67	207.92

Ya que se estableció una altura promedio de estiba de 1.88 m, para los elementos móviles a ocupar dentro de la empresa es necesario determinar cuál es el número máximo de objetos a estibar según la altura de cada uno. De acuerdo a los datos obtenidos se desarrolló la tabla 2-8 en donde se especifica la cantidad total de objetos móviles, las unidades por estiba y el total de estibas. En el caso del contenedor del cliente no se especifica la cantidad ya que no es propiedad de la empresa y solo cuando se requiere está dentro de ella.

Tabla 2-8 Especificación de estibas para objetos móviles
Fuente: elaboración propia

Mobiliario y equipo	Cantidad	Medidas (m)			Unidades por estiba	Altura total (m)	Total estibas
		largo	ancho	altura			
Contenedor grande	15	0.8	0.8	0.8	2	1.6	8
Contenedor pequeño	75	0.73	0.43	0.33	6	1.98	13
Tarima de madera	32	1.2	1	0.2	9	1.8	4
Contenedor del cliente	-	0.59	0.5	0.31	6	1.86	-

2.2. Diseño de la redistribución de planta

Aunque el diseño se refiere a la realización de un dibujo que sirve como modelo de la distribución, cuando se habla del diseño de la distribución de planta se hace referencia al acomodo que se le tiene que dar a cada departamento de la empresa. En la actualidad existen muchos métodos de aplicación para obtener una óptima

distribución, algunos de ellos ocupan datos similares lo que permite realizar una comparación en los resultados que arroja cada uno.

Es importante que las áreas se coloquen de acuerdo a las necesidades y requerimientos del proceso, se tienen que analizar los datos con los que se cuenta y manipularlos de tal manera que se obtenga un resultado objetivo y congruente. La distribución que se le dé a todos los departamentos va directamente relacionada con el proceso de producción, ya que es la principal razón por la cual se tiene que llevar a cabo un estudio detallado.

De acuerdo al análisis de los diferentes métodos, su aplicación y el requerimiento de datos de cada uno, se llevará a cabo el desarrollo del método de los eslabones y para complementar se utilizará el software de CORELAP; las dos herramientas ocupan datos parecidos lo cual permitirá comparar resultados. Los datos utilizados son cuantitativos y cualitativos que se obtienen directamente del proceso y de personas que conocen las limitaciones, exigencias y requerimientos del mismo.

2.2.1. Método de los eslabones

Un eslabón consiste en el recorrido que se le da al producto dentro de un proceso, que conecta entre si dos puestos de trabajo. Es usado para mejorar la distribución de planta en las empresas que tienen una ordenación de sus elementos orientada al proceso o como se conoce mejor la distribución por proceso. El objetivo principal de este método es minimizar el recorrido de materiales y personas. Su uso es práctico para organizaciones que trabajan con una pequeña cantidad de productos, ya que una mayor cantidad genera una combinación de acomodo mucho mayor y las diferentes posibilidades aumentan. Como datos de entrada requiere de dos principales elementos: la trayectoria que siguen los diferentes productos y los valores denominados unidades de mantenimiento.

Las unidades de mantenimiento son datos cuantitativos tomados del volumen de producción, peso de los productos, horas-hombre, manejo de materiales, entre otros; el valor de este puede ser cualquier cantidad que determine la empresa o quien este aplicando el método y va enfocado a un criterio que afecte directamente la distribución, el criterio debe ser único para todos los productos, por ejemplo, si se

tienen 15 diferentes productos y se desean tomar las horas-hombre como unidades de mantenimiento, se tomaran las horas-hombre para los 15 productos en todos los pasos de la aplicación del método.

Los datos obtenidos se combinan y se concentran en una matriz, finalmente se realiza una serie de combinaciones para obtener un resultado óptimo de acuerdo a los datos con los que se trabajó. Como única limitación que se tiene es en la etapa final, en donde se generan diversas combinaciones y se tiene que estar manipulando el acomodo para encontrar la mejor opción de entre todas las demás. Para llevar a cabo este método se siguen los siguientes pasos:

1. **Reunir los datos necesarios:** tipo de productos que maneja la empresa y la trayectoria que siguen, volumen de producción, su peso, las facilidades de manejo, horas-hombre, horas-máquina y todos aquellos factores que considere necesario la empresa para calcular las unidades de mantenimiento que van directamente relacionados con el proceso.
2. **Clasificar los datos:** en un cuadro de relación se concentran todos los datos recabados: cantidad de productos, trayectoria o secuencia que sigue cada producto por los diferentes procesos y la cantidad de unidades de mantenimiento asignadas para cada producto, se muestra un ejemplo en el cuadro 2-3, donde “P” es el proceso y “n” cantidad total de las unidades de mantenimiento de cada producto.

Cuadro 2-3 Ejemplo de la secuencia y unidades de mantenimiento en n productos
Fuente: elaboración propia

Producto	Secuencia					Unidades de mantenimiento
1	P1	P2	P3	...	Pn	n1
2	P1	P2	P3	...	Pn	n2
3	P1	P2	P3	...	Pn	n3
4	P1	P2	P3	...	Pn	n4
...	P1	P2	P3	...	Pn	...
n	P1	P2	P3	...	Pn	nn

3. **Elaboración de la matriz:** ya que se tienen los datos necesarios se usan para llenar la matriz, en la figura 2-1 se ejemplifica la elaboración de la matriz para un mejor entendimiento de este. Donde “x” resulta de la suma de las

unidades de mantenimiento (“n1, n2, n3, n4...”)

que pasan por los diferentes procesos, por ejemplo si solo los productos 3 y 4 pasan de P1 a P2, entonces en “x1” se suman las unidades de mantenimiento del producto 3 y 4, y así sucesivamente; y “z” se obtiene sumando las filas y columnas adyacentes a cada cuadro como lo muestran las flechas de la figura 2-1. La matriz se llena de arriba hacia abajo o viceversa y de izquierda a derecha, todo dependerá del proceso de producción, los productos y la trayectoria que siguen.

	P1	P2	P3	P4	...	Pn
Pn	x	x	x	x	x	z
...	x	x	x	x	z	
P4	x	x	x	z		
P3	x	x	$\Sigma=z$			
P2	$n3+n4=x1$	z				
P1	z					

Figura 2-1 Ejemplo de una matriz de relación entre procesos (desde-hacia)
Fuente: elaboración propia

4. **Acomodo:** Finalmente, los procesos que corresponden a un área en específico son acomodados, el orden en el que se colocan va de acuerdo a los resultados de la matriz de los valores de “x”, los cuales indican la cantidad total de unidades de mantenimiento sumadas que provienen de la relación que existe entre procesos. Se comienza por los valores más altos seguidos de los de menor valor hasta haber contemplado a todos. Por ejemplo, si en la intersección de P2 y P4 resulto un valor más grande que los demás, entonces indica que estos dos procesos o departamentos tienen que estar juntos para cumplir con el objetivo de la distancia más corta entre áreas de trabajo. En la figura 2-2 se muestra un pequeño ejemplo de las posibles opciones de acomodo de los diferentes procesos.

El acomodo que se realiza en esta etapa se puede cambiar y combinar las veces que sea necesaria, hasta obtener el resultado que mejor cumpla las exigencias del proceso. El valor de “z” indica la cantidad de unidades de mantenimiento que pasan por cierto departamento, es decir lo que recibe del

proceso anterior y tiene que entregar al siguiente, como mejor se le conoce en este método la “intensidad de tráfico”.

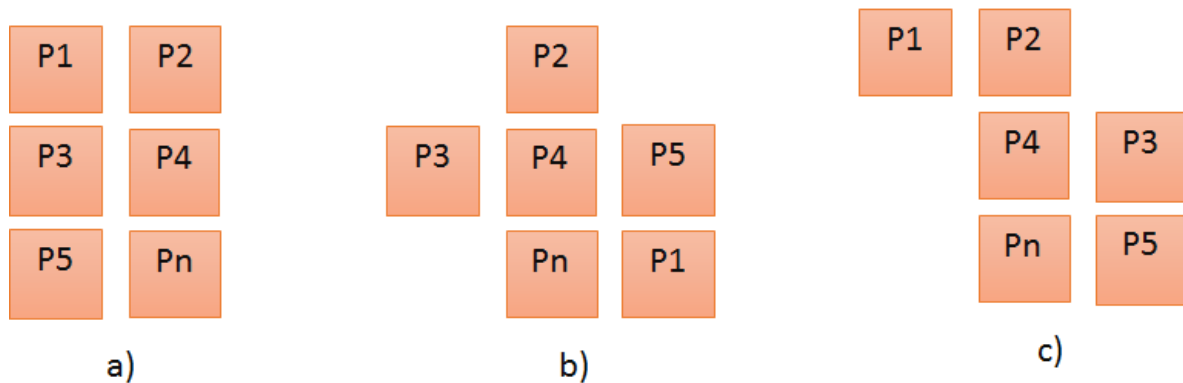


Figura 2-2 Ejemplo de posibles distribuciones
Fuente: elaboración propia

2.2.2. Aplicación del método de los eslabones

En la empresa la distribución que se tiene es por proceso, esto de acuerdo a la información recabada, y por el tipo de productos con los que trabaja, la cantidad de maquinaria y personal con el que cuenta, el volumen de producción que maneja, y la demanda que tiene, se determina que el tipo de distribución que tiene hasta ahora es el correcto y se tiene que mantener, lo único que necesita es el acomodo de sus diferentes áreas. Ya que el método de eslabones es el más indicado para este tipo de distribución se aplicará para obtener algunas opciones de colocación de los diferentes departamentos.

Es muy importante que se consideren todos los factores necesarios para la aplicación de este método, puesto que cualquier elemento que se omita puede afectar al resultado final; así que para la empresa se consideran los cuatro productos: PA1, PA2, PB y PC, ya que de acuerdo a la clasificación de cada uno PA2 no pasa por el área de costura de la empresa, por lo tanto tiene una ruta distinta de PA1.

En la figura 2-3 se muestran las rutas que sigue cada producto por las diferentes áreas de acuerdo a las condiciones actuales en las que trabaja la empresa, pero también se presenta la propuesta de recorrido para cada uno en la figura 2-4.

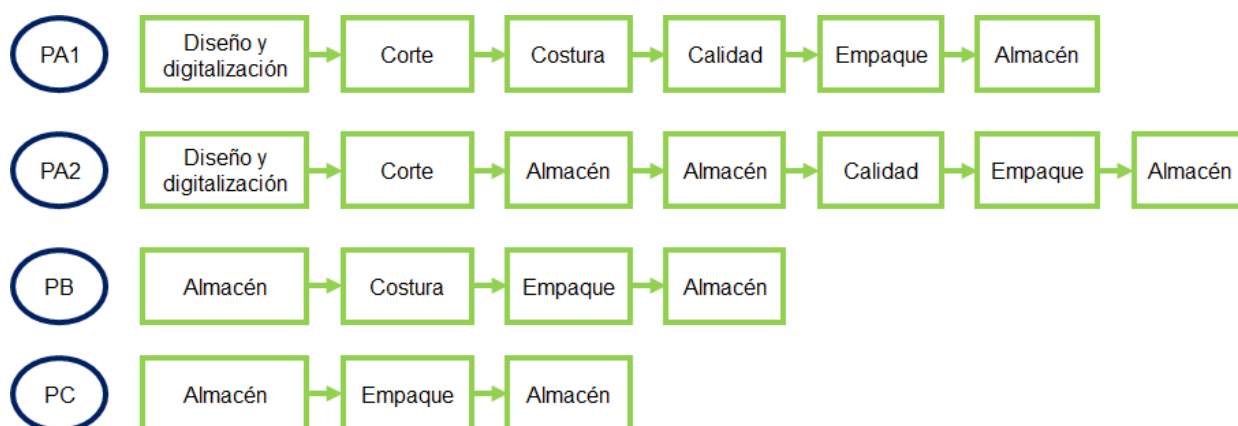


Figura 2-3 Trayectoria de los productos PA1, PA2, PB y PC (actual)
Fuente: elaboración propia

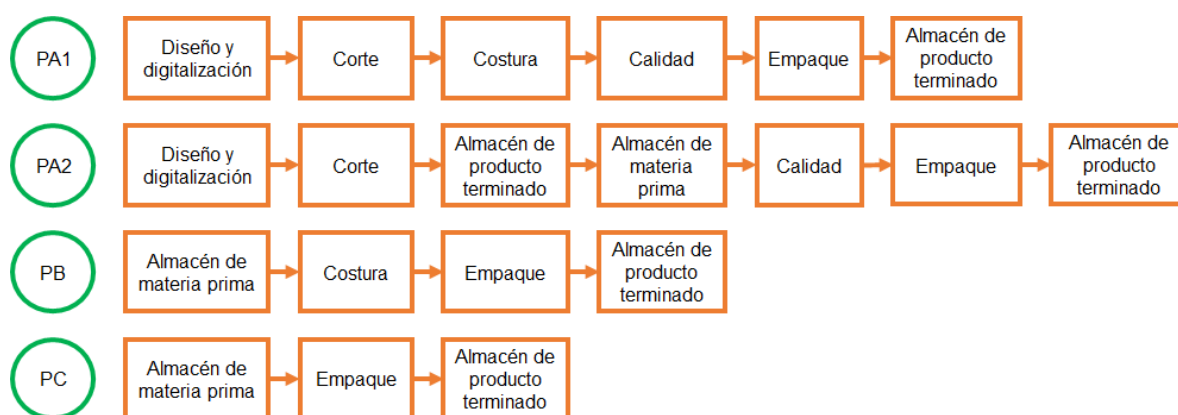


Figura 2-4 Trayectoria de los productos PA1, PA2, PB y PC (propuesto)
Fuente: elaboración propia

Las unidades de mantenimiento serán tomadas de los porcentajes proporcionados por la empresa en cuanto a cantidad de producto con el que se trabaja, por ejemplo, suponiendo que el volumen de producción semanal fuera de 10,000 prendas, de las cuales el 67.9% corresponderían al producto PC es decir 6,790 prendas, y así sucesivamente con los demás productos. Se usarán esos porcentajes ya que no se cuenta con datos exactos en cuanto a peso o manejo de los materiales, debido a que se trabaja con prendas de vestir que siempre están en constante cambio (desde modelos hasta tela), y la demanda que se tiene de los diferentes productos es intermitente. Para el producto PA1 será considerado 9.2 unidades de mantenimiento, PA2 con 3.1, PB con 19.8 y PC con 67.9, en el cuadro 2-4 y 2-5 se muestran la información correspondiente.

