

UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

REDISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MEJORAR LAS
CONDICIONES DE TRABAJO DE UN TALLER DE FABRICACIÓN DE
MAQUINARIA AGRÍCOLA

T E S I S

PRESENTADA POR

JESÚS CARLOS ROMERO QUIROZ

Desarrollada para cumplir con uno de los
requerimientos parciales para obtener
el grado de Maestro en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS
DR. JAIME ALFONSO LEÓN DUARTE

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2020

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



Hermosillo, Sonora a 26 de noviembre de 2020

JESÚS CARLOS ROMERO QUIROZ

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente, otorgamos a usted nuestra aprobación de la fase escrita del examen de grado, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería: Ingeniería en Sistemas y Tecnología.

Por tal motivo este jurado extiende su autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **REDISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE TRABAJO DE UN TALLER DE FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

Dr. Jaime Alfonso León Duarte
Director de tesis y Presidente del jurado

M.C. Martina Elisa Platt Borbón
Secretaria del Jurado

Dr. Luis Felipe Romero Dessens
Vocal del Jurado

Dr. Agustín Brau Ávila
Vocal del Jurado

c.c.p. Archivo

Ciudad Juárez, Chihuahua, México, a 26 de noviembre de 2020

JESÚS CARLOS ROMERO QUIROZ

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado de la Universidad de Sonora, otorgo a usted mi aprobación de la fase escrita del examen profesional, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería: Ingeniería en Sistemas y Tecnología.

Por tal motivo, como sinodal externo y vocal del jurado, extiendo mi autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **REDISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE TRABAJO DE UN TALLER DE FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE



DR. ROBERTO ROMERO LÓPEZ
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
Sinodal Externo y Vocal del Jurado

RESUMEN

Las organizaciones se encuentran en constantes cambios, principalmente de carácter tecnológico y de conocimiento que se incorporan a un ritmo muy acelerado, por lo que deben tomar la delantera y adaptarse dichos cambios, para ello deben estar en constante desarrollo de sus productos y procesos, para maximizar sus recursos. Es conveniente utilizar herramientas de ingeniería industrial y de mejora continua para poder obtener procesos que sean más eficientes y poder estar a la vanguardia.

La planificación de las instalaciones ha tomado un nuevo significado en los últimos años, antes era considerado como una ciencia, pero en la actualidad, las empresas competitivas a nivel mundial lo consideran como una estrategia. Sin embargo, la mayoría de las compañías que inician un proyecto de redistribución de planta, no suelen aplicar ninguna metodología o técnica para desarrollar una evaluación de las alternativas de diseño y de elección de la solución que se implementará.

El presente proyecto busca mejorar las condiciones de un taller de fabricación de maquinaria agrícola implementando una metodología de distribución de planta, la cual es una adaptación de la metodología "Systematic Layout Planning" de Richard Muther, pero apegándose a la Norma Oficial Mexicana con el fin de cumplir con los requisitos mínimos en cuanto a seguridad y salud en el trabajo.

El proyecto se desarrolló en cinco capítulos, el primero es el de introducción, en donde se presenta la problemática, que se busca mejorar y porque se realizara el proyecto. En el segundo capítulo, se hace un compendio de lo que se investigó en la literatura, así como analizar casos de estudios previos, con el fin de comprender mejor el tema. En el tercer capítulo, se da a conocer la estructura metodológica que se empleará, y se explica cada a detalle cada uno de sus pasos. El cuarto capítulo presenta la implementación de la metodología, donde se muestra que fue lo que se realizó y que resultados se obtuvieron. Por último, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones, recomendaciones y posibles trabajos futuros a realizar.

ABSTRACT

Organizations are in constant changes, mainly of a technological and knowledge nature that are incorporated at a very fast pace, so they must take the lead and adapt to such changes, for this they must be in constant development of their products and processes, to maximize their resources. It is convenient to use industrial engineering and continuous improvement tools to obtain processes that are more efficient and to be at the forefront.

Facility planning has taken on a new meaning in recent years, before it was considered as a science, but nowadays, globally competitive companies consider it as a strategy. However, most companies that initiate a plant redistribution project do not usually apply any methodology or technique to develop the evaluation of the design alternatives and the selection of the solution that is implemented.

This project seeks to improve the conditions of an agricultural machinery manufacturing workshop by implementing a plant distribution methodology, which is an adaptation of Richard Muther's Systematic Layout Planning methodology but adhering to the "Norma Oficial Mexicana" in order to comply with the minimum requirements regarding safety and health at work.

The project was developed in five chapters, the first one is the introduction chapter, where the problem is presented, it is explained the reasons why it seeks to improve and why the project is carried out. In the second chapter, a summary of what was investigated in the literature is made, as well as analyzing cases from previous studies, to better understand the topic. In the third chapter, the methodological structure to be used is disclosed, and each of its steps is explained in detail. The fourth chapter presents the implementation of the methodology, where it is shown what was done and what results were obtained. Finally, in the fifth chapter the conclusions, recommendations, and possible future works to be carried out are presented.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, Elza Quiroz, quien siempre me ha ofrecido su apoyo y amor incondicional durante todas las etapas de mi vida, quien me ha ayudado a desarrollarme y formarme como persona y con quien estaré eternamente agradecido.

A toda mi familia, quienes han estado a mi lado desde que tengo memoria y me han ayudado a salir adelante, aconsejándome en muchas de las decisiones importantes de mi vida, buscando siempre lo mejor para mí.

A todos mis amigos, quienes me han ofrecido su compañía y soporte, han hecho que sea más fácil y ameno poder alcanzar mis metas.

Al coordinador del posgrado, Alonso Pérez, por su dedicación y profesionalismo en su papel de coordinador y su disponibilidad para ayudar en cualquier situación.

A mi director de tesis, Jaime León, por su disposición para guiarme y orientarme a lo largo de este proceso para que pudiera desarrollarlo con éxito.

A todos los profesores involucrados en el Posgrado de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora, por compartirme sus experiencias y conocimientos.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente me apoyaron de cualquier forma durante estos años de formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE) por su apoyo económico brindado en mi estudio de posgrado.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ii
ABSTRACT.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Presentación	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Objetivo general.....	2
1.4. Objetivos específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.6. Alcances y delimitaciones	3
1.7. Justificación.....	3
2. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. Distribución de planta	4
2.1.1. Definición	4
2.1.2. Objetivos	5
2.1.3. Principios básicos de la distribución de planta.....	5
2.1.4. Tipos de distribución de planta.....	6
2.2. Tipos de procesos	9
2.2.1. Proceso de trabajo	10
2.2.2. Proceso por lotes	11
2.2.3. Proceso en línea	12
2.2.4. Proceso de flujo continuo	12
2.3. Metodología de distribución de planta.....	13

2.3.1. Systematic Layout Planning (SLP)	13
2.3.2. Diseño de distribución de flujo flexible.....	15
2.3.3. Método de Eslabones	17
2.3.4. ALDEP	18
2.4. Productividad	19
2.4.1. Factores de mejoramiento de la productividad	20
2.4.2. Factores internos de la productividad.....	21
2.4.3. Factores externos de la productividad.....	21
2.4.4. Medición de la productividad.....	21
2.5. Normas Oficiales Mexicanas	22
2.6. Casos de estudio	24
3. METODOLOGÍA.....	27
3.1. Metodología SLP considerando la NOM.....	28
3.1.1. Paso 0: Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas	29
3.1.2. Paso 1: Análisis producto-cantidad.....	30
3.1.3. Paso 2: Análisis del recorrido de los productos	31
3.1.4. Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades	32
3.1.5. Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades	33
3.1.6. Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios.....	34
3.1.7. Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios	35
3.1.8. Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución.....	36
4. IMPLEMENTACIÓN.....	38
4.1. Implementación de Metodología SLP	38
4.1.1. Paso 0: Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas	38
4.1.2. Paso 1: Análisis producto-cantidad.....	43
4.1.3. Paso 2: Análisis del recorrido de los productos	44
4.1.4. Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades	47
4.1.5. Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades	49
4.1.6. Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios.....	50