Cuadro 2-4 Secuencia y unidades de mantenimiento de cada producto (actual)
Fuente: elaboración propia

Producto	Secuencia							Unidades de mantenimiento
PA1	B	C	D	E	F	A		9.2
PA2	B	C	A	A	E	F	A	3.1
PB	A	D	F	A				19.8
PC	A	F	A					67.9

Donde:

A= Almacén general

D= Costura

B= Diseño y digitalización

E= Calidad

C= Corte

F= Empaque

Cuadro 2-5 Secuencia y unidades de mantenimiento de cada producto (propuesto)
Fuente: elaboración propia

Producto	Secuencia							Unidades de mantenimiento
PA1	B	C	D	E	F	G		9.2
PA2	B	C	G	AP	E	F	G	3.1
PB	AP	D	F	G				19.8
PC	AP	F	G					67.9

Donde:

AP= Almacén de materias primas

E=Calidad

B= Diseño y digitalización

F=Empaque

C= Corte

G=Almacén de productos terminados

D=Costura

 Trayectoria que ocurre fuera de la empresa

Como se observa el producto PA1 y PA2 no comienzan por el almacén general y el almacén de materias primas respectivamente, esto se debe a que para este tipo de productos la materia prima que ocupa son los rollos de tela y estos se almacenan directamente en el anaquel 1 que corresponde al área de corte. Sin embargo se requiere primero de diseñar y digitalizar los trazos para luego pasar a corte, por eso la secuencia del producto PA1 es BC, CD, DE, EF y FA (actual), y BC, CD, DE, EF y FG (propuesto); para PA2 la ruta que sigue es BC, CA, AE, EF y FA (actual), y

BC, CG, AE, EF y FG (propuesto), ya que se confecciona con una persona externa después del área de corte los materiales pasan al almacén de productos terminados para ser llevados al maquilero y nuevamente regresan como materia prima para pasar a calidad y seguir con la ruta correspondiente.

Aunque los productos PB y PC requieren de un desplazamiento más corto se tiene mayor cantidad de este tipo de productos, así que cuando se realice el respectivo acomodo se les dará prioridad en cuanto a cercanía de los departamentos que ocupa. Ya que se tienen colocados los datos se procede a llenar una primera matriz, donde se indica la cantidad de veces en la que los diferentes productos pasan de un departamento a otro (veces que se repite la ruta de un área a otro), esto se representa mediante “I” en la figura 2-5 para las condiciones actuales y en la figura 2-6 para lo que se propone, por ejemplo en ambas matrices, en la ruta EF pasan los productos PA1 y PA2 entonces en la intersección de EF se coloca II o lo que es igual a 2.

	A	B	C	D	E	F
F	IIII			I	II	8
E	I			I	4	
D	I		I	4		
C		II	3			
B		2				
A	7					

Figura 2-5 Matriz de relación desde-hacia: veces repetidas de una ruta a otra (actual); Fuente: elaboración propia

	A	B	C	D	E	F	G
G			I			IIII	5
F	I			I	II	8	
E	I			I	4		
D	I		I	4			
C		II	4				
B		2					
A	3						

Figura 2-6 Matriz de relación desde-hacia: veces repetidas de una ruta a otra (propuesta); Fuente: elaboración propia

Mediante el valor de la suma final que se colocó en la casilla correspondiente a la última diagonal que se forma, se puede observar que en la matriz con las condiciones actuales el área de empaque tiene hasta el momento la mayor intensidad de tráfico con un valor de 8, lo mismo ocurre con la matriz propuesta.

Ya que se tienen identificados cuántos y cuáles serán las unidades de mantenimiento que se tomaran, entonces se realizan las sumas correspondientes. De acuerdo a lo obtenido en las matrices de relación entre departamentos de la figura 2-5 y 2-6, indica que aún no es posible realizar un acomodo que arroje resultados confiables, ya que en la mayoría de las intersecciones se repiten los mismos valores y eso dificulta priorizar el orden de los acomodados. En la figura 2-5 los departamentos con la mayor intensidad de tráfico son: empaque (F) y después el almacén general (A), en la figura 2-6 son: empaque (F), después almacén de productos terminados (G) y el almacén de materias primas (A); lo que significa que el proceso que los antecede les entrega una gran cantidad de productos del total que maneja la empresa y estos a su vez tiene que entregar la misma cantidad al siguiente departamento.

La ruta FA que corresponde del área de empaque hacia el almacén general indica que todos los productos tienen que “regresar” a un área que se considera el inicio del proceso de producción. La matriz permite colocar los datos correspondientes, aunque en la intersección AF o bien FA se junta la ruta de 5 productos, aunque solo uno es de AF y los cuatro restantes son de FA.

Cada valor dentro de la matriz en donde se intercede un proceso con otro se realizó el mismo procedimiento, es decir la suma de las unidades de mantenimiento según la ruta que sigue cada producto. La única secuencia que no se pudo colocar dentro de la matriz corresponde al producto PA2, en donde se tiene la ruta “A-A” (actual) y “G-A” (propuesto), aunque esa es la trayectoria correspondiente no se realiza directamente dentro de la empresa, es decir del almacén (general o de productos terminados) salen de la empresa los respectivos materiales y regresan a la empresa para ser colocados nuevamente en el almacén (general o de materias primas).

En las matrices con condiciones actuales y propuestas (figura 2-7 y 2-8) todos los productos pasan del proceso FA y FG respectivamente, así que en esa intersección resulto el valor más grande:

$$FA = 9.2 + 3.1 + 19.8 + 67.9 + 67.9$$

$$FG = 9.2 + 3.1 + 19.8 + 67.9$$

$$FA = 167.9$$

$$FG = 100$$

	A	B	C	D	E	F
F	167.9			19.8	12.3	200
E				9.2	21.5	
D	19.8		9.2	58		
C		12.3	21.5			
B		12.3				
A	187.7					

Figura 2-7 Matriz de relación desde-hacia: total de unidades de mantenimiento e intensidad de tráfico (actual)

Fuente: elaboración propia

	A	B	C	D	E	F	G
G			3.1			100	103.1
F	67.9			19.8	12.3	200	
E	3.1			9.2	24.6		
D	19.8		9.2	58			
C		12.3	24.6				
B		12.3					
A	90.8						

Figura 2-8 Matriz de relación desde-hacia: total de unidades de mantenimiento e intensidad de tráfico (propuesto)

Fuente: elaboración propia

Con lo que se tiene hasta el momento, ya se puede realizar el acomodo de los diferentes departamentos de la empresa. Los valores se toman de mayor a menor para comenzar a distribuir cada área.

Entonces el área de empaque (F) y el almacén general (A) tienen que estar juntos, después costura (D) tiene que estar cerca del almacén pero a la vez cerca de

empaques, esto para lo que se tiene actualmente; y para la opción que se propone, el área de empaque (F) y el almacén de productos terminados (G) tienen que estar juntos, después el almacén de materias primas (A) con empaque (F), y así sucesivamente con cada área para ambas opciones hasta tener distribuidas todas. Los departamentos se representan por figuras cuadradas, aunque en la realidad la forma de cada área es diferente y no necesariamente se tiene una estructura regular y cuadrada.

Ya se tiene el primer diseño de distribución, pero la aplicación de este método permite encontrar más de una solución mediante una serie de combinaciones que se realizan a prueba y error para encontrar de entre ellas la mejor posible o la que cumpla con la mayor cantidad de requerimientos del proceso de producción. Ya que para representar los departamentos se usan cuadrados, el acomodo que se realice tiene que ser lineal formando filas y columnas entre sí, debido a que hasta el momento no se tiene la forma de cada área. En la figura 2-9 y 2-10 se presentan cuatro posibles soluciones de acomodo en cada una, en donde se siguió el orden de importancia según los valores de la matriz, para cada opción también se indican con unas flechas la trayectoria que siguen los productos.

De acuerdo a los diferentes resultados obtenidos, hasta el momento se tienen 8 combinaciones diferentes, de las cuales en las 4 de la figura 2-10 se aprecia que el almacén de materia prima y el de producto terminado no están juntos en ninguna opción, mientras que en la figura 2-9 el almacén se considera como único. Para seleccionar con cuál de las opciones se debe seguir trabajando en métodos posteriores se tienen que reducir al mínimo las opciones para elegir la mejor de ellas. Así que se evalúan los siguientes factores, que son de suma importancia de acuerdo a la situación de la empresa:

- 1) La bodega que se renta cuenta solamente con una entrada, en donde entran y salen los productos, materiales y personas, también es utilizado para la carga y descarga de materiales.

- 2) La forma de la bodega es rectangular y dentro de ella ya están instalados los sanitarios, así que cualquier acomodo se debe adaptar a la forma y al espacio disponible que se tiene.
- 3) Para el acomodo de los diferentes departamentos el método de los eslabones solo considera aquellos que están directamente relacionados con la producción, así que la única área que falta colocar en la distribución es la oficina.
- 4) El área de diseño y digitalización debe estar apartada de todo aquel movimiento constante, ya que las maquinas que se ocupan son muy delicadas y costosas y cualquier golpe por mínimo que sea puede ocasionar un daño.

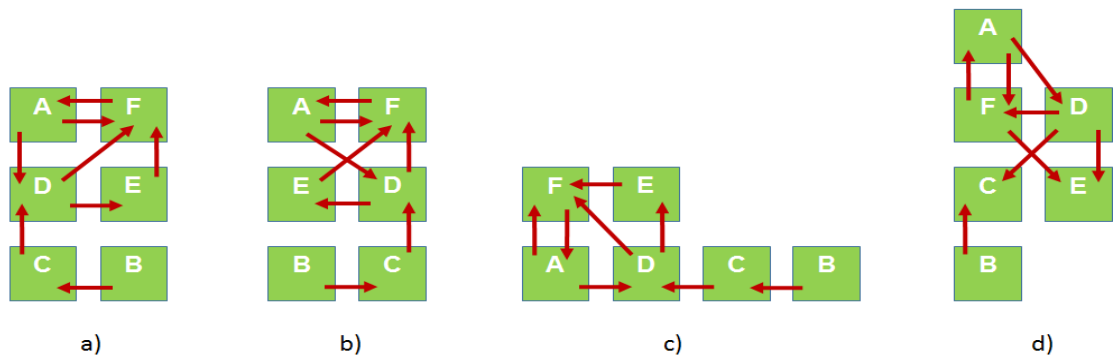


Figura 2-9 Opciones de diseño de distribución según las condiciones actuales

Fuente: elaboración propia

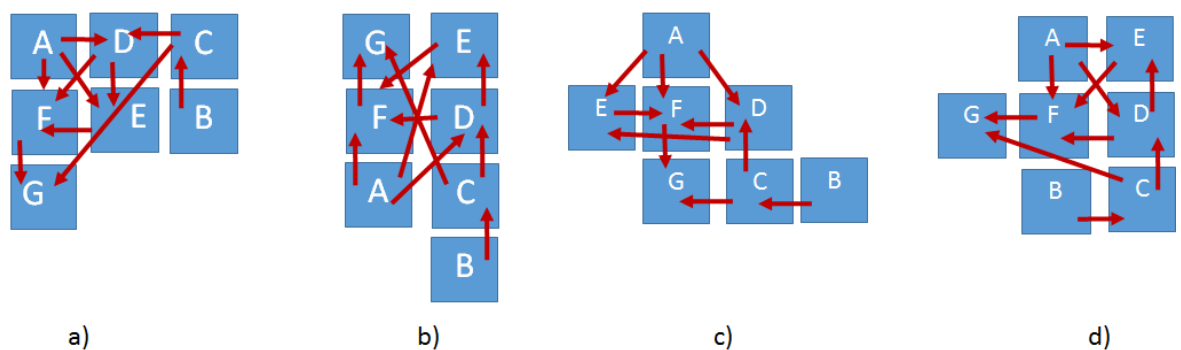


Figura 2-10 Opciones de diseño de distribución según las condiciones propuestas

Fuente: elaboración propia

Estos cuatro factores llevan a considerar que el almacén debe colocarse muy cerca de la entrada ya que el espacio disponible que se tiene no es muy grande por lo tanto no se pueden poner demasiados pasillos en el interior para el transporte constante de materiales, teniendo en consideración que el acomodo que se realice debe respetar los espacios disponibles como posible ruta de evacuación para los trabajadores en caso de alguna emergencia; el acomodo que se elija debe acoplarse a las limitaciones que se tiene en cuanto a dimensiones; es necesario ubicar la oficina en alguna parte, ya que también ocupa un espacio físico; si es posible el área de diseño y digitalización se coloque en una esquina del fondo, donde exista el minio movimiento de materiales y personas. De acuerdo a esta valoración se decide trabajar con las condiciones actuales que tiene la empresa, es decir con el almacén general, con la condición de que al final se realice la respectiva división de este, en donde se asigne un área a la materia prima y otro a productos terminados. Así que las opciones se reducen a 4, pero estas también se tienen que evaluar.

Según los factores descritos anteriormente, hasta el momento las cuatro opciones que se tienen son buenas y cumplen con ciertas limitaciones, ya que en todas el almacén (A) se encuentra en un extremo lo que indica que puede ser ubicado cerca de la puerta, el área de diseño y digitalización está en una esquina lejos del movimiento como lo indican las flechas, solo falta evaluar la forma y las dimensiones reales de cada departamento para saber cuál de las opciones es la mejor, antes de realizar esto se realizaran diseños de distribución con un software para realizar una comparación y asegurarse de que se cumpla con la mayoría de exigencias del proceso y los productos.

2.2.3. CORELAP

En la actualidad la tecnología ha permitido desarrollar programas de computadora para facilitar el trabajo manual, pero sobre todo son de gran ayuda para la solución de algoritmos que suelen ser muy extensos y laboriosos, es por ello que día a día se busca encontrar mejoras basándose en la tecnología para que el desarrollo de métodos sea mucho más fácil y sobre todo rápido. Para el diseño de la distribución

de planta existen muchos softwares, los cuales utilizan métodos cuantitativos, pero también los hay con datos cualitativos, incluso aquellos que utilizan de los dos tipos de datos.

Corelap por sus siglas en inglés *Computerized Relationship Layout Planning* o planificación computarizada de distribución por relaciones, tuvo su origen en el departamento de Ingeniería Industrial de la *Northeastern University*, bajo la jefatura del profesor James Moore (De la Fuente García & Fernández Quesada, 2005, pág. 94). El software como datos iniciales requiere de la cantidad total de departamentos y sus respectivas dimensiones, después mediante una matriz de relación se llenan los espacios con un orden de importancia que va desde muy importante hasta no deseable. Para determinar el orden de importancia entre un departamento y otro es necesario guiarse con los requerimientos del proceso y de los diferentes productos. El resultado que arroja no considera las dimensiones reales de cada departamento y el de planta, solo muestra cuadros enumerados que indican la posición de cada departamento, por lo tanto, al final tal vez sea necesario realizar algún pequeño reajuste.

El algoritmo que lleva a cabo este software convierte los datos cualitativos en cuantitativos, esto para establecer cuál será el primer departamento a colocar, cual después y así sucesivamente. Los pasos para el desarrollo de esta herramienta son los siguientes (para el ejemplo grafico ver ilustración 2-1):

1. Introducir la cantidad de departamentos necesarios.
2. Colocar el nombre de cada departamento y las dimensiones en m^2 que ocupa, así como la dimensión total de la planta.

En esa parte viene una tabla la cual muestra que A=6 lo que significa muy importante, y así sucesivamente hasta llegar a X=1 que es indeseable, pero se tiene como opción modificar esa tabla colocando en cada criterio valores propios.

3. Ya que se ha definido cuántos y cuáles son los departamentos, lo siguiente es llenar la matriz de relación entre departamentos, en el cual se colocan las

letras que van de A hasta X, esto dependiendo del orden de importancia que se le dé a cada uno.

- Ya que se llena la matriz se prosigue a observar los resultados en donde se muestra una tabla con un valor llamado TCR, el cual resulta de la suma de los valores acumulados según el valor de A, E, I, O, U y X. Cuando el TCR entre dos departamentos es el mismo, el orden de prioridad se obtiene mediante la superficie total requerida que va de mayor a menor.

1 Initial setup screen. Title: CORELAP 01. Subtitle: ¿Cuántos departamentos quiere implantar? (How many departments do you want to implement?). Input: 5. Buttons: CONTINUAR (Continue), RETROCEDER (Go Back), Continuar Planificación (Continue Planning).

2 Data entry screen. Title: CORELAP. Subtitle: ¿Cuántos departamentos quiere implantar? (How many departments do you want to implement?). Input: 5. Buttons: CONTINUAR (Continue), RETROCEDER (Go Back). Table: Nombre Departamentico (Department Name), Tamaño Depart. m2 (Department Size m2).

Nombre Departamentico	Tamaño Depart. m2
1 A	28
2 B	115
3 C	34
4 D	87
5 E	63

Superficie Disponible: 327
Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.
A = 0, E = 5, I = 4, O = 3, U = 2, X = 1
El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

Buttons: CONTINUAR (Continue), RETROCEDER (Go Back), Continuar Planificación (Continue Planning).

3 Relationship matrix screen. Title: CORELAP 01, Planificación. Subtitle: ¿Cuántos departamentos quiere implantar? (How many departments do you want to implement?). Input: 5. Buttons: CONTINUAR (Continue), RETROCEDER (Go Back), SEGUIR >>> (Next). Table: Nombre Departamentos (Department Names), Tamaño Depart. m2 (Department Size m2).

Nombre Departamentos	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5
1 A	28	A	E	X	U	
2 B	115		O	I	E	
3 C	34			I	X	
4 D	87					A
5 E	63					

Buttons: CONTINUAR (Continue), RETROCEDER (Go Back), SEGUIR >>> (Next).

4 Sorting screen. Title: CORELAP 01, Presente. Subtitle: ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA (Sorting of departments by importance). Table: Orden (Order), Nombre (Name), TCR (TCR), Superficie m2 (Area m2).

Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	B	18	115
2.-	D	15	87
3.-	E	14	63
4.-	A	14	28
5.-	C	13	34

Buttons: Solución Gráfica (Graphic Solution), Presentar Solución Gráfica (Present Graphic Solution).
Superficie Requerida < Disponible (Required Area < Available Area)
Superficie Requerida: 327
Superficie Disponible: 327

5 Layout screen. Title: CORELAP 01, Presente. Subtitle: LAYOUT ADECUADO (Suitable Layout). Table: 1.- 2, 2.- 1, 3.- 3, 4.- 4, 5.- 5. Diagram: A layout diagram showing the arrangement of departments 1, 2, 3, 4, and 5. Buttons: Ver Iteraciones (View Iterations), Imprimir (Print), Imprimir Solución (Print Solution).

Ilustración 2-1 Ejemplo de los pasos a seguir para el desarrollo de CORELAP

5. Finalmente muestra el *layout* adecuado según los datos asignados anteriormente, como se muestra en el ejemplo la forma que se tienen es un tanto irregular y los departamentos acomodados se muestran por medio de cuadros, así que de acuerdo a ese resultado posteriormente se tendrán que realizar los ajustes necesarios de acuerdo a las dimensiones y formas reales. Aunque el software detecte que la superficie total requerida es mayor a la superficie disponible continua con el procedimiento, marcando en letras azules cuando la superficie requerida es menor o igual a la disponible, de lo contrario se marca en color rojo, como ejemplo se muestra la ilustración 2-2. La superficie requerida y la disponible sirven de guía para ver si lo que se requiere es mayor o menor a lo que se tiene hasta el momento, en caso de que no se tenga el espacio que se necesita es importante que la empresa busque alguna alternativa de solución para este caso.

Panel	Superficie Requerida	Superficie Disponible	Comparación
1	327	300	Superficie Requerida > Superficie Disponible
2	327	327	Superficie Requerida < Superficie Disponible
3	327	400	Superficie Requerida < Superficie Disponible

Ilustración 2-2 Ejemplo de superficie requerida menor, igual o mayor que la disponible según CORELAP

2.2.4. Aplicación de CORELAP

La gran ventaja que tiene el software es que se pueden colocar todos los departamentos de la empresa, incluyendo aquellos que son de apoyo a producción como las oficinas, por ejemplo. La única desventaja que se tendría al aplicar el software en la empresa en donde se realiza el proyecto es que los sanitarios ya

están establecidos en un lugar, así que en el resultado final tal vez sea necesario realizar algún pequeño reacomodo de los departamentos.

The image shows two screenshots of the CORELAP application interface. The top screenshot shows Step 1: '¿Cuántos departamentos quiere implantar?' with the value '7' entered and buttons for 'CONTINUAR' and 'RETROCEDER'. The bottom screenshot shows Step 2: '¿Cuántos departamentos quiere implantar?' with the value '7' entered and buttons for 'CONTINUAR' and 'RETROCEDER'. Below the question, there is a table with 7 rows and 2 columns: 'Nombre Departamento' and 'Tamaño Depart. m2'. The table lists the following departments and their sizes: 1 Almacén (6.01), 2 Diseño y digitaliza (16.59), 3 Corte (143.28), 4 Costura (42.02), 5 Calidad (5.23), 6 Empaque (89.11), and 7 Oficina (15.44). To the right of the table, there is a section titled 'Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.' which includes a table for relationship weights (A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1) and a text box for 'Superficie Disponible : 703.97'. At the bottom of the interface, there are buttons for 'CONTINUAR', 'RETROCEDER', and 'Continuar Planificación'.

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Almacén	6.01
2	Diseño y digitaliza	16.59
3	Corte	143.28
4	Costura	42.02
5	Calidad	5.23
6	Empaque	89.11
7	Oficina	15.44