4.1.7. Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios	52
4.1.8. Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución.....	55
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTURO.....	59
5.1. Conclusiones.....	59
5.2. Recomendaciones.....	60
5.3 Trabajos futuros.....	61
6. REFERENCIAS	62
7. ANEXOS.....	65
7.1. Anexo 1: Respuestas proporcionadas a las preguntas formuladas por el Asistente para identificar las Normas Oficiales Mexicanas.....	65
7.2. Anexo 2: Secciones o disposiciones específicas de cada una de las normas aplicables.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ejemplo de Distribución por producto (Chaluis, 2015).....	6
Figura 2.2. Ejemplo de Distribución por posición fija (Chaluis, 2015).....	7
Figura 2.3. Ejemplo de Distribución por procesos (Chaluis, 2015).	8
Figura 2.4. Ejemplo de Distribución por células de trabajo (Chaluis, 2015).....	8
Figura 2.5. Matriz de los tipos de procesos (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008)....	9
Figura 2.6. Ejemplo de Proceso de trabajo.....	10
Figura 2.7. Ejemplo de proceso por lote (Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham, 2011).	11
Figura 2.8. Ejemplo de un proceso en línea (Schroeder, 2011).....	12
Figura 2.9. La producción de biodiesel es un ejemplo de un proceso de flujo continuo (Evangelista, Alcántar y Ramírez, 2014).	13
Figura 2.10. Las cuatro fases de Distribución de Planta (Muther, 1968).....	15
Figura 2.11. Ejemplo de plano de bloques (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008)...	16
Figura 2.12. Modelo de colocación de departamentos en ALDEP (Fernández, 2006).	19
Figura 2.13. Diagrama de los factores de productividad de una empresa (Prokopenko, 1989).	20
Figura 3.1. Esquema general de la Metodología SLP considerando la NOM.	28
Figura 3.2. Asistente para la Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas (STPS, 2019).	30
Figura 3.3. Ejemplo de gráficas P-Q según cada tipo de distribución (Gaibort, 2017).	31
Figura 3.4. Ejemplo de Matriz relacional de actividades (Rodríguez et al., 2018).	33
Figura 3.5. Ejemplo de Diagrama Relacional de Actividades (Regalado, 2016).....	34
Figura 3.6. Ejemplo de Diagrama Relacional de Espacios (Regalado, 2016).....	36
Figura 4.1. Gráfico P-Q de la empresa Servicios Agroindustriales.	43
Figura 4.2. Cursograma sinóptico de la elaboración de una máquina en Servicios Agroindustriales.....	45
Figura 4.3. Máquina fabricada en la empresa Servicios Agroindustriales.....	46

Figura 4.4. Matriz relacional de actividades en la empresa Servicios Agroindustriales.	47
Figura 4.5. Nueva matriz relacional de actividades en la empresa Servicios Agroindustriales.	49
Figura 4.6. Diagrama relacional de actividades en la empresa Servicios Agroindustriales.	50
Figura 4.7. Layout de la empresa Servicios Agroindustriales.	51
Figura 4.8. Layout optimo generado en ALDEP.	53
Figura 4.9. Diagrama Relacional de Espacios de la empresa Servicios Agroindustriales.	54
Figura 4.10. Bosquejos de tres posibles opciones de distribución del taller.	55
Figura 4.11. Layout de la opción seleccionada.	57
Figura 4.12. Delimitación de las áreas de trabajo.	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Listado de Normas Oficiales Mexicanas (STPS, 2019).....	23
Tabla 4.1. Listado de NOM's aplicables a la empresa Servicios Agroindustriales.....	39
Tabla 4.2. Descripción de los pasos de la Figura 4.1.....	46
Tabla 4.3. Definición de células de trabajo.	48
Tabla 4.4. Comparación de espacio requerido y disponible.	51
Tabla 4.5. Ponderación de las opciones de distribución.	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

(2.1) Medición de la productividad	21
--	----

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto que se presenta a continuación tiene la finalidad de crear una adecuada distribución del taller que permita tener un área de trabajo definida, organizada y estandarizada para incrementar la eficiencia de este y que se disminuyan los posibles riesgos de accidentes o lesiones.

El presente capítulo aborda la descripción de la empresa y se explica la problemática por la cual fue necesario implementar la metodología para dar solución a su situación, además, se plantean los objetivos y la hipótesis relacionada a esta investigación.

1.1. Presentación

El problema que se presenta en este proyecto se desarrolla en la empresa Servicios Agroindustriales, la cual se encuentra ubicada en Hermosillo, Sonora. Actualmente, se encuentran laborando 40 empleados, algunos de estos empleados trabajan directamente en el taller, mientras que otros trabajan en las instalaciones de los clientes.

La empresa se dedica a la elaboración de diferentes tipos de maquinaria agrícola, aunque el enfoque principal es la fabricación de maquinaria requerida para el empaque del producto, encargándose desde el diseño hasta la puesta en marcha la máquina a elaborar y así, satisfacer las necesidades de los agricultores.

Servicios Agroindustriales cuenta con un taller donde fabrican la maquinaria normalmente en secciones para después ensamblarse en las instalaciones de los clientes, esto debido al tamaño tan grande de la maquinaria con respecto al espacio del taller y la dificultad de transportarla a los campos agrícolas, donde están la mayoría de sus clientes.

El tipo de trabajo del taller es por procesos de trabajo, ya que se fabrica maquinaria personalizada según las necesidades concretas de cada cliente, por lo que es necesario ser flexibles en la elaboración de diferentes tipos de máquinas, los

trabajadores y las herramientas de trabajo suelen tener que adaptarse a las circunstancias para poder realizar diferentes tareas según cada proyecto. La maquinaria que fabrican es bajo pedido de algún cliente y no se puede saber con antelación las necesidades específicas del próximo cliente.

La empresa tiene poco más de un año que inicio a trabajar, sin embargo, ha tenido un crecimiento considerable en las cargas de trabajo, uno de los problemas que esto ha conllevado es que no se tomó el tiempo necesario para hacer una correcta distribución del taller, definir los espacios necesarios, elaboración de mesas de trabajo y asignar lugares para almacenar materia prima y producto terminado. Lo antes mencionado, genera que los trabajadores trabajen en condiciones que no son las adecuadas, estando propensos a sufrir algún tipo de accidente o lesión, se les dificulta la elaboración de las tareas que tienen que realizar, además, no existe un orden o estándar del área de trabajo, lo cual afecta en la eficiencia del trabajo.

1.2. Planteamiento del problema

La empresa Servicios Agroindustriales no cuenta con un diseño de distribución del taller, por lo que no están correctamente definidos los espacios necesarios para las tareas que realizan, no existen mesas de trabajo para trabajar de forma correcta ni algún lugar para el almacenaje de la materia prima o producto terminado. Además, de no cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de seguridad y salud en el trabajo. Debido a esto, los trabajadores se encuentran laborando en condiciones que no son las más adecuadas, ya que existe el riesgo latente de sufrir algún accidente o lesión, se dificulta el realizar las tareas cotidianas y no existe un orden o estándar en el área de trabajo, lo cual afecta la eficiencia de los trabajadores.

1.3. Objetivo general

Realizar un rediseño en la distribución del taller con base a una metodología con enfoque en distribución de planta que permita definir, organizar y estandarizar el área de trabajo de los diferentes procesos, con el fin de mejorar la eficiencia del taller y reducir los riesgos potenciales de accidentes o lesiones.

1.4. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de las condiciones actuales del taller para analizar las áreas de mejora.
- Desarrollar una metodología para definir la distribución del taller y delimitar las áreas de trabajo de la manera más conveniente.
- Implementar el plan de distribución obtenido que ayude a aumentar la productividad y a mejorar las condiciones de seguridad de la organización.
- Evaluar que se obtengan los resultados esperados bajo las condiciones prevalentes.

1.5. Hipótesis

La implementación de una metodología de rediseño de instalaciones permitirá a la empresa distribuir mejor sus áreas de trabajo con el fin de que sus empleados puedan trabajar en mejores condiciones, de forma cómoda y segura, reduciendo el riesgo de sufrir accidentes o lesiones, e incrementando la eficiencia en sus actividades diarias.

1.6. Alcances y delimitaciones

El proyecto sólo se realizará dentro del taller donde se fabrica la maquinaria, y se excluirán los lugares donde se instala la misma. Existen restricciones de tiempo, al no poder desarrollar el proyecto mientras existan pedidos especiales o de urgencia en el taller, además, se está limitado a la capacidad de inversión económica de la empresa.

1.7. Justificación

Este proyecto se realizará debido a que los propietarios de la empresa están conscientes que no están trabajando de la manera más adecuada, por ello buscan que se haga una redistribución de las instalaciones para poder ser más eficientes. El rediseñar la distribución del taller busca asignar mejor los espacios con el fin de ofrecerles a los trabajadores condiciones adecuadas, seguras y cómodas para trabajar, para que con ello, pueda mejorar la eficiencia, el ambiente laboral y se reduzca el riesgo de accidentes o lesiones.

2. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo, se muestra la investigación literaria que se realizó, la cual sirvió para tener en consideración para el caso de estudio de esta tesis. Se abordaron diferentes temas relevantes como los tipos de distribución de planta, tipos de procesos, metodologías de distribución de planta, productividad, Normas Oficiales Mexicanas y algunos casos de estudios.

2.1. Distribución de planta

A continuación, se presenta una recopilación de información de diferentes autores que tratan sobre distribución de planta, abordando distintos temas como la definición, objetivos, principios básicos y tipos de distribución de planta.

2.1.1. Definición

La distribución de planta es el proceso de ordenar los elementos que forman a un sistema productivo en su espacio físico, de modo que se pueda lograr cumplir con las metas de producción de la manera más conveniente y eficiente posible. Se considera como una de las decisiones de diseño más significativas dentro de la estrategia de operaciones de una empresa (Pérez, 2016).