Superficie Disponible : 703.97

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

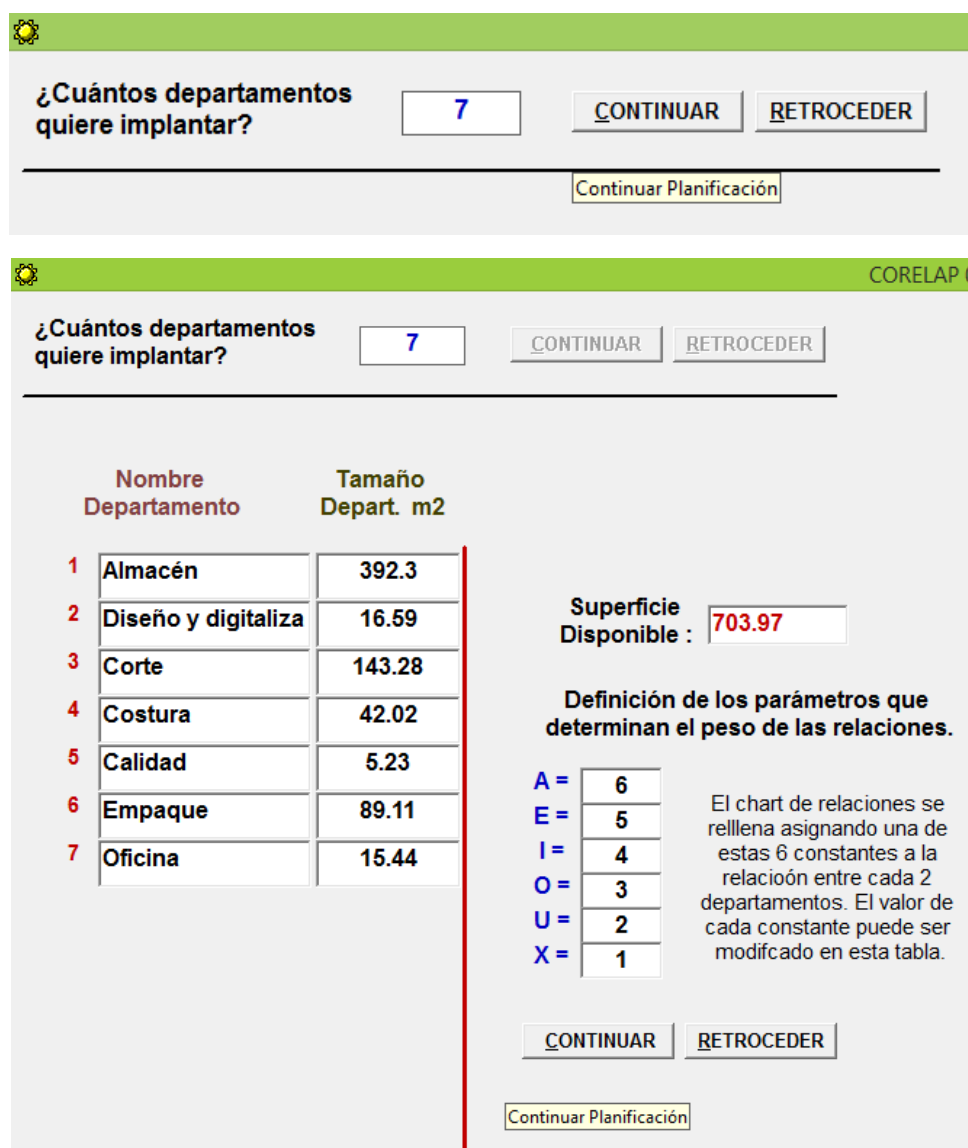
A =	6
E =	5
I =	4
O =	3
U =	2
X =	1

El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

Ilustración 2-3 a) Paso 1 y 2 en la aplicación de CORELAP

Como ya se comprobó en el método de los eslabones no es necesario separar el almacén, pero si es importante dividirlo en materias primas y productos terminados para tener un mejor control de materiales, aunque este se encuentre situado en el

mismo lugar. Así que se trabajara con siete departamentos, los cuales son: almacén, diseño y digitalización, corte, costura, calidad, empaque y oficinas.



¿Cuántos departamentos quiere implantar?

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Almacén	392.3
2	Diseño y digitaliza	16.59
3	Corte	143.28
4	Costura	42.02
5	Calidad	5.23
6	Empaque	89.11
7	Oficina	15.44

Superficie Disponible :

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

A =	6
E =	5
I =	4
O =	3
U =	2
X =	1

El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

Ilustración 2-4 b) Paso 1 y 2 en la aplicación de CORELAP

Las dimensiones de cada departamento serán tomadas de los resultados del método de *Guerchet* descrito anteriormente. Los datos correspondientes se introducen al software, la información se muestra en la ilustración 2-3 y 2-4. Como aún no se tiene definida bien la superficie total que ocupara el almacén, se realizaran dos pruebas en CORELAP, una con 6.01 m² (opción a) que es lo que se tiene hasta ahora y otra con una cantidad mayor, en este caso 392.3 m² (opción b)

que es el espacio total disponible hasta el momento. Esta diferencia de dimensiones servirá para observar si el software toma en consideración la superficie de cada departamento para realizar el *layout* y si existe algún cambio en el resultado final.

Para llenar la matriz de relación entre departamentos se tiene como ayuda el cuadro 2-6, en el que se muestra el orden de importancia que va acompañada de una letra (A, E, I, O, U, X) la cual tiene que ser colocada en los espacios que se generan dentro de la matriz.

Cuadro 2-6 Código de importancia de cercanía o lejanía entre departamentos
Fuente: elaboración propia

Letra	Definición	
A	Absolutamente necesario...	...que los departamentos estén juntos.
E	Especialmente importante...	
I	Importante...	
O	Ordinariamente importante...	
U	Sin importancia...	
X	No deseable...	

Para una mejor toma de decisión también se cuenta con la información del cuadro 2-7, la cual se presenta de acuerdo a las condiciones propias de la empresa, sus procesos y productos. Ahí se muestra cuáles pueden ser los posibles motivos para que un departamento y otro estén cerca o alejados uno del otro, o no tiene importancia que estén juntos.

Cuadro 2-7 Código de razón de cercanía o lejanía entre departamentos
Fuente: elaboración propia

No. Asignado	Factor
1	Mayor flujo de materiales y personas
2	Flujo medio de materiales y personas
3	Flujo bajo o nulo de materiales y personas
4	Proceso consecutivo
5	Control calidad en el proceso
6	Condición de seguridad en la maquinaria

Ya que se cuenta con la información necesaria se procede a llenar la matriz como se muestra en la figura 2-11, en el cual se coloca la letra correspondiente a la

importancia entre departamentos y la razón de cercanía o lejanía, también se llena la matriz del software como se muestra en la ilustración 2-5 y 2-6. La forma de las matrices es un poco distinta pero la información que contienen y la relación entre departamentos es la misma.

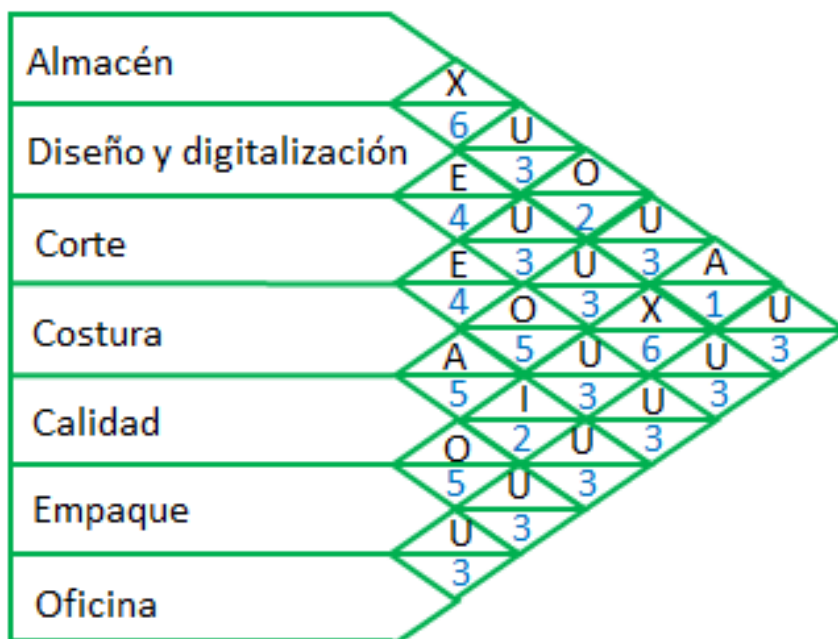


Figura 2-11 Matriz de relación entre departamentos (según importancia y razón)
Fuente: elaboración propia

CORELAP 01_Planteamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7
1 Almacén	6.01		X	U	O	U	A	U
2 Diseño y digitaliza	16.59			E	U	U	X	U
3 Corte	143.28				E	O	U	U
4 Costura	42.02					A	I	U
5 Calidad	5.23						O	U
6 Empaque	89.11							U
7 Oficina	15.44							

Ilustración 2-5 a) Matriz de relación entre departamentos (paso 3 en CORELAP)

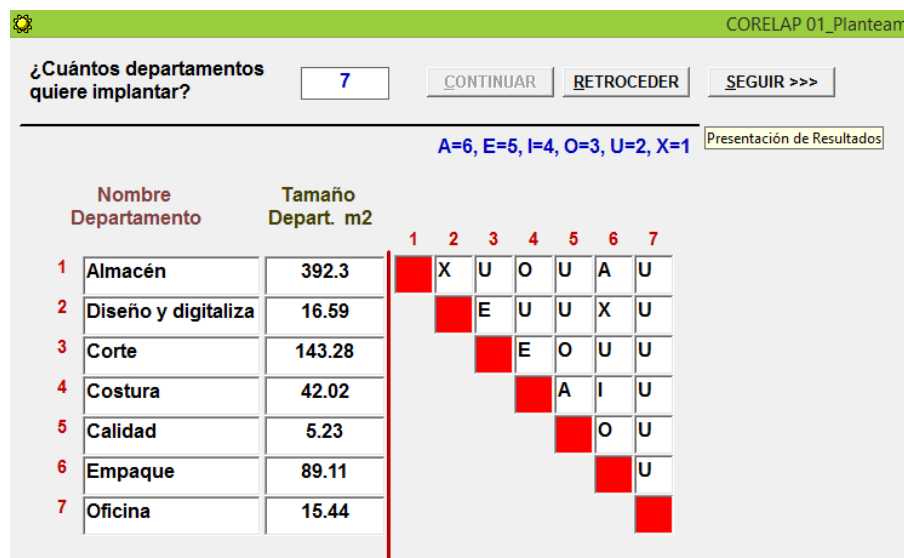


Ilustración 2-6 b) Matriz de relación entre departamentos (paso 3 en CORELAP)

Después de que se llena la matriz correspondiente, el programa de CORELAP arroja la ordenación de los departamentos según el valor del TCR de mayor a menor, siendo este el resultado de la suma total de los valores de A, E, I, O, U, X los cuales son colocados dentro de los espacios de la matriz y corresponden a cada departamento, por ejemplo costura es el número 1 en el orden asignado por el software, esta área según las letras asignadas dentro de la matriz tiene en la parte vertical O, U, E y en la horizontal A, I, U, los cuales corresponden a los valores de 3, 2, 5 y 6, 4, 2 respectivamente, que sumados se obtiene 22 siendo esta la cantidad más alta de entre los siete departamentos por eso se coloca como el primero, y así sucesivamente se realiza con cada uno de los departamentos.

En la ilustración 2-7 y 2-8 se muestran los resultados correspondientes. En la parte inferior derecha de la primera ilustración se observa que la superficie requerida es menor a la superficie disponible, por lo tanto, todos los departamentos pueden ser colocados en el espacio disponible que tiene la empresa actualmente, mientras que en la segunda ilustración, aunque la cantidad de la superficie requerida es igual a la disponible el software marca como si fuese lo contrario (más adelante se observa que este factor no altera los resultados). También se puede ver que en la opción a) y b) los resultados no cambian, es decir, aunque la superficie del almacén es distinta

en cada caso el software solo toma en consideración la matriz de relación y no el tamaño de los departamentos para realizar la respectiva ordenación.

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Costura	22	42.02
2.-	Corte	19	143.28
3.-	Empaque	18	89.11
4.-	Calidad	18	5.23
5.-	Almacén	16	6.01
6.-	Diseño y digitaliza	13	16.59
7.-	Oficina	12	15.44

Solución Gráfica

Presentar Solución Gráfica

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:
317.68

Superficie Disponible:
703.97

Ilustración 2-7 a) Ordenación de los departamentos por importancia (paso 4 CORELAP)

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Costura	22	42.02
2.-	Corte	19	143.28
3.-	Empaque	18	89.11
4.-	Calidad	18	5.23
5.-	Almacén	16	392.3
6.-	Diseño y digitaliza	13	16.59
7.-	Oficina	12	15.44

Solución Gráfica

Presentar Solución Gráfica

Superficie Requerida > Superficie Disponible

Superficie Requerida:
703.97

Superficie Disponible:
703.97

Ilustración 2-8 b) Ordenación de los departamentos por importancia (paso 4 CORELAP)

Finalmente, el software arroja el resultado con el *layout* adecuado como se puede observar en la ilustración 2-9; para ambos casos en donde el almacén se trabajó con una superficie de 6.01 m² y 392.3 m² el resultado fue el mismo. La solución que arroja es buena, ya que diseño y digitalización los coloca hasta el fondo donde casi no hay movimiento de materiales, y el almacén queda del otro lado simulando que está cerca de la puerta lo cual es bueno ya que es la única entrada y salida en toda la bodega.