Paredes et al. (2016) mencionan que la problemática reside en localizar la disposición de espacio óptimo en un conjunto de instalaciones considerando los vínculos que deben de existir entre estas para organizar de forma más eficiente la producción e incrementar la seguridad de la planta. Mientras que Ospina (2016) menciona que la misión de realizar una propuesta de distribución de planta, es delimitar la manera más conveniente de organizar los espacios y las máquinas para obtener un margen económico rentable para la organización y así lograr los objetivos primordiales que son ofrecer una mayor satisfacción y seguridad a los empleados para poder conseguir un mejor rendimiento.

2.1.2. Objetivos

Según Huillca y Monzón (2015) menciona que los principales objetivos que busca una adecuada distribución de planta son:

- Integración de todos los factores que afecten a la distribución.
- Movimiento de los materiales según distancias mínimas.
- Circulación del trabajo a través de la planta.
- Usar eficientemente todo el espacio.
- Bienestar y seguridad de los trabajadores
- Flexibilidad de ordenación por si es necesario realizar reajuste

2.1.3. Principios básicos de la distribución de planta

Chaluis (2015) menciona seis principios básicos a considerar al momento de diseñar una distribución de planta, los cuales se describen a continuación:

1) Principio de la satisfacción y de la seguridad

En igualdad de condiciones, es más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.

2) Principio de la integración de conjunto

La mejor distribución es la que integra a los trabajadores, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el conjunto mejor entre todas estas partes.

3) Principio de la mínima distancia recorrida

En igualdad de condiciones, se considera mejor la distribución en donde la distancia a recorrer por el material sea la menor posible.

4) Principio de la circulación o flujo de materiales

En igualdad de condiciones, es preferible aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de forma que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales.

5) Principio del espacio cúbico

En igualdad de condiciones, será más económica la distribución que use los espacios horizontales y verticales debido al ahorro de espacio. Una buena distribución es la que aprovecha las tres dimensiones en igual forma.

6) Principio de la flexibilidad

En igualdad de condiciones, es mejor la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconveniente, es decir, con mayor flexibilidad y al menor costo.

2.1.4. Tipos de distribución de planta

Chaluis (2015), Shmueli (2011) y Garcia-Sabater (s.f.) mencionan que existen diferentes tipos de distribución en planta las cuales se pueden clasificar según la forma de organización del proceso productivo, estos se mencionan a continuación:

1) Distribución por producto

Las máquinas están a disposición del flujo del producto según el orden o secuencia de las actividades necesarias para su fabricación. El material se mueve de una operación a la siguiente llamándoles líneas de producción o producción en cadena. Este tipo de distribución no suele permitir adaptarse de manera fácil para fabricar otro producto distinto al que fue planeado. En la figura 2.1 se muestra un ejemplo:

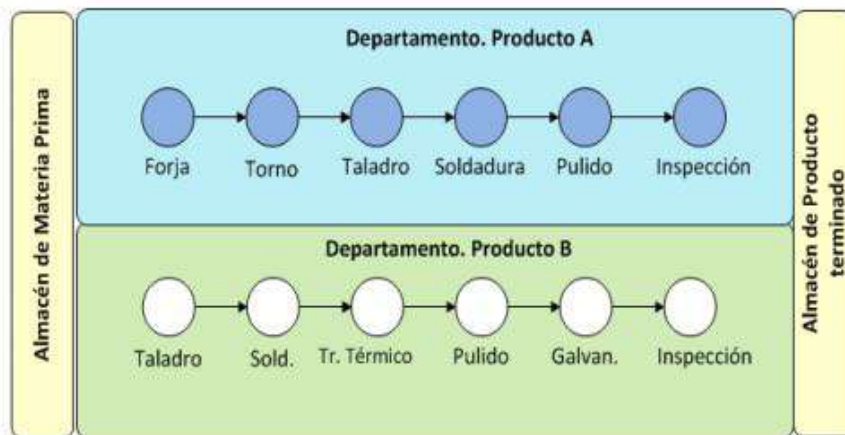


Figura 2.1. Ejemplo de Distribución por producto (Chaluis, 2015)

2) Distribución por posición fija

Los recursos como la mano de obra, materia prima, máquinas, herramientas, etc., van hacia el bien que se produce o al servicio que se presta, por lo que es un sistema de trabajo móvil. Este tipo de distribución suele utilizarse cuando lo que se va a elaborar es de dimensiones muy grandes, lo que complica o vuelve costoso su movimiento. Los puestos de trabajo se instalan de manera provisional cerca del elemento que se está fabricando. En la figura 2.2 se muestra un ejemplo:

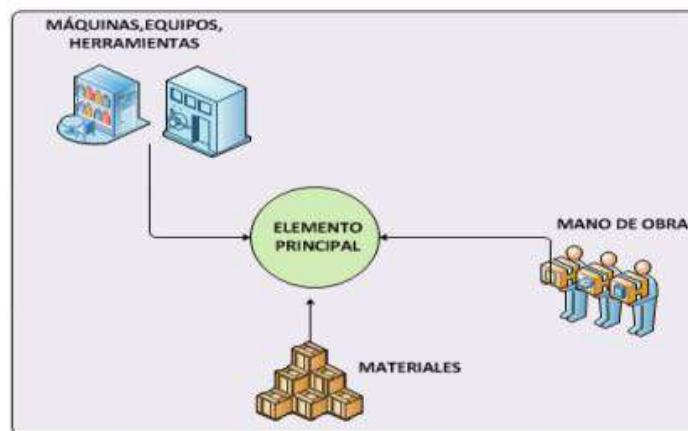


Figura 2.2. Ejemplo de Distribución por posición fija (Chaluis, 2015).

3) Distribución por procesos

Se agrupan las máquinas o procesos similares en un mismo sector, este es un sistema de trabajo estacionario. El material se mueve entre las diferentes máquinas de un mismo sector o entre los diferentes sectores. Este tipo de distribución es muy versátil debido a que se puede fabricar cualquier producto con las limitaciones propias de la misma instalación. En la figura 2.3 se muestra un ejemplo:

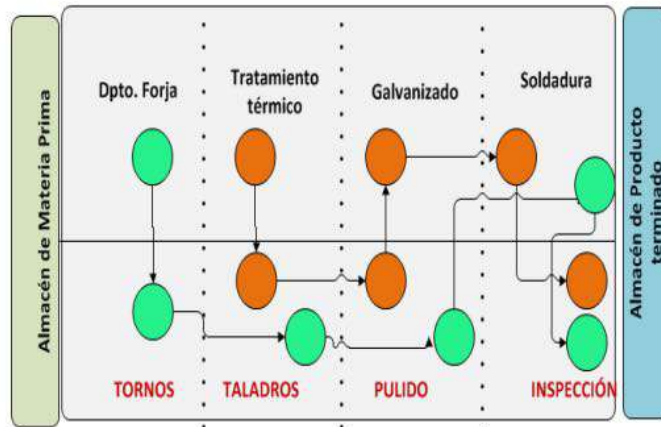


Figura 2.3. Ejemplo de Distribución por procesos (Chaluis, 2015).

4) Distribución por células de trabajo o fabricación flexible

Las células de trabajo se pueden definir como una agrupación de máquinas y trabajadores que realizan una sucesión de operaciones sobre varias unidades de un producto o familia de productos. El termino de distribución celular es relativamente nuevo, sin embargo, en la práctica no lo es. La fabricación celular tiene la finalidad de beneficiarse al mismo tiempo de las distribuciones por productos y de las distribuciones por proceso, específicamente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas. Las salidas de las células pueden ser productos finales o componentes que pasarán a ser parte del producto final. En la figura 2.4 se muestra un ejemplo:

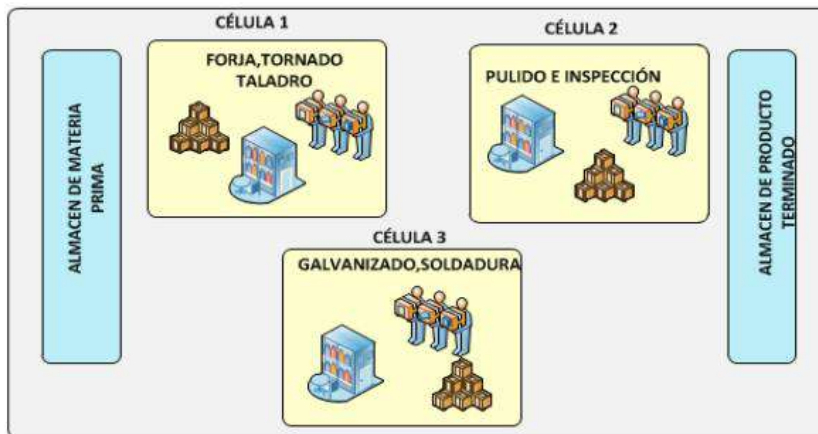


Figura 2.4. Ejemplo de Distribución por células de trabajo (Chaluis, 2015).

2.2. Tipos de procesos

El diseño de distribución de planta por lo general depende del volumen y de la variedad de productos que se fabrican o ensamblan en la empresa. Al conocer la cantidad de productos y la complejidad de los mismos se pueden clasificar en varios tipos de procesos (Madrid, 2019).

Según Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008), la opción de proceso es la forma en que se pueden estructurar los procesos mediante la organización de los recursos conforme al proceso o a los productos.