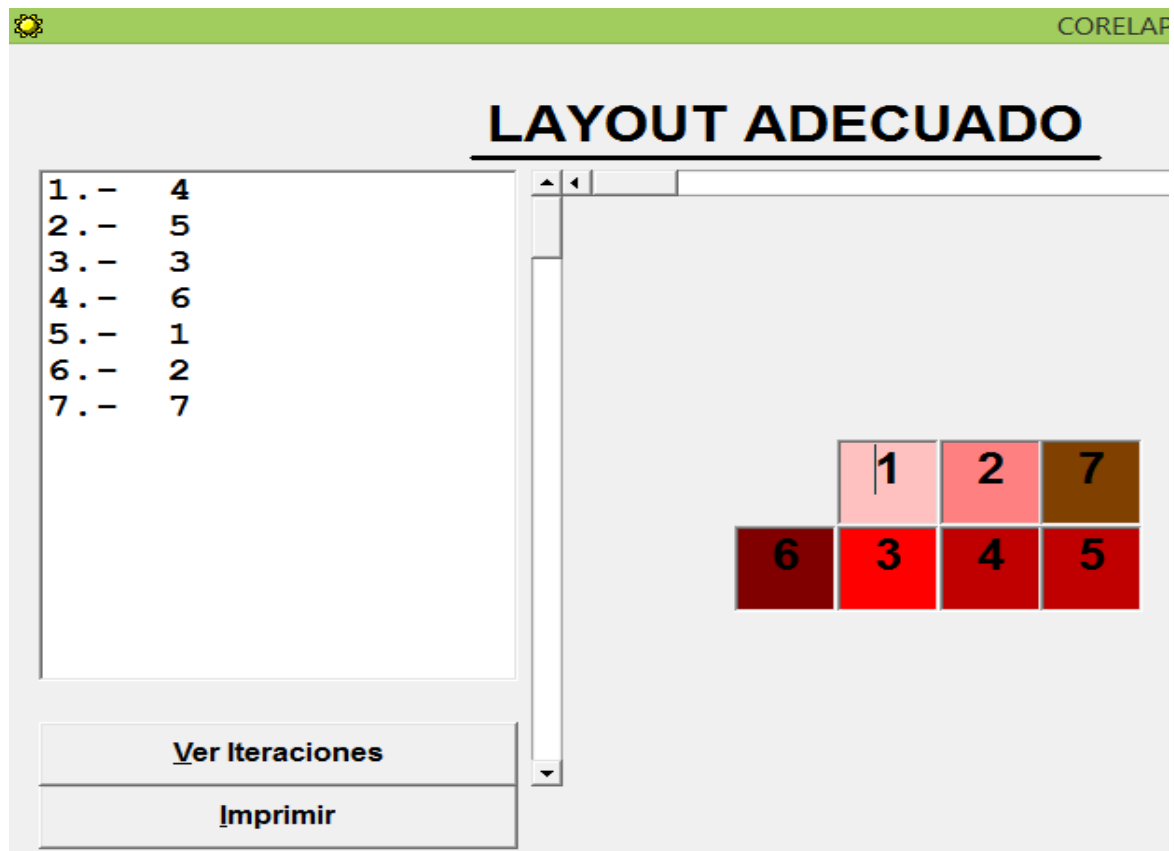


Ilustración 2-9 Layout adecuado (paso 5 CORELAP)

Comparando el *layout* de la ilustración 2-9 con los resultados de la figura 2-9 del método de los eslabones, la opción más viable en ese método es la d) siendo esta la más parecida al *layout* que arroja CORELAP. Así que de las cinco posibles opciones que se tienen se reducen a solo dos. Cada una de ellas tiene diferencias que por mínimas que parezcan son de gran importancia para el espacio que se tiene, el tipo de proceso, los productos y la empresa en general. Al analizar cada

opción se considera que la mejor es el inciso d) del método de los eslabones ya que en el acomodo tiene al área de empaque cerca del almacén y es donde se tiene la mayor intensidad de tráfico de materiales. La única desventaja que se tiene al elegir el resultado de este método es que no todos los departamentos se pudieron colocar, así que se tomara parte del resultado de CORELAP en donde sí se pudo colocar la oficina. Así que el siguiente paso para finalmente obtener el diseño general es el acomodo de los elementos de cada departamento en un espacio delimitado de acuerdo las dimensiones obtenidas del método de *Guerchet*.

Capítulo 3 Análisis de resultados

3.1. Diseño de la redistribución por departamento

Para obtener el diseño final de la distribución en la bodega es necesario retomar los datos del método de *Guerchet* y trabajar con los resultados del método de los eslabones y de CORELAP. Aunque cada departamento y los elementos que lo componen ya tienen una superficie asignada falta distribuirla por los diferentes lados de cada objeto, es decir si la mesa 1 ocupa 2.53 m² y se le tiene asignada 6.78 m² (St), la diferencia que es de 4.25 m² debe ser repartida por sus diferentes lados puede ser por los cuatro, tres, dos o solo uno dependiendo de las necesidades y funcionalidad de esta mesa. El análisis debe llevarse a cabo con cada objeto que integra los diferentes departamentos; cuando se requiere uno, dos o tres lados de cierto objeto la operación matemática es sencilla ya que solo se realiza una división para repartir la superficie total entre los diferentes lados requeridos. Continuando con el ejemplo de la mesa 1, si su N real es de 2 y de ellos se requiere un lado de lo largo y otro de lo ancho entonces la división quedara de la siguiente manera:

$$\frac{4.25}{(2.3 + 1.1)} = 1.25 \text{ m}$$

Es decir, de cada lateral donde termina la superficie de la mesa se agregará 1.25 m, siendo este el espacio disponible para las personas o el material. Y así se realiza con cada uno de los objetos de los diferentes departamentos.

En caso de que se requiera repartir la superficie disponible en los cuatro lados del objeto el procedimiento es un poco diferente, ya que no solo se realiza una división; para fines más prácticos se usara la fórmula general o cuadrática, esta proviene del desarrollo de ecuaciones cuadráticas ($ax^2 + bx + c$) en el área de matemáticas, la fórmula es la siguiente:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Fórmula 3-1 Ecuación cuadrática

En este caso la mesa 3 requiere que su superficie sea repartida en 4, la fórmula general es la adecuada. Para mejor comprensión de la aplicación de esta fórmula se tiene la ilustración 3-1.

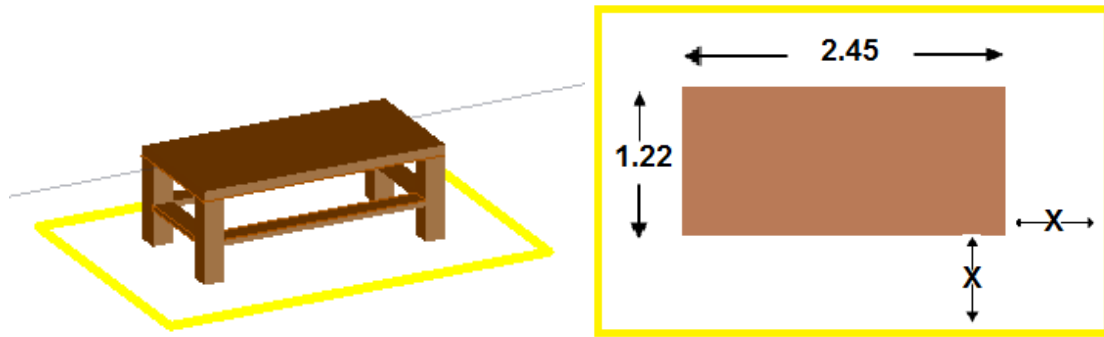


Ilustración 3-1 Ejemplo para la aplicación de la fórmula general para la distribución de superficies de objetos
Fuente: elaboración propia

El valor que se desea conocer es “x”, de acuerdo a los datos que se tienen se deduce la siguiente fórmula matemática:

$$(2.45 + 2x)(1.22 + 2x) = 8.01$$

Despejando queda: $4x^2 + 7.34x - 5.02 = 0$

La ecuación es cuadrática por lo tanto para conocer el valor de “x” se utiliza la fórmula general y quedaría de la siguiente manera:

$$x = \frac{-7.34 \pm \sqrt{7.34^2 - ((4)(4)(-5.02))}}{(2)(4)}$$

$$x_1 = 0.53 ; x_2 = -2.37$$

La fórmula arroja dos resultados uno con signo positivo y otro negativo, ya que se está trabajando con dimensiones reales de superficie se tomará el valor positivo (x_1). Así que en cada lado de la mesa se dejara un espacio de 0.53 m (a este espacio se le denominara SI). El desarrollo de la ecuación cuadrática también aplica para los elementos que requieren ocupar tres de sus lados.

En la tabla 3-1 se muestran los resultados de la superficie de cada lado (SI) de acuerdo al número de lados en los cuales se quiere repartir la superficie disponible (S), así que se usa N real, ya que en el método de *Guerchet* se trabajó con N=1 en todos los objetos.

Tabla 3-1 Superficie repartida en cada lado de acuerdo a N real
Fuente: elaboración propia

Área	Mobiliario y equipo	Medidas (m)		Ss	N	N real	St	Sd	SI
		largo	ancho						
Diseño y digitalización	Mesa 1	2.3	1.1	2.53	1	2	6.78	4.25	1.25
	Pantalla digitalizadora	0.9	0.74	0.67	1	1	1.78	1.12	1.24
	Plotter	2.3	0.8	1.84	1	2	4.93	3.09	1.00
	Escritorio	1.5	0.77	1.16	1	1	3.10	1.94	1.29
Corte	Mesa 2	9.79	2.05	20.07	1	4	53.79	33.72	1.19
	Anaquelel 1	6.02	1.22	7.34	1	1	19.68	12.34	2.05
	Mesa 3	2.45	1.22	2.99	1	1	8.01	5.02	2.05
Costura	Máquina de coser (en medio)**	1.2	0.5	0.60	1	2	1.61	1.01	0.42
	Máquina de coser (orilla)**	1.2	0.5	0.60	1	3	1.61	1.01	0.29
	Máquina para pegar broche	0.7	0.41	0.29	1	1	0.77	0.48	0.69
	Anaquelel 3	2.54	0.76	1.93	1	1	5.17	3.24	1.28
Calidad	Mesa 4	1.55	1.26	1.95	1	3	5.23	3.28	0.58
Empaque	Mesa 3	2.45	1.22	2.99	1	4	8.01	5.02	0.53
	Anaquelel 2	7.88	1.22	9.61	1	1	25.76	16.15	2.05
	Rack grande	2	0.55	1.10	-	-	-	-	-
	Rack pequeño	1.6	0.6	0.96	-	-	-	-	-
Almacén	Anaquelel 4	1.65	0.66	1.09	1	1	2.92	1.83	1.11
	Escritorio	1.5	0.77	1.16	1	2	3.10	1.94	0.85
Oficina	Archivero grande	0.9	0.45	0.41	1	1	1.09	0.68	0.76
	Archivero pequeño	0.46	0.72	0.33	1	1	0.89	0.56	1.21
	Escritorio	1.5	0.77	1.16	1	2	3.10	1.94	0.65

Donde:

Ss= Superficie estática (m²)

N= Numero de lados operables por objeto

N real= Número real de lados operables por objeto

St= Superficie total (m²)

Sd= Superficie disponible, (se obtiene de restar St menos Ss (m²))

Sl= Superficie de cada lateral (m)

**En el caso de las máquinas de coser se pretende acomodarlas en filas de tres, así que la N real será de 2 y 3 ya que la que quede en medio ocupara dos lados y las que estén en los laterales ocuparan tres de sus lados; se observa que la superficie Sl cuando N real es 2 es de 0.42 m en sus dos lados largos, y si N real se modifica a 3 Sl resulta de 0.29 m, y en la realidad esas superficies serían muy pequeñas para las personas que ocupen pasar o trabajar ahí, así que se realiza una operación en donde se tome en cuenta el largo y el ancho, es decir $\frac{1.01}{1.2+0.5}$ quedando una superficie de 0.59 m, siendo este más congruente para la realidad. Así que, aunque se tiene diferente valor de N real se tomara el valor de 0.59 m para todos los lados requeridos en las máquinas de coser.

Las dimensiones que se muestran sirven de apoyo para ir realizando el acomodo de los objetos dentro de cada departamento y estos a su vez se utilizaran para el acomodo correspondiente dentro de la bodega.

En la figura 3-1 se muestra el resultado del diseño de cada departamento de acuerdo a las dimensiones que tiene cada objeto y la superficie que se le fue asignada por cada lado según sus necesidades y requerimientos. El acomodo de los objetos dentro de cada departamento es tentativo y se realiza según la funcionalidad que tiene cada uno, buscando aprovechar al máximo los espacios.

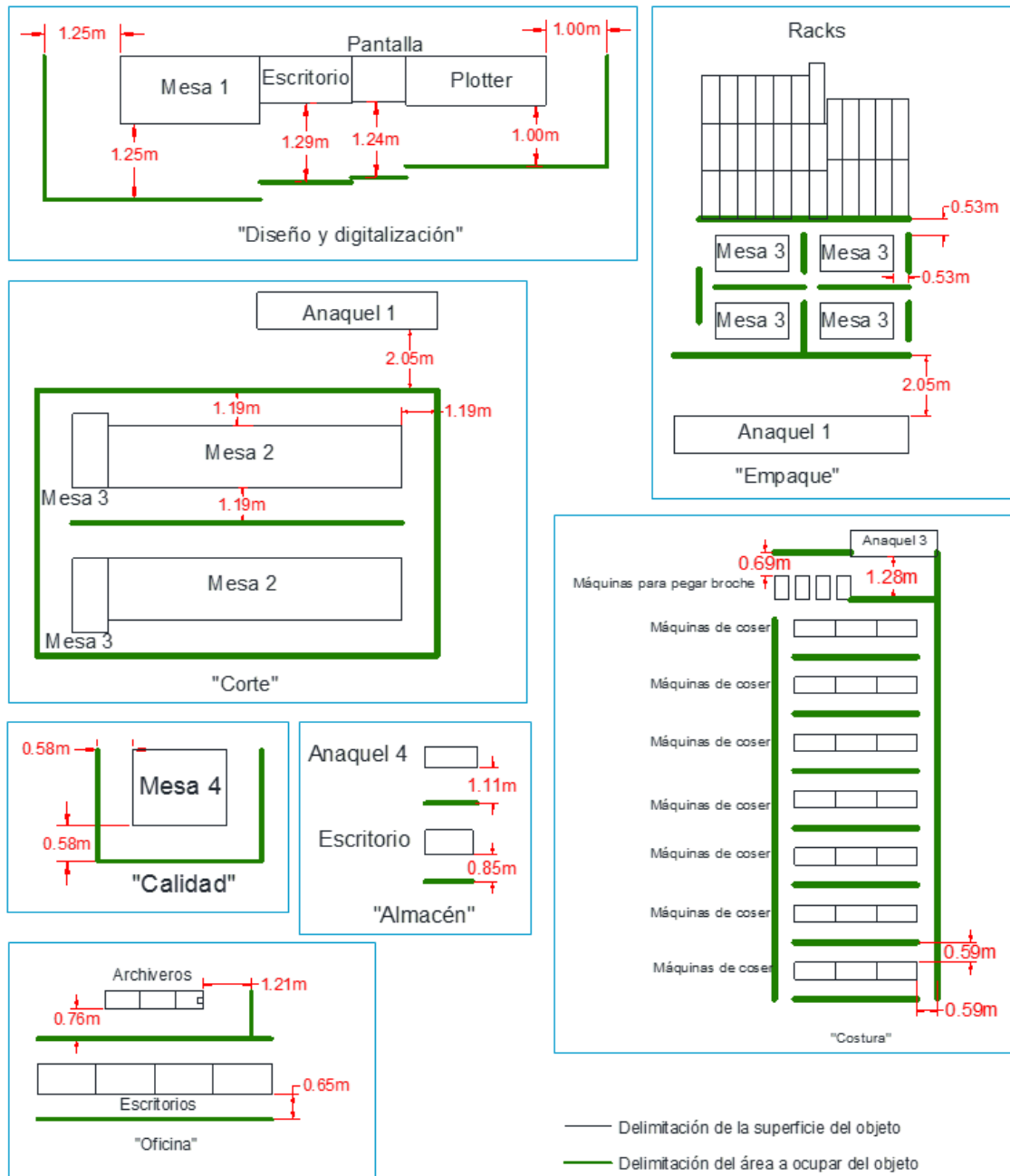


Figura 3-1 Diseño y dimensiones de la distribución por departamento
 Fuente: elaboración propia

3.2. Diseño de la redistribución final

Ya que se tiene toda la información necesaria para acomodar cada elemento y cada departamento, se procede a distribuir las diferentes áreas. De acuerdo a las características y limitaciones de la bodega la distribución se basa en el resultado que arrojo la opción d) del método de los eslabones que se complementa con el

resultado de CORELAP. En la ilustración 3-2 se tiene el diseño final de la distribución de planta, en donde se tomó el acomodo de los diferentes departamentos descritos anteriormente; de acuerdo a la forma de la bodega y las dimensiones disponibles se realizaron algunos reacomodos de los objetos, también se ajustaron algunas dimensiones que se consideraron grandes y no muy necesarias de acuerdo a la funcionalidad de cada uno, además en el acomodo final de cada departamento se buscó la manera de aprovechar cada espacio.

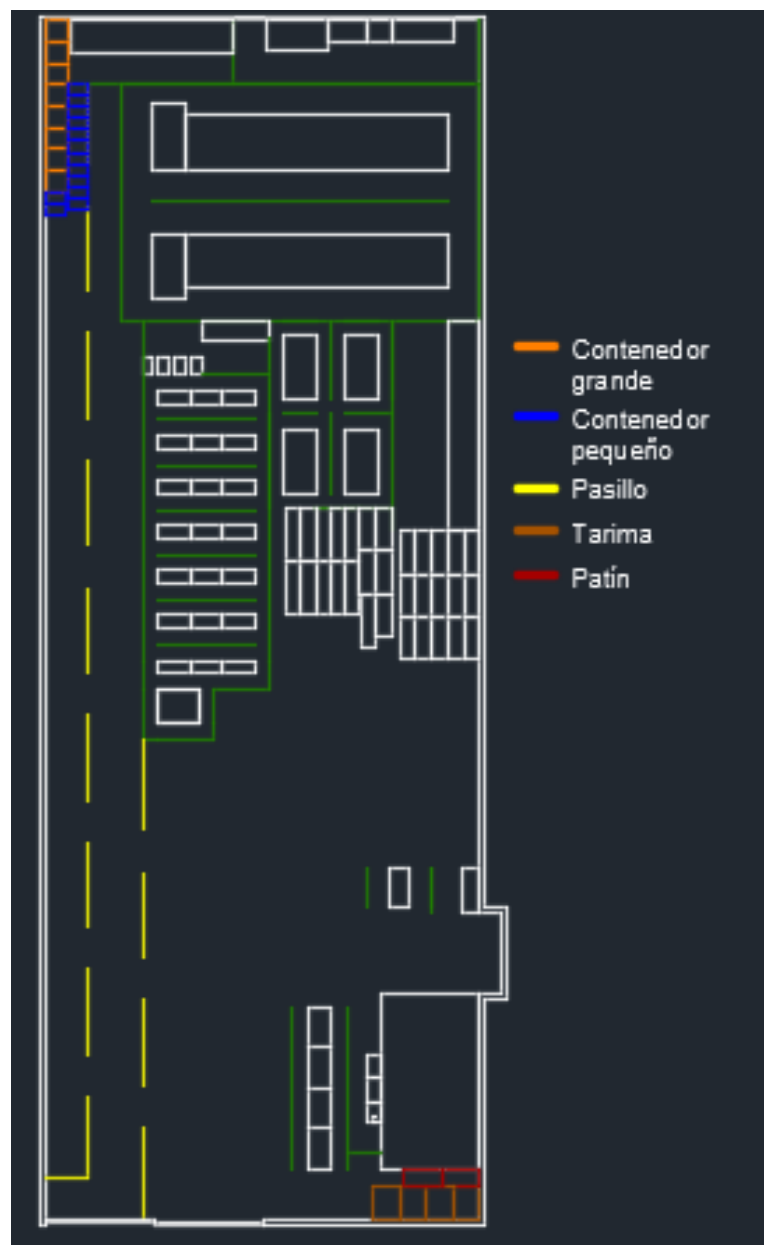


Ilustración 3-2 Diseño final de la distribución de planta
Fuente: elaboración propia

- Diseño y digitalización: esta área quedo en la esquina superior derecha siendo el plotter el más alejado ya que es el objeto más delicado a su lado está la pantalla digitalizadora la cual va conectada con el plotter, enseguida se encuentra el escritorio en él se coloca una computadora la cual a su vez va conectada a la pantalla y al plotter y esta transmite la información necesaria; al final se colocó la mesa que es donde se realizan los trazos requeridos.

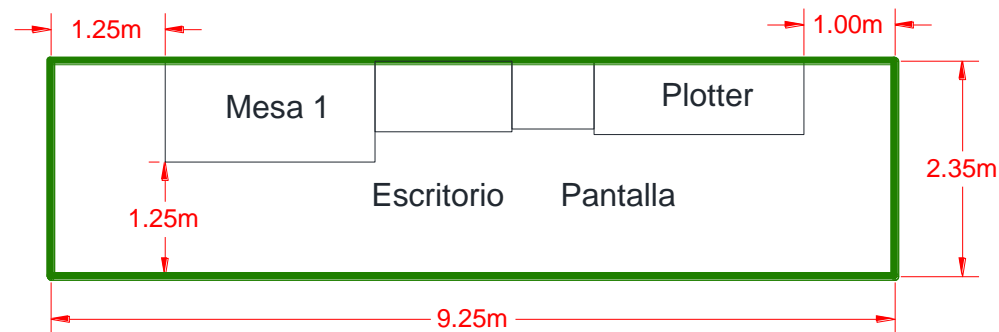


Ilustración 3-3 Área de diseño y digitalización
Fuente: elaboración propia

- Corte: debido a que el área de diseño y digitalización no es muy grande, el anaquel se pudo colocar al lado de la mesa 1, mientras que las mesas 2 y 3 si se colocaron delante de diseño y digitalización como lo indica el método de los eslabones. Aunque la mesa 2 tiene un largo de 9.79 m en ocasiones se requiere de más espacio es por eso que se juntó con la mesa 3 y se tomaron las dimensiones de la mesa 2, ya que el espacio de 1.19 m es suficiente.
- Costura: esta área quedo en el lugar asignado por el resultado del método de los eslabones, las máquinas de coser se colocaron en filas de tres, al fondo las máquinas para pegar broche y a un lado el pequeño anaquel de materiales para esta área.

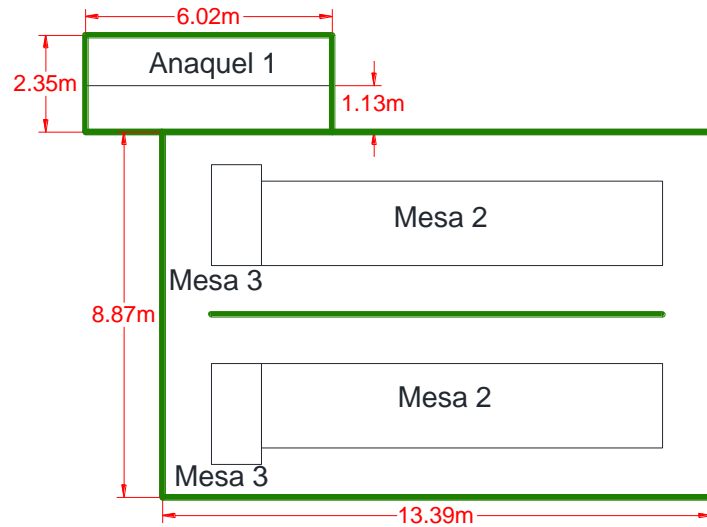


Ilustración 3-4 Área de corte
Fuente: elaboración propia

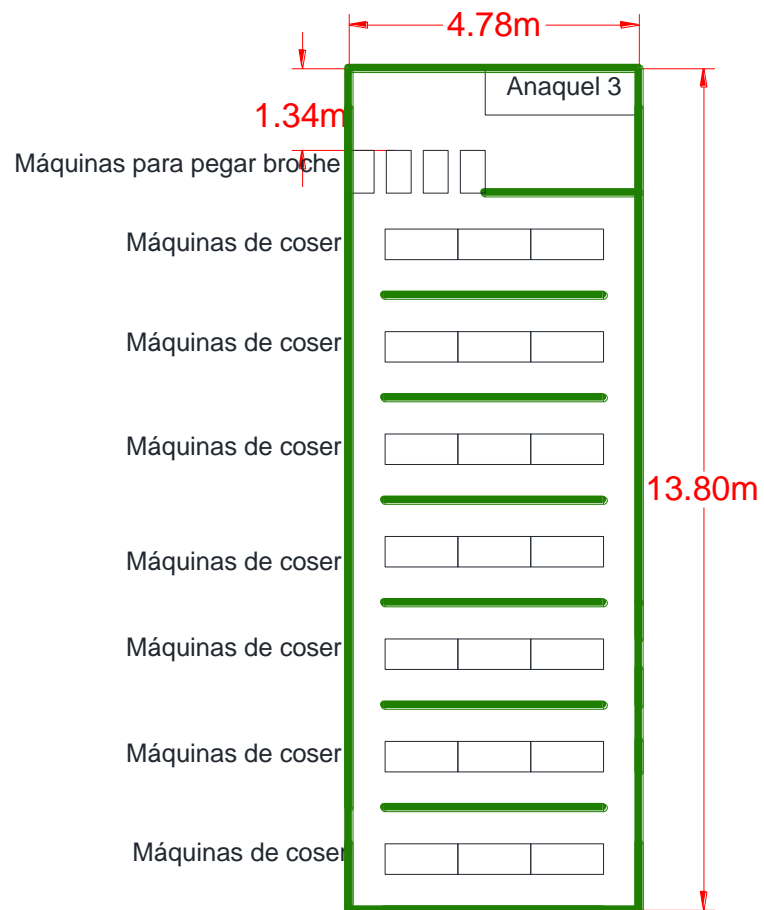


Ilustración 3-5 Área de costura
Fuente: elaboración propia

- Calidad: aunque solo se ocupa una mesa de trabajo se consideró como un área debido a que no afectaría tanto la posición y el lugar donde fuese colocado, por lo tanto, se manejó como un área independiente el cual, aunque el método designo que estuviera al lado de corte y detrás de costura, por cuestiones de ahorro de espacio se colocó frente a costura.
- Empaque: su posición fue exactamente donde le designo el método de los eslabones, al lado de costura y frente a corte. Lo único que se cambió de posición dentro de esta área fueron los racks, esto para ahorrar espacio y hacer coincidir las formas de los demás departamentos. Las mesas se colocaron de tal manera que en sus cuatro lados se tenga espacio para colocar y mover os racks cuando sea necesario, o bien los contenedores.