Los tipos de procesos en los que se pueden clasificar según la complejidad, flujo, personalización y volumen se pueden observar en la figura 2.5:

1. Proceso de trabajo
2. Proceso por lotes
3. Proceso en línea
4. Proceso de flujo continuo

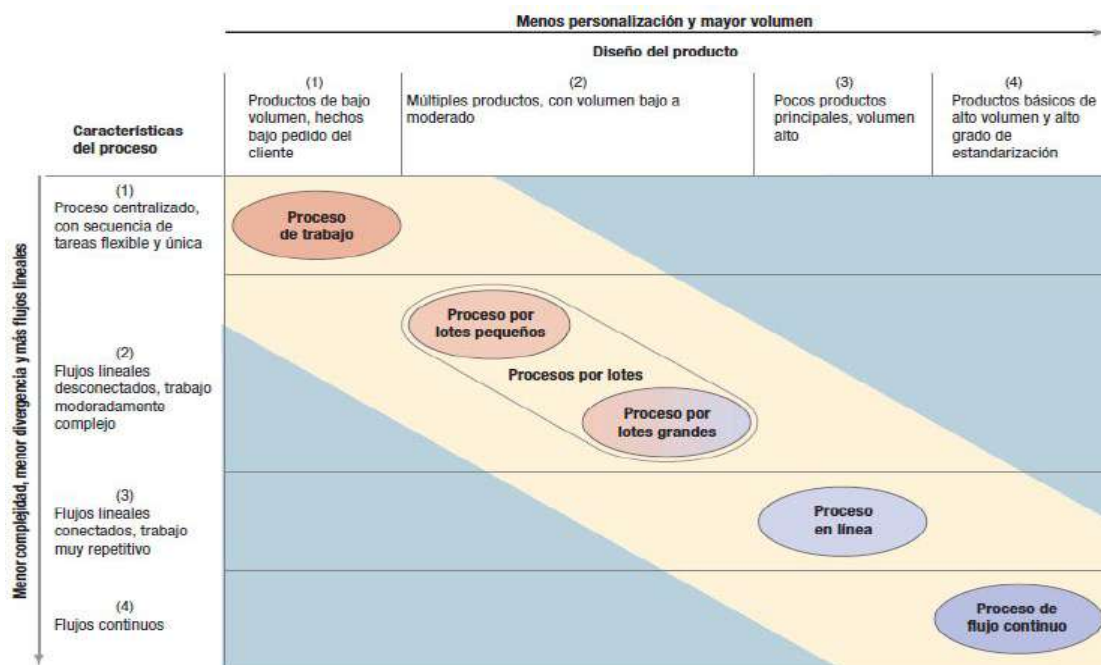


Figura 2.5. Matriz de los tipos de procesos (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008).

2.2.1. Proceso de trabajo

Un proceso de trabajo tiene la flexibilidad necesaria para poder elaborar una gran variedad de productos en cantidades considerables, con complejidad y diferencias significativas en los pasos que se realizan. Tiene un alto grado de personalización y los volúmenes de cualquiera de sus productos son generalmente bajos. La maquinaria y los trabajadores son flexibles para poder realizar las diferentes tareas que se presenten. En la mayoría de los casos, se fabrica bajo pedido de los clientes y no se produce con anticipación, ya que se desconocen las necesidades específicas del próximo cliente y la frecuencia de pedidos repetidos de un mismo cliente no se puede predecir. En este tipo de proceso se suele organizar los recursos en torno al proceso, ya que generalmente se ubican juntos a los trabajadores y maquinaria capaces de realizar un cierto tipo de trabajo. Un ejemplo de este tipo de procesos es el taller de fabricación de la empresa Servicios Agroindustriales como se muestra en la Figura 2.6.



Figura 2.6. Ejemplo de Proceso de trabajo.

2.2.2. Proceso por lotes

El proceso por lote es el tipo más común que se encuentra en la práctica. Se distingue del proceso de trabajo por las diferencias de volumen, variedad y cantidad. La principal diferencia que maneja volúmenes más altos debido a que los productos se elaboran repetidamente. Otras diferencias son que la gama de productos que se pueden elaborar es menor y las partidas de producción se manejan en cantidades (o lotes) mayores que en los procesos de trabajo. Los procesos por lotes tienen un volumen moderado, pero las diferencias que existen entre los procesos son muy grandes como para poder justificar el hecho de tener un proceso exclusivo para cada producto. El flujo del proceso es flexible, ya que no existe una secuencia establecida de pasos a través de la planta. Se puede clasificar por procesos de lotes pequeños o lotes grandes para diferenciarlos aún más. En la figura 2.7 se muestra un ejemplo:

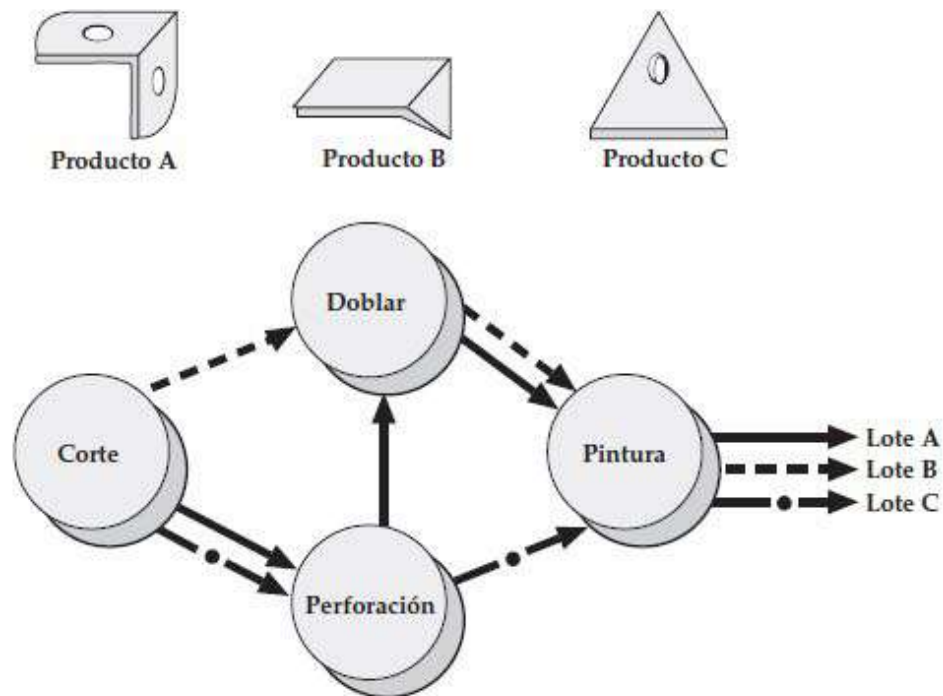


Figura 2.7. Ejemplo de proceso por lote (Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham, 2011).

2.2.3. Proceso en línea

El proceso en línea maneja volúmenes elevados y productos estandarizados, lo cual genera que se puedan organizar los recursos en torno a los productos. Los flujos suelen ser lineales, y se mantiene poco inventario en proceso. Cada operación ejecuta el mismo proceso repetidamente, teniendo poca variabilidad en los productos que se pueden manufacturar. El personal y la maquinaria utilizada son especializadas. Los pedidos de producción no están directamente relacionados con los pedidos de los clientes ya que se producen artículos estándares para adelantarse a las necesidades y se mantienen en inventario hasta que un cliente realice un pedido. Ejemplos de productos que se fabrican en un proceso en línea son: automóviles, computadoras, electrodomésticos, juguetes, etc. En la figura 2.8 se muestra un ejemplo:

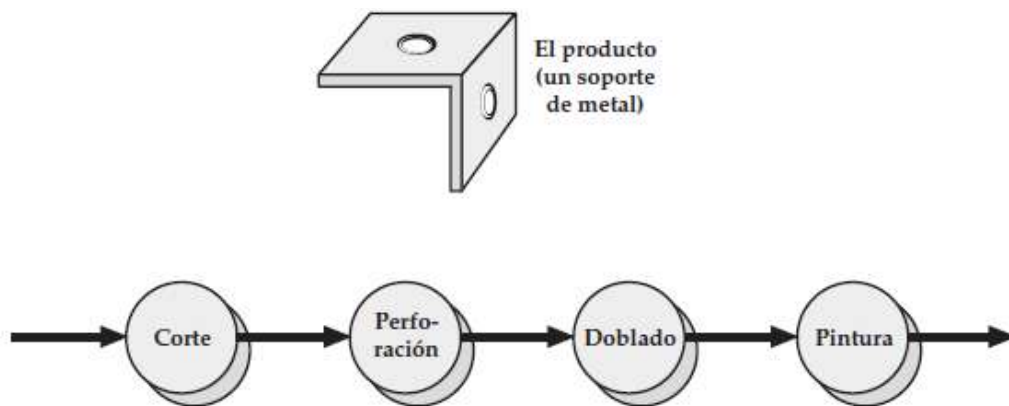


Figura 2.8. Ejemplo de un proceso en línea (Schroeder, 2011).

2.2.4. Proceso de flujo continuo

Un proceso de flujo continuo maneja altos volúmenes de producción estandarizada y flujos en línea rígidos. Su nombre hace referencia al movimiento de los materiales a través del proceso. Por lo general, la materia prima (como un líquido, un gas o un polvo) se mueve sin detenerse a lo largo del proceso. Este tipo de proceso requiere de mucho capital por lo que funcionan las 24 horas del día para maximizar la utilización y así evitar los costos por parar y arrancar la producción. La principal diferencia con

respecto a los procesos en línea es que los materiales fluyen a través del proceso sin parar hasta que se complete el lote. Su duración puede durar varios días o incluso meses, mientras que los procesos en línea pueden iniciar y detenerse cada turno o día, aunque el lote no se encuentre terminado. En la figura 2.9 se muestra un ejemplo:

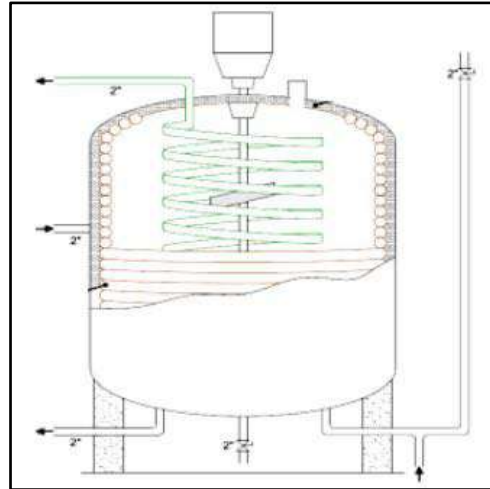


Figura 2.9. La producción de biodiésel es un ejemplo de un proceso de flujo continuo (Evangelista, Alcántar y Ramírez, 2014).

2.3. Metodología de distribución de planta

Existen muchas metodologías de distribución de planta, sin embargo, solo se mencionan las que se consideraron de mayor relevancia para esta investigación, abordando las metodologías de Systematic Layout Planning, diseño de distribución de flujo flexible y el método de eslabones.

2.3.1. Systematic Layout Planning (SLP)

El hecho de generar y seleccionar una distribución óptima del espacio de una organización es un proceso complicado e iterativo que va a depender de las relaciones que existan entre los elementos que forman a su sistema de producción. En el campo de la ingeniería, se han formulado varias estrategias y procedimientos para resolver problemas relacionados a la distribución de planta, sin embargo, el SLP creado por Muther, ha sido el más aceptado y utilizado (Pérez, 2016).

La metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta, conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más reconocida y la más frecuentemente usada para solucionar problemas referentes a distribución de plantas a partir de criterios cualitativos, sin embargo, fue desarrollada para el diseño de cualquier tipo de distribución en planta sin importar su naturaleza. Esta metodología fue creada por Richard Muther en 1961 como un procedimiento sistemático de multicriterio, igualmente adaptable a distribuciones totalmente nuevas o a distribuciones de plantas ya existentes (Príncipe et al., 2015; Paredes et al., 2016; Cárdenas, 2017).

Madrid (2019) y Muther (1968) mencionan las cuatro fases o niveles de la distribución de planta de la metodología SLP son:

- Fase I: Localización. En esta fase se debe definir la ubicación de la planta a distribuir. En caso de ser una planta nueva, se debe de buscar una posición geográfica que sea competitiva basado en ciertos criterios relevantes para la misma. En caso de una redistribución de planta, se deberá decidir si se mantendrá el mismo lugar o si se trasladará a un establecimiento recién adquirido, o una superficie similar disponible.
- Fase II: Distribución general. En esta fase es importante disponer de manera global de toda la superficie a distribuir. Se debe analizar las áreas y los flujos de recorrido de manera que la configuración general, las relaciones y el tamaño de cada área importante quede determinado, sin enfocarse todavía en la distribución a detalle. En esta fase se debe de obtener un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.
- Fase III: Distribución detallada. Se debe elegir el lugar donde estará cada máquina y cada equipo. A lo largo de esta fase se deben seleccionar los lugares donde quedarán situados todos los elementos físicos de cada área. En esta fase se debe presentar el Plan de distribución a detalle.
- Fase IV: Instalación. En esta última fase se deben realizar los movimientos físicos y ajustes necesarios que se vayan presentando en la colocación de la maquinaria y equipo, para cumplir con lo que se tiene planificado.

Estas fases se deben realizar en secuencia y para obtener mejores resultados se deben superponer cada una con la siguiente, tal como se muestra en la Figura 2.10.

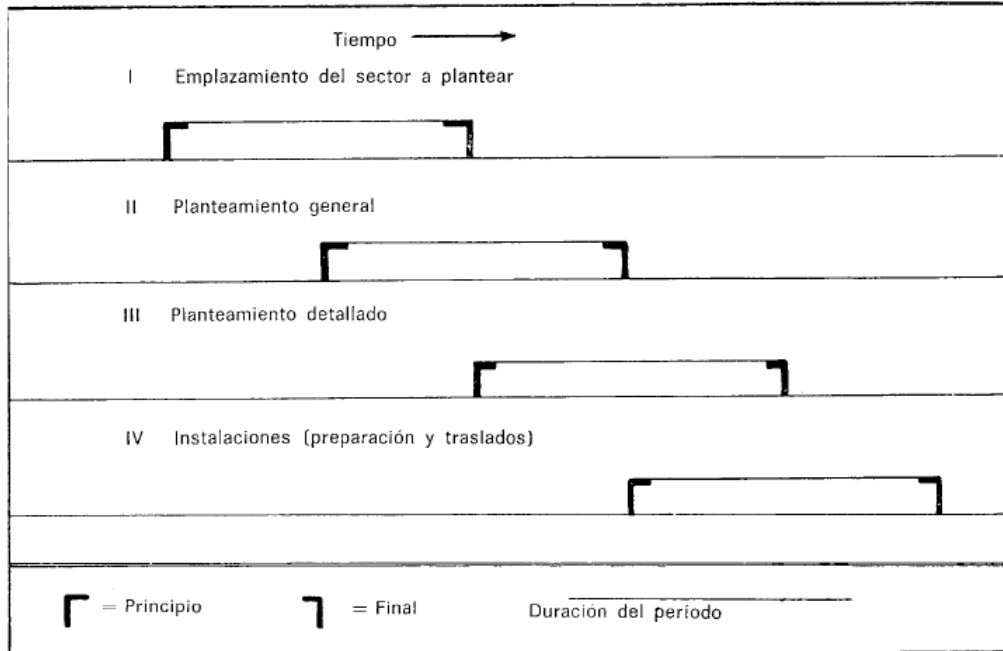


Figura 2.10. Las cuatro fases de Distribución de Planta (Muther, 1968).

2.3.2. Diseño de distribución de flujo flexible

La distribución de flujo flexible consta de tres pasos, y es aplicable independientemente si es una distribución nueva o se está redistribuyendo una existente. El primer paso es reunir información, el segundo es crear un plano de bloques y el tercero consta en diseñar una distribución física detallada.

Paso 1: Reunir información. Se necesitan tres tipos de información para comenzar a diseñar una distribución de planta:

- Requisito de espacio: se debe relacionar las necesidades de espacio con los planes de capacidad y personal; calcular los requisitos de equipo y área de cada centro de trabajo y considerar el espacio de circulación para pasillos y accesos similares.
- Espacio disponible: se debe determinar un espacio e indicar en donde se ubicará cada departamento.

- Factores de proximidad: se debe conocer que departamentos deben estar cerca unos de otros, por lo que se recomienda elaborar una matriz de cercanía.

Paso 2: Crear un plano de bloques. Este paso consiste en elaborar un plano de bloques que cumpla con los criterios de desempeño y las necesidades del área. La forma más básica de elaborarlo es por medio del método de ensayo y error, sin embargo, debido a que se depende en gran medida de la pericia del diseñador, no se garantiza la selección de la mejor solución. Por lo que es recomendable que se complemente con la ayuda de una computadora para poder evaluar las soluciones. En la figura 2.11 podemos ver un ejemplo:

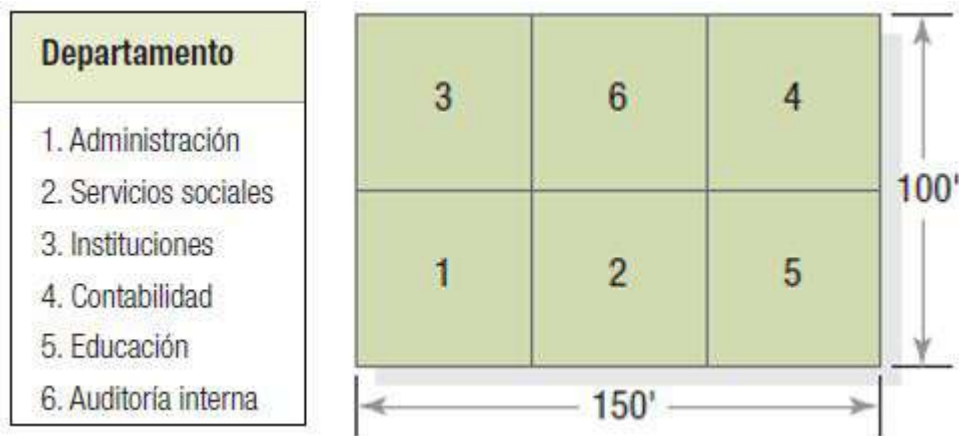


Figura 2.11. Ejemplo de plano de bloques (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008).