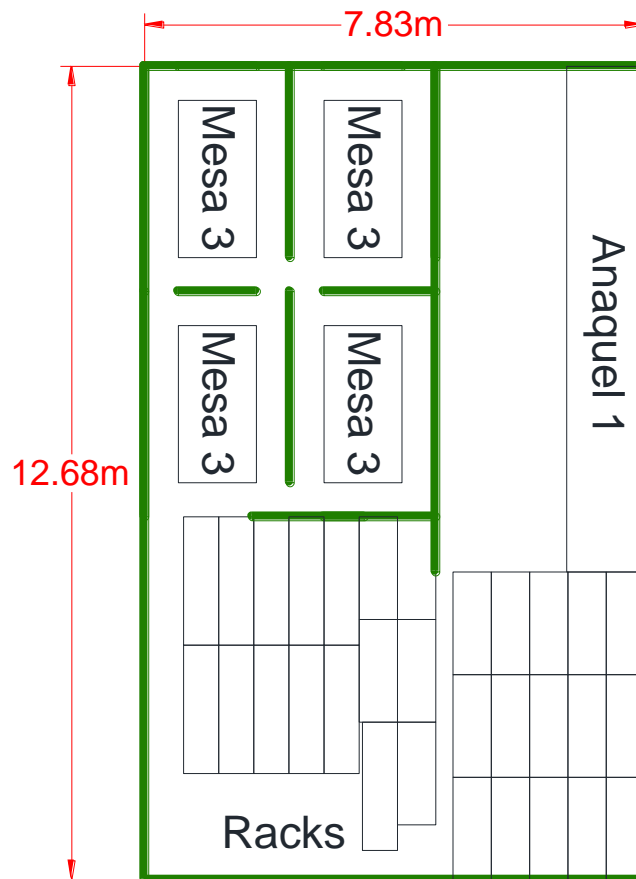


Ilustración 3-6 Área de empaque
Fuente: elaboración propia

- Almacén: aunque para el método de *Guerchet* hasta el momento solo se ha trabajado con una mesa y un escritorio para esta área, lo que constituye la parte más importante que consiste en almacenar es parte de la superficie restante, aunque no es muy grande, pero es suficiente para las cajas que necesitan almacenarse, ya que la materia prima (que son los rollos de tela) se guarda en un anaquel. En la figura 3-2 se especifica la división del almacén de materia prima y producto terminado, en donde una parte de las cajas de materia prima se colocaría en uno de los extremos de la bodega y otra parte cerca del área de empaque, mientras que las cajas de producto terminado serían colocadas en el espacio restante.
- Oficina: aunque en el desarrollo del método de los eslabones no se consideró la oficina para ubicarla, en CORALEP se pudo considerar para que se le asignara una ubicación y este determino que su mejor posición es cerca del almacén. Para un mayor ahorro de espacios los escritorios se colocaron de manera continua.

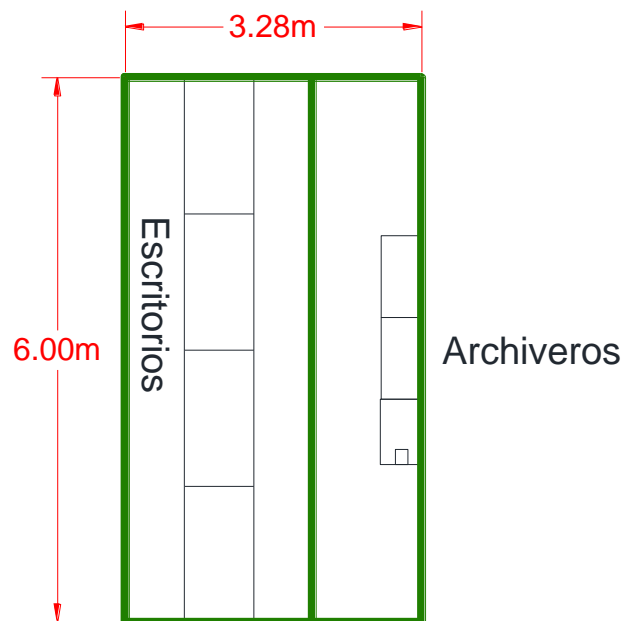


Ilustración 3-7 Área oficina
Fuente: elaboración propia

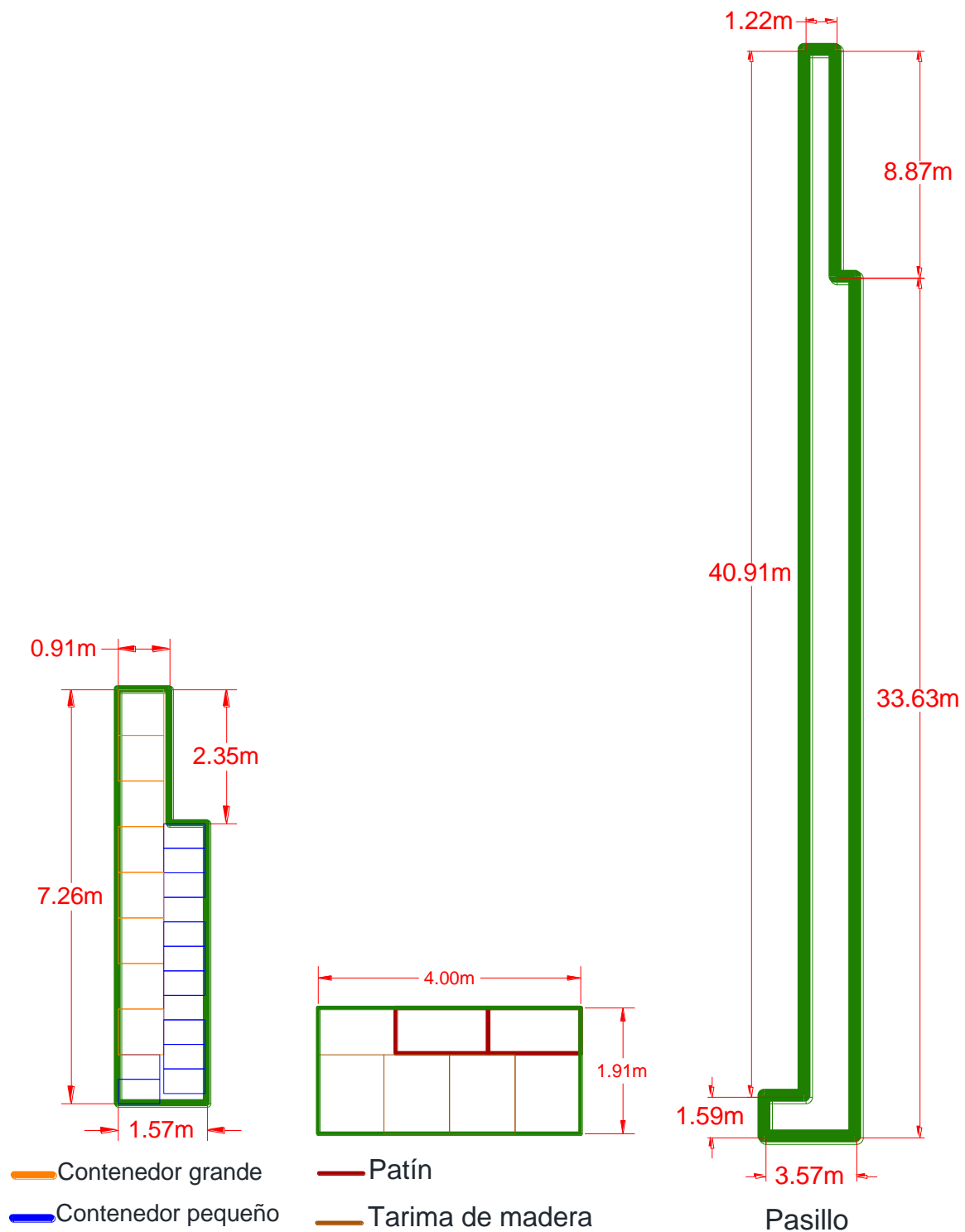


Ilustración 3-8 Área para otros
Fuente: elaboración propia

- Otros: además de colocar todas las áreas con objetos fijos es necesario determinar un espacio para los objetos móviles como los son los contenedores grandes y pequeños, tarimas, y los patines hidráulicos. El espacio a ocupar por cada tipo va de acuerdo a lo que se determinó en la tabla 2-8 sobre el apilamiento de materiales. Finalmente, para establecer una conexión entre las áreas es necesario formar un pasillo principal, por lo tanto, se colocó a un lado de costura y corte y de extremo a extremo de la bodega, las medidas se determinaron de acuerdo a las dimensiones de los patines ya que son el medio de transporte para los diferentes materiales y se encontraran circulando por las diferentes áreas.

En la ilustración 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7 y 3-8 se presentan las dimensiones finales de cada área, las dimensiones que no son mostradas quedaron igual al de la figura 3-1. La forma final del pasillo quedo de acuerdo a criterios de espacio restante sobre las demás áreas.

Si se hubiera seguido el acomodo tal y como se muestra en el inciso d) del método, las áreas no hubiesen cabido dentro de las dimensiones de la bodega y el espacio no sería aprovechado al máximo, así que se realizaron algunos ajustes en el acomodo hasta obtener el resultado más cercano a las necesidades y requerimientos de todos aquellos factores que están involucrados con la distribución de planta: procesos, productos y la empresa en general; en algunos casos se redujo la superficie total a ocupar por los objetos y por ende el de las áreas, esto para hacer coincidir la forma de los departamentos y ahorrar al máximo la disponibilidad de los espacios.

En el cuadro 3-1 se muestra un comparativo de las dimensiones totales de cada área según el método de *Guerchet* contra las dimensiones reales a ocupar de acuerdo al acomodo final que se realizó. En color rojo se maraca las áreas que ocupan más de lo estipulado por el método de *Guerchet*, mientras que en azul las que resultaron con dimensiones menores.

Cuadro 3-1 Dimensiones resultantes vs dimensiones reales por departamento
Fuente: elaboración propia

Comparación según:			Método <i>Guerchet</i>	Real
			(m²)	
Superficie total bodega			728.26	728.26
Áreas de la empresa	Diseño y digitalización		16.59	21.74
	Corte		143.28	132.92
	Costura		42.02	65.96
	Calidad		5.23	4.99
	Empaque		89.11	99.28
	Almacén de productos terminados	Objetos	6.01	7.00
		Espacio para almacenar	187.34	164.66
	Almacén de materia prima		100.88	89.68
Oficina		15.44	19.68	
Otros	Contenedores		9.85	9.85
	Tarimas y patín		7.64	7.64
	Pasillo		80.58	80.58
	Baños		24.29	24.29
Superficie total utilizada			728.26	728.26

En la figura 3-2 se presenta el diseño de la distribución delimitando las áreas de la empresa con líneas amarillas, simulando como sería en la realidad ya que de acuerdo a la NOM-001STPS-2008. Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad, cuando se requiere delimitar un área dentro de la empresa es recomendable que los límites sean marcados con líneas de color amarillo, para que puedan ser identificados por todo el personal de la empresa y sean respetados para mantener orden en los procesos de manufactura.

Así es como se vería el diseño de la distribución final cumpliendo con los requerimientos de la estación de trabajo de acuerdo a la aplicación de los diferentes métodos y de la comparación de un método que utiliza datos cuantitativos contra uno que utiliza datos cualitativos, esto proporciona los datos necesarios para determinar un buen acomodo de objetos y sirve para contrastar diferentes opciones y resultados.