Paso 3: Diseñar una distribución detallada. Después de haber elaborado un plano de bloques satisfactorio, este se debe traducir a un modelo detallado que muestre la forma y el tamaño de cada departamento, la distribución de los componentes de los mismos como escritorios, máquinas, etc., y la ubicación de pasillos, escaleras y demás espacios de servicio. Esto se puede modelar en representaciones visuales como dibujos bidimensionales o tridimensionales, estas son de gran ayuda cuando se evalúan directamente con los clientes, ya que ayuda a analizar la propuesta y los problemas que de otra forma pudieran pasar inadvertidos.

2.3.3. Método de Eslabones

Castillo y Castañeda (1990) mencionan que este método de distribución de planta está enfocado principalmente a empresas que fabrican varios productos con diferentes procesos. En cualquier secuencia de fabricación, por más corta que sea, los productos suelen pasar por varias máquinas u operaciones donde reciben un tratamiento determinado. Cada movimiento entre una operación y la otra se le nombra “eslabón” y se identifica con las letras según el orden del proceso. Para poder utilizar este método es necesario que cumpla las siguientes condiciones:

- Las partes que son diferentes entre sí no pasan obligatoriamente por los mismos puestos de trabajo. Se establecen circuitos diferentes según la secuencia de circulación definidas por los tipos o variedades de fabricación.
- Los circuitos superpuestos establecidos, convergentes o divergentes se embrollan en algunas estaciones de trabajo.

La finalidad del método es suministrar para esas situaciones particulares de nudos, una solución. Con esto se consigue que al realizar la suma de los caminos transitados por las diferentes partes sea mínimo y con las menos manipulaciones posibles. La práctica del método está compuesta por tres fases básicas:

- A. Análisis de las gamas de fabricación
 1. Cálculo del índice de circulación de los eslabones
 2. Suma de los eslabones e índices de circulación
- B. Determinación de la implantación teórica
 1. Búsqueda de la implantación teórica
 2. Cálculo de la implantación teórica
- C. Condiciones de aplicación

Este método de distribución de planta, aunque es un poco extenso, es de gran precisión para los casos donde haya varias estaciones de trabajo con productos que deban pasar por diferentes operaciones. Sin embargo, el método tiene algunas limitantes como: las edificaciones existentes, en el caso de una redistribución; y

limitaciones resultantes de la geometría de los terrenos, en el caso de una distribución nueva.

2.3.4. ALDEP

Fernández (2006) menciona que ALDEP (Automated Layout Design Procedure) es un software creado en 1967 de diseño automatizado de distribución de planta. Consta de un procedimiento constructivo que calcula el ratio total de proximidad para cada uno de los departamentos. EL TCR (*Total Closeness Rating*) es la suma de valores asignados a la intensidad de relación de proximidad obtenido de la elaboración de una matriz relacional de actividades, por medio de los coeficientes A, E, I, O, U, X, como se explica en la metodología del SLP de Muther (1968). Estos valores numéricos se les llamas *Closeness Rating* (CR) o necesidades de proximidad.

Pasos para la selección de departamentos:

1. Se elige la primera actividad de forma aleatoria. Esta se adecúa a un contorno definido, siguiendo un ancho y dimensión de avance preestablecido.
2. La segunda actividad elegida es aquella que tiene un mayor TCR con la actividad anterior. En caso de no haber ninguna que tenga relación, se elige una actividad al azar, siguiendo un orden un ancho y dimensión de avance preestablecido.
3. Se repiten los pasos mencionados hasta que se seleccionen todos los departamentos.

Procedimiento de emplazamiento:

1. Colocar el primer departamento en la esquina superior izquierda y extenderlo hacia la parte inferior. El ancho de la extensión se establece por la anchura disponible.
2. El próximo departamento comienza donde terminó el anterior, colocando los departamentos en forma de serpiente o en zigzag como se muestra en la figura 2.12.

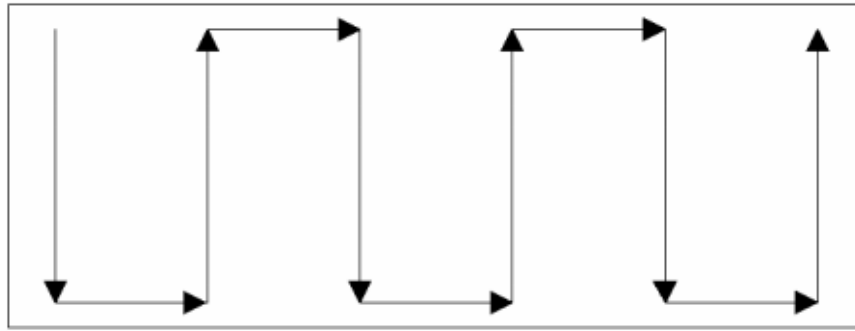


Figura 2.12. Modelo de colocación de departamentos en ALDEP (Fernández, 2006).

Los ratios que utiliza ALDEP de forma predeterminada para establecer la cantidad de adyacencia entre los departamentos es $A=64$; $E=16$; $I=4$; $O=1$; $U=0$; $X=-1024$

2.4. Productividad

La eficiencia de la producción y el nivel de productividad de los sistemas de manufactura se ven impactados de manera importante la distribución de planta de la empresa. Por ello, el identificar oportunidades de mejora de la distribución espacial de los sistemas productivos es vital para aportar en el aumento de la productividad de trabajo de una organización. La distribución de planta es una decisión que se da como un resultado de un proceso de evaluación, en donde se detecta que el *layout* no permite lograr las metas trazadas por la organización (Pérez, 2016).

Según Chang (2016) la productividad se define como el nivel de rendimiento con el que se utilizan los recursos disponibles para lograr las metas establecidas por la empresa. La razón más importante para estudiar la productividad es para lograr identificar las causas que perjudican a la misma, y una vez que estas se conocen, poder implementar soluciones para poder incrementar su rendimiento. La productividad va en estrecha relación con la eficiencia y la calidad, según la teoría es la relación existente entre la producción conseguida y los recursos que se utilizaron para generarla. Desde esta perspectiva, para poder calcular la productividad de un sistema es preciso caracterizar muy bien ambos factores (Obando y Otero, 2017).

Para Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008) la productividad es un indicador esencial para medir el desempeño de las economías, industrias, empresas y procesos. Esta es el valor de los productos (bienes o servicios), dividido entre el valor de los recursos que se utilizaron como insumos.

2.4.1. Factores de mejoramiento de la productividad

Para poder mejorar la productividad no solo se trata de hacer las cosas mejor, sino que es más importante hacer mejor las cosas correctas. Por eso es importante mencionar los principales factores o cosas correctas a las que se les debe prestar mayor atención, por lo que antes de iniciar un programa para mejorar la productividad, es conveniente revisar cuáles con los factores que afectan la productividad. Se sugiere clasificar estos factores para ayudar a la directiva o gerencia a poder identificar qué factores son los que se pueden controlar con mayor facilidad, por lo que de esta manera se reduce considerablemente el número de factores que se ha de analizar. Los factores de productividad se pueden clasificar en dos categorías: factores externos (no controlables) y factores internos (controlables). En la figura 2.13 se puede ver más a detalle la clasificación de los mismos (Prokopenko, 1989).

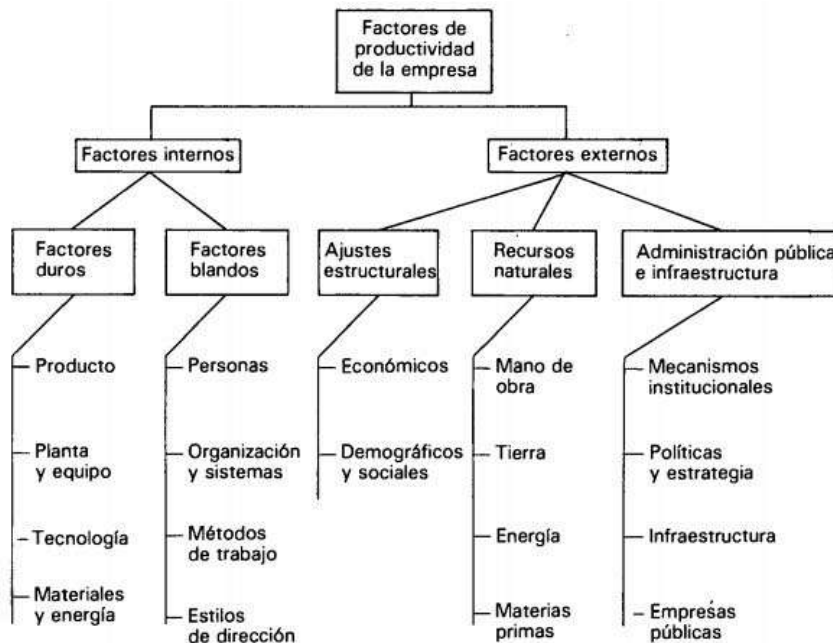


Figura 2.13. Diagrama de los factores de productividad de una empresa (Prokopenko, 1989).