Figura 3-2 Diseño final de la distribución de planta delimitado con líneas amarillas
Fuente: elaboración propia

3.3. Principios que se cumplen con la propuesta de redistribución de planta

El objetivo principal de realizar una redistribución de planta es mejorar el ordenamiento físico de los elementos con los que cuenta la empresa, para lograrlo es necesario seguir ciertos pasos o bien guiarse con algunos métodos y herramientas, pero lo más importante para obtener el mejor resultado es considerar todos aquellos factores que intervienen con los productos y procesos de la empresa. Por ello es que se debe seguir con los principios de la distribución ya propuestos que se constituyen por una serie de elementos para lograr los propósitos propuestos de mejorar la distribución de planta. En la tabla 3-2 se comparan las condiciones actuales de la empresa contra las posibilidades que se tendría con implementar la propuesta de mejora en cuanto a la redistribución de todos sus elementos.

Los principios de distribución de planta considera elementos muy importantes para obtener los mejores resultados en cuanto al ordenamiento del espacio físico, y no solo cuida de los espacios físicos que se tiene y el manejo que se les debe dar sino que también abarca aspectos sobre seguridad del trabajador, y de cierta manera tiene un enfoque hacia el futuro con el principio de flexibilidad, el cual permite que la distribución que se realice en el momento sea fácil de manipular por algún cambio que se requiera. Aunque en el caso de la empresa en donde se está realizando la propuesta de redistribución es un poco difícil de adaptar el aspecto de la flexibilidad, ya que el espacio que se tiene no es muy grande y si en algún momento se requiriera nueva maquinaria y equipo por expansión de la empresa se tendría que realizar un nuevo estudio para determinar qué es lo más conveniente: si seguir trabajando con los recursos disponibles o cambiarse a una bodega más grande, por ejemplo; la decisión está en las necesidades y requerimientos que se tenga y la disponibilidad de recursos para llevar a cabo los diferentes planes.

Tabla 3-2 Comparativo de los principios de distribución de planta: actual y
propuesto

Fuente: elaboración propia

Principio	Según las condiciones actuales	Según la propuesta de redistribución
Integración	La distribución de los elementos se realizó de manera empírica, por lo tanto, no todos los elementos tienen un lugar fijo en donde puedan ser colocados mientras no se requiera su uso.	Para realizar el acomodo se tomaron en cuenta todos los elementos que constituyen a la empresa, asignándoles un lugar de acuerdo a los requerimientos (objetos fijos y móviles).
Distancia mínima recorrida	La distancia a recorrer en el traslado de materiales se vuelve larga, debido a que no se tienen definidas las rutas para el transporte de materiales.	Se creó un pasillo principal el cual conecta a la mayoría de las áreas, y mediante el método de los eslabones las áreas se colocaron lo más cercano posible de acuerdo a las denominadas unidades de mantenimiento.
Circulación o recorrido	No se tiene definida un área de circulación de materiales por lo tanto esa actividad se vuelve lenta generando desorden y descontrol con el material. Además, la secuencia que siguen los materiales dentro de la empresa no es secuencial, debido a la lejanía entre departamentos.	La gran ventaja que se tiene es que a cada objeto se le designó un espacio de acuerdo a la funcionalidad de cada uno, algunos como los anaqueles tienen el espacio suficiente para una buena circulación de materiales.
Espacio cubico	En el plano horizontal el acomodo de las áreas y sus elementos no cumplen con el ahorro de espacio dejando áreas sin ocupar, y en el plano vertical no se tiene definido una altura máxima de estiba para los materiales.	De acuerdo a los resultados de los diferentes métodos empleados, las diferentes áreas son colocadas en lugares estratégicos y en el acomodo de sus formas se buscó el ahorro máximo de espacios. La altura máxima de estiba fue calculada de acuerdo a una estatura promedio de hombres mexicanos.
Satisfacción y seguridad	El lugar de trabajo está muy desordenado lo que genera que los trabajadores hasta cierto punto se sienta incomodos con su área de trabajo y sobre todo están expuestos a condiciones inseguras debido a que en el manejo de materiales no se cumple con el requisito de altura de estiba, o bien el lugar de almacenamiento no está definido lo que ocasiona que las cajas se coloquen donde sea.	Se ha establecido un lugar para cada objeto teniendo como objetivo un área de trabajo limpia y segura para el trabajador, además de que se definió una altura máxima de estiba reduciendo así las posibles condiciones inseguras en el centro de trabajo.
Flexibilidad	En ambos casos no se pudo considerar un acomodo con un posible crecimiento ya que las dimensiones de la bodega no permitirían colocar más elementos y almacenarlos, para el crecimiento de la empresa se tendría que considerar un nuevo lugar con espacios más grandes.	

Conclusiones

La distribución de una planta va desde algo macro a micro, ya que comienza con la ubicación estratégica de la planta donde se consideran aspectos como servicios públicos, cultura población, economía de la región, vías de transporte, entre otros; después cuando ya se tiene el espacio asignado para realizar las labores de la empresa, las diferentes áreas o departamentos de la empresa tienen que ser acomodados para que cumpla con su principal función que es producir algún bien o servicio, cumpliendo ciertos objetivos y acoplándose a ciertas condiciones; y finalmente cuando ya se tiene definido el lugar de cada departamento dentro la empresa los elementos que constituyen a cada área deben ser movidos de manera que cumplan con los requerimientos y sobre todo que se ahorre al máximo cada espacio. Para ubicar la planta o realizar cada acomodo existen diversos métodos y herramientas, cada una puede aplicarse a los diferentes casos que pudieran presentarse, algunos son más convencionales y se tienen que realizar con papel y lápiz, y los más actualizados que son los softwares en donde es fácil introducir los datos y leer los resultados.

Cuando una empresa no realiza la planeación de la distribución de planta es necesario realizar una redistribución, ya que como es el caso de la empresa en donde se realiza la propuesta de redistribución presentaba problemas de flujo de materiales, personas, aprovechamiento de espacios, seguridad en el personal, control de materiales, entre otros; así que fue necesario realizar un estudio sobre la empresa, sus proceso y productos, para determinar que método o métodos podrían ser aplicados para mejorar aspectos relacionados con la distribución de planta.

Para comenzar a distribuir las diferentes áreas fue necesario primero conocer las dimensiones a ocupar por cada una, así que se trabajó con el método de *Guerchet*, el cual es muy útil para determinar superficies de objetos de acuerdo a su funcionalidad y área en m² ocupada, aunque en algunos objetos les proporciona demasiada superficie a ocupar, así que se tiene que evaluar y designar una superficie coherente a cada elemento de acuerdo a los requerimientos que se le solicite. En el método es muy importante analizar cada factor que se va a ocupar

para realizar los cálculos correspondientes, ya que como se presentó el caso del valor de “K” en donde se tenían dos opciones y cada una consideraba situaciones distintas, sin embargo, se tiene que analizar para elegir la más adecuada.

Ya que se obtuvieron todos los datos necesarios se comenzó a realizar el acomodo de los diferentes departamentos, para ello se aplicó un método cuantitativo que es el de los eslabones y uno cualitativo que fue el software de CORELAP; del primero se obtuvieron muchos resultados ya que existe una gran cantidad de combinaciones que se pueden realizar, de la cuales se evaluaron criterios y necesidades de la empresa para reducir las posibilidades a solo cuatro opciones; y el segundo arrojó solo una solución la cual fue muy parecida a la opción d) del método de los eslabones, lo cual se interpretó de que esa opción era la más acertada ya que cumplía con factores cuantitativos y cualitativos designados de acuerdo al tipo de método aplicado.

Por último, se realizó el diseño de la distribución de planta, para obtenerlo se tuvieron que mover algunos elementos dentro de cada área o bien ajustarlos para el ahorro de espacio que se buscaba aplicar en cada área. Cada acomodo se realizó de acuerdo a la funcionalidad de cada objeto y sobre todo tratando de apegarse al máximo con el resultado del método de los eslabones el cual indicaba la mejor opción de acomodo de cada departamento. Un aspecto que también se consideró muy importante fue la altura máxima de estiba, este dato tampoco lo tenía considerado la empresa y la altura depende del tipo de empresa y el equipo de transporte de materiales con el que cuenta, en este caso se determinó de acuerdo a una altura promedio de hombres laboralmente activos ya que solo se cuenta con patines hidráulicos para el manejo de materiales.

En cuanto al almacén, aunque se le designó el espacio restante se consideró suficiente, ya que los materiales están en constante movimiento, ya sea dentro de los diferentes procesos o bien salen de la empresa para ser entregados a los clientes correspondientes y llegan nuevos materiales para ser procesados. La propuesta de la división: en materias primas y productos terminados, tiene como ventaja un mayor control de entrada, manejo y salida de cada material y sobre todo

minimizar el recorrido de los materiales. Para tener conexión entre las diferentes áreas fue necesario considerar un pasillo el cual conecte a la mayoría de las áreas, la dimensión que se le dio fue de acuerdo a las dimensiones del equipo de transporte con el que se cuenta en este caso el patín, ya que con él se transportan los materiales mediante tarimas.

Para comprobar que la propuesta es adecuada, esta se evaluó mediante los principios de distribución de planta, cada principio considera diferentes aspectos que son importantes cuando se aplica una nueva distribución; para conocer si realmente se estaba proponiendo un cambio se analizó la situación actual contra la propuesta, evaluando cada una es muy notoria la diferencia ya que en la propuesta se tendría un mejor acomodo, control, aprovechamiento y sobre todo seguridad para las personas que laboran ahí.

El realizar un buen acomodo en la empresa reduce costos y por ende aumenta las utilidades o bien las mantiene dependiendo del enfoque que tengan los objetivos y las metas de esta, el que una empresa tenga buena economía mejora las condiciones de sus empleados los cuales generalmente radican en los alrededores de donde se ubica esta, los beneficios que se obtienen contribuyen al desarrollo de la economía en la región, el estado e incluso el país. El tener una buena distribución de planta conlleva a tener mejores resultados en la producción, es por ello que se hace un énfasis de importancia para que las empresas lo lleven a cabo y busquen los mejores métodos de aplicación para obtener los resultados más adecuados a los requerimientos y limitaciones de cada una.

Referencias bibliográficas

- Cámara Nacional de la Industria del Vestido, C. (2012). *"¿Cuánto mide México? El tamaño sí importa"*. México.
- Cuatrecasas, L. (2009). *DISEÑO AVANZADO DE PROCESOS Y PLANTAS DE PRODUCCIÓN FLEXIBLE*. Profit.
- De la Fuente García, D., & Fernández Quesada, I. (2005). Distribución en planta. Oviedo: Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo.
- Elizalde, A. I. (enero-julio de 2015). Estudio antropométrico de la población mexicana masculina laboralmente productiva. Científica ESIME, volumen 19 (núm. 1): ISSN: 1665-0654.
- Galvarriato, A. G. (1999). La industria textil en México. México: El colegio de México.
- García, R. F. (11 de Junio de 2013). La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa. San Vicente: Club Universitario.
- Harold, K., Weihrich, H., & Cannice, M. (2014). Administración. Una perspectiva global y empresarial. México: McGraw-Hill Interamericana.
- INEGI. (2008). Obtenido de http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/programas/ce/2009/doc/minimonografias/m_pymes.pdf
- INEGI. (2011). Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/economico/a_proposi_de/Vestido.pdf
- INEGI. (2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de INEGI: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/scian/contenidos/Contenidos/FAQ.aspx?c=76016>
- Iniesta, I. (08 de Noviembre de 2012). *MarketReal*. Obtenido de <https://www.marketreale.es/2012/11/cuello-de-botella/>
- Kulwiec, R. A. (1985). *Materials Handling Handbook*. United States: Wiley-Interscience.
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México: Pearson educación.
- Murther, R. (1970). Distribución en Planta. España: Editorial hispano europea Barcelona.

- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2012). *Definición.de*. Obtenido de <https://definicion.de/disenio/>
- STPS, Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2008). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008. *Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condicion de seguridad*. México.
- Suárez, E. G. (4 de Marzo de 2011). *infoMED*. Obtenido de Revista Cubana de Informacion en Ciencias de la Salud:
<http://rcics.sld.cu/index.php/acimed/article/view/111/127>
- Tompkins. (1978). *Técnicas para reducir problemas en las distribuciones por proceso mediante computadora*. Cahnerns Publishing Company.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., & Tanchoco, J. (2011). *Planeación de instalaciones*. México D.F.: Cengage Learning.
- Torrents, A. S., Vilda, F. G., & Postils, I. A. (2004). Manual práctico de diseño de sistemas productivos. Ediciones Díaz de Santos.
- WordReference.com*. (Agosto de 2018). Obtenido de <http://www.wordreference.com/definicion/apilar>