2.4.2. Factores internos de la productividad

Existen factores internos que se pueden modificar de forma más fácil que otros, es por eso por lo que es útil clasificarlos en dos grupos, duros y blandos, los primeros no son fácilmente cambiables, mientras que los segundos son fáciles de cambiar. Los factores duros son los productos, tecnología, equipo y materias primas. Los factores blandos son la fuerza de trabajo, los sistemas y procedimientos de la organización, estilos de dirección y los métodos de trabajo. El separar en dos grupos tiene como finalidad saber cuáles son los factores en los que se puede influir de manera fácil y cuáles son los que requiere injerencias económicas y organizativas más fuertes (Navarro, 2017).

2.4.3. Factores externos de la productividad

Existen diferentes factores externos que intervienen en la productividad de las empresas, como la situación política, social y económica; disponibilidad de recursos financieros, energéticos, materia prima, métodos de comunicación y transporte, entre otros. Estos factores no pueden ser controlados activamente por las organizaciones. Sin embargo, los directivos de la empresa deben de tener en cuenta dichos factores al momento de planificar y elaborar los programas de productividad (Navarro, 2017).

2.4.4. Medición de la productividad

La productividad es un indicador que se puede utilizar para saber que tan bien se están aprovechando los recursos de un país, industria o de algún negocio, dado que es importante hacer el mejor uso posible de los recursos disponibles, es fundamental medir la productividad para saber cómo es el desempeño de las operaciones que se realizan. En la ecuación 2.1 se muestra cómo es que se puede medir la productividad en sentido amplio.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

(2.1)

Para poder aumentar la productividad es necesario que la razón de salidas a entradas sea lo más grande posible. La productividad es conocida como una medida relativa, lo

cual quiere decir que para que tenga un significado es necesario compararse con otra cosa. Ésta se puede comparar de dos formas, la primera forma es que una compañía se puede comparar con operaciones afines a su mismo sector. Otra forma sería medir la productividad de una misma operación a lo largo del tiempo (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009).

2.5. Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social indican las condiciones mínimas necesaria para la prevención de riesgos de trabajo y se identifican debido a que se enfocan en la atención de factores de riesgos a los que pueden estar arriesgando a los trabajadores. Actualmente, se encuentran vigentes 44 NOM's en materia de seguridad y salud en el trabajo. Estas normas se clasifican en cinco categorías: Seguridad, Salud, Organización, Especificas y de Producto. La aplicación de estas es de carácter obligatorio a nivel nacional.

Normas de Seguridad	
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales e instalaciones
NOM-002-STPS-2010	Prevención y protección contra incendios
NOM-004-STPS-1999	Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-005-STPS-1998	Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-009-STPS-2011	Trabajos en altura
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión y calderas
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática
NOM-027-STPS-2008	Soldadura y corte
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de instalaciones eléctricas
NOM-033-STPS-2015	Trabajos en espacios confinados
NOM-034-STPS-2016	Acceso y desarrollo de actividades de trabajadores con discapacidad
Normas de Salud	
NOM-010-STPS-2014	Contaminantes por sustancias químicas
NOM-011-STPS-2001	Ruido
NOM-012-STPS-2012	Radiaciones ionizantes
NOM-013-STPS-1993	Radiaciones no ionizantes
NOM-014-STPS-2000	Presiones ambientales anormales

NOM-015-STPS-2001	Condiciones térmicas elevadas o abatidas
NOM-024-STPS-2001	Vibraciones
NOM-025-STPS-2008	Iluminación
NOM-035-STPS-2018	Factores de riesgo psicosocial en el trabajo
NOM-036-1-STPS-2018	Factores de riesgo ergonómico en el trabajo
Normas específicas	
NOM-003-STPS-1999	Plaguicidas y fertilizantes
NOM-007-STPS-2000	Instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas agrícolas
NOM-008-STPS-2013	Aprovechamiento forestal maderable
NOM-016-STPS-2001	Operación y mantenimiento de ferrocarriles
NOM-023-STPS-2012	Trabajos en minas subterráneas y a cielo abierto
NOM-031-STPS-2011	Construcción
NOM-032-STPS-2008	Minas subterráneas de carbón
Normas de Organización	
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal
NOM-018-STPS-2015	Identificación de peligros y riesgos por sustancias químicas
NOM-019-STPS-2011	Comisiones de seguridad e higiene
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad
NOM-028-STPS-2012	Seguridad en procesos y equipos con sustancias químicas
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud
Normas de Producto	
NOM-100-STPS-1994	Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida
NOM-101-STPS-1994	Extintores a base de espuma química
NOM-102-STPS-1994	Extintores contra incendio a base de bióxido de carbono
NOM-103-STPS-1994	Extintores contra incendio a base de agua con presión contenida
NOM-104-STPS-2001	Agentes extinguidores-Polvo químico seco tipo ABC a base de fosfato mono amónico
NOM-106-STPS-1994	Agentes extinguidores-Polvo químico seco tipo BC, a base de bicarbonato de sodio
NOM-113-STPS-2009	Calzado de protección
NOM-115-STPS-2009	Cascos de protección
NOM-116-STPS-2009	Respiradores purificadores de aire de presión negativa contra partículas nocivas

Tabla 2.1. Listado de Normas Oficiales Mexicanas (STPS, 2019).

La seguridad y salud en el trabajo está regulada por varios ordenamientos como en la Constitución Política, en reglamentos y leyes federales, así como en por las Normas Oficiales Mexicanas de la materia, entre otros ordenamientos. En la constitución se menciona que el patrón está obligado a verificar los preceptos legales sobre seguridad e higiene en las facilidades de su centro de trabajo, y debe adoptar las medidas pertinentes para la prevención de accidentes en el uso de materiales, instrumentos y máquinas en el trabajo, así como organizar de tal forma que resulte la mayor garantía para la salud y vida de los empleados. Mientras que, en la Ley Federal del Trabajo, se menciona que el patrón tiene la obligación de instalar y operar los centros de trabajo de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente, con el fin de prevenir accidentes y enfermedades laborales, así como aplicar medidas preventivas y correctivas que decreta la autoridad laboral. De igual forma, los trabajadores tienen obligaciones contenidas en las NOM's para su seguridad y protección personal, así como someterse a reconocimientos médicos previstos en el reglamento interno y demás normas vigentes en la empresa, con el fin de comprobar que no padece alguna incapacidad o enfermedad de trabajo, contagiosa o incurable.

2.6. Casos de estudio

Existen muchos casos de estudios donde se han aplicado metodologías de diseño de instalaciones y se han obtenido buenos resultados, uno de ellos es el de Eneque (2019), en este caso se realizó el estudio en una empresa que fabrica contenedores flexibles para transportar materia prima a granel, donde por la alta demanda de pedidos, llegaron a su límite de capacidad, por lo cual comenzaron a rechazar pedidos de clientes, por lo tanto fue necesario realizar un estudio de rediseño en la planta que ayudara a resolver estos problemas. Entre los resultados obtenidos en este estudio, se logra aumentar la capacidad de planta de 3220 a 12,000 unidades, obteniendo un 50% de capacidad de soporte para poder afrontar la variación de la demanda. Se mejora los indicadores de producción y productividad de la empresa; y se localiza en una zona industrial para poder cumplir con las necesidades de espacio requeridas.

Otro caso de estudio es el de Medina, Aguilar y Villegas (2019), donde se presenta la implementación y diseño de planta de una empresa que busca aprovechar los residuos sólidos (viruta de cuero) de uno de sus procesos para reutilizarlo en otro proceso complementario. Al desarrollar el estudio, se demostró que para poder realizar un adecuado diseño de planta es necesario utilizar diferentes técnicas ingenieriles como el análisis de factores para poder identificar la localización, el uso de herramientas como los métodos de Guerchet y Muther para poder distribuir los espacios y la ubicación de la maquinaria. Se determinó que el área necesaria para la implementación una nueva línea productiva y se requirió un nuevo tablero eléctrico ya que los existentes estaban a su límite, el personal necesario se rotará de otras actividades para minimizar los costos de mano de obra, el diseño de la línea se desarrolló en base a un crecimiento proyectado por la empresa en su producción del 37%, lo cual representa 812 planchas de cuero regenerado mensual que se podrá estar obteniendo aproximadamente.

Por otra parte, Díaz et al. (2017) presentan los criterios de diseño y adecuación de un laboratorio para la elaboración de aspas para turbinas eólicas, basándose en los requerimientos definidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM), en donde se encontraron ocho NOM's aplicables al laboratorio, las cuales se deben cumplir para su debido funcionamiento y que son obligatorias tanto para los responsables como a los empleados en general que estén involucrados en el proceso de manufactura. En este estudio se desarrolló una metodología considerando los elementos que debe contener el laboratorio de acuerdo con las normas aplicables, así como la ergonomía, seguridad e higiene y medidas fundamentales para la integridad del personal; logrando identificar las funciones específicas de cada área de trabajo y optimizar el espacio del laboratorio al distribuir de manera adecuada las mismas.

Otro caso donde se obtuvieron resultados favorables al implementar una metodología de distribución de planta es el de una empresa pesquera en la provincia de Sancti Spiritus en Cuba la cual produce anualmente más de 5000 toneladas de especies acuícolas de agua dulce. Sin embargo, la empresa se encontraba limitada por su

capacidad de procesamiento, por lo que se desarrolló un procedimiento específico para la planeación de la instalación, se aplicaron diferentes herramientas como el diseño de flujo de materiales, gráfico y diagrama de relaciones, y el cálculo de la necesidad de espacio y representación de la distribución de planta, entre otras. En el diseño que se realizó se consideraron las condiciones y características específicas del proceso productivo por lo que se definieron áreas de materia prima, producción, producto terminado, oficinas y sanitarios. El diseño que se realizó fue capaz de contribuir en disminuir las pérdidas post cosechas y aumentar los niveles productivos de la empresa. En este diseño de distribución de planta se utilizó un procedimiento que permitiera garantizar el cumplimiento de las normas de inocuidad y calidad requeridas según las normas ISO 22000:2005, ISO 9001:2015 y la norma cubana NC 492:2006 de Almacenamiento de alimento y Requisitos sanitarios generales (Rodríguez et al., 2018).

3. METODOLOGÍA

La metodología propuesta cumple con lo que Hernández, Fernández y Baptista (2014) consideran como una investigación con enfoque cuantitativo ya que esta es secuencial y probatoria, la investigación inicia con un alcance descriptivo en donde se busca especificar las características de los procesos de la empresa, lo que serviría como un diagnóstico inicial, después pasaría la investigación a tener un alcance correlacional, esto debido a que al implementar el nuevo diseño de distribución de planta se deberá verificar la hipótesis para ver si se obtuvo una mejora en el centro de trabajo.

Para solucionar el problema de la empresa Servicios Agroindustriales se optó por utilizar la metodología “Systematic Layout Planning” de Muther (1968) con una adaptación, la cual consiste en agregar un paso adicional a dicha metodología, donde se busca poder identificar las Normas Oficiales Mexicanas que son aplicables a la empresa en cuestión con el fin de que sean consideradas al momento de realizar el diseño de distribución de planta.

Al realizar una investigación exhaustiva en la literatura se encontró que varios autores mencionan que la metodología SLP ha sido la más utilizada en las últimas décadas debido a su buen funcionamiento, además, es importante tomar en cuenta la normatividad vigente del país cuando se está diseñando una distribución de planta, para así buscar no infringir la ley, por eso se decidió utilizar esta metodología con la adaptación mencionada.

Varios autores como Regalado, Castaño y Ramirez (2016), Paredes Rodríguez et al. (2016) y Cárdenas (2017) refieren que la metodología SLP ha sido la más aceptada y la que se utiliza con mayor frecuencia para la solución de problemas relacionados a la distribución de planta. La metodología posee la ventaja de las aproximaciones metodológicas precedentes, así como la incorporación del flujo de materiales en el análisis de la distribución, formando el proceso de planificación global de forma racional y determinando una serie de pasos y técnicas que como Muther (1968)

mencionaba, es posible identificar, valorar y visualizar todos los aspectos que son requeridos en la implantación y las relaciones que existen entre ellos. Además, hay una gran cantidad de casos donde se ha aplicado la metodología SLP con exitosos resultados, en la sección 2.6 se pueden ver algunos de estos ejemplos.

3.1. Metodología SLP considerando la NOM

La estructura metodológica se compone por el método Systematic Layout Planning (SLP) de Richard Muther debido al problema existente en la empresa. Regalado, Castaño y Ramirez (2016) describen en una serie de pasos el esquema general de la Metodología SLP, además, para el presente trabajo se agregó un paso adicional referente al cumplimiento de la NOM, el “Paso 0”, a continuación, se presentan los pasos de la metodología (Figura 3.1.).

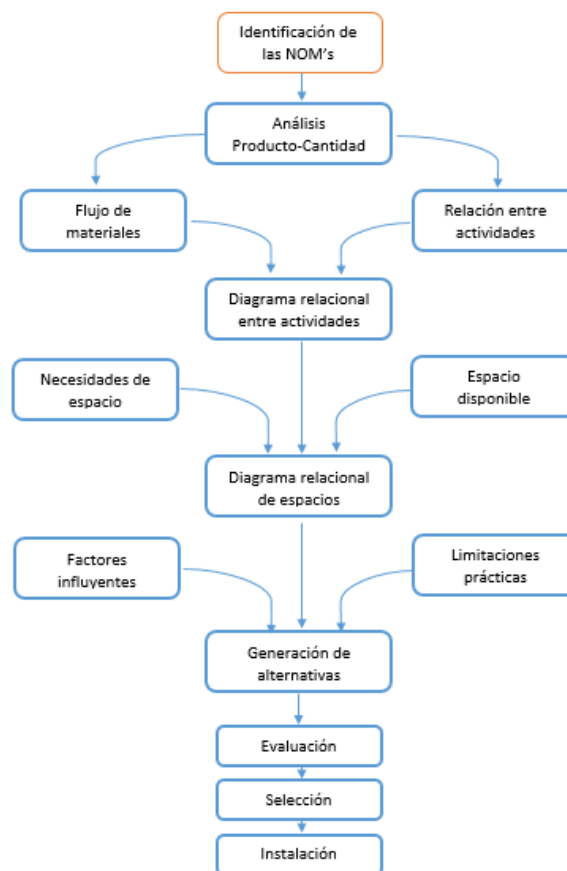


Figura 3.1. Esquema general de la Metodología SLP considerando la NOM.

3.1.1. Paso 0: Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas

Este paso es una adaptación que se le hace a la metodología SLP con el fin de identificar las diferentes normas aplicables de la NOM según el lugar donde se vaya a desarrollar una distribución de planta. Este paso se origina a partir de la necesidad de cumplir con la normatividad vigente del país, por lo que al tener bien definidas cuales son las NOM's que aplican a la instalación en cuestión, se puede lograr una adecuada distribución de planta que considere el cumplimiento de ciertas normas desde que se realiza el diseño de distribución, estableciendo los requisitos mínimos por ley referentes a seguridad y salud en el trabajo. Cabe mencionar que el objetivo de este paso no es el cumplimiento total de la normatividad, sino que busca identificar cuáles son las normas que aplican a la empresa y ver cuáles se pueden lograr cumplir al momento que se realice el diseño de distribución de planta.

Se deberá analizar las 44 NOM's vigentes (Ver tabla 2.1) para ver cuáles son aplicables a la instalación y tipo de trabajo que se realiza en el lugar, para que en base a esto se comience con el desarrollo de la distribución en planta. El análisis de las 44 NOM's es una tarea extensa y laboriosa, sin embargo, hoy en día existe un portal de servicios electrónicos de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social donde se puede hacer uso del "Asistente para la Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas", el cual es un instrumento que permite a cualquier persona interesada a identificar la normatividad aplicable de manera fácil y práctica, en la figura 3.2 podemos observar una imagen del portal mencionado.

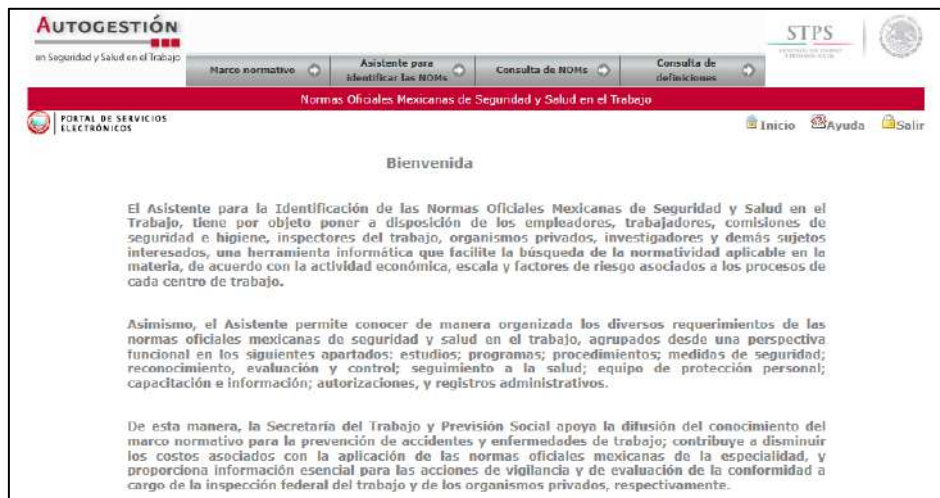


Figura 3.2. Asistente para la Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas (STPS, 2019).

Esta herramienta se basa en las respuestas que proporciona el usuario a una serie de preguntas que tienen la finalidad de identificar los factores de riesgo relacionados a los procesos y características del lugar de trabajo. La cantidad y tipo de preguntas dependerá de la actividad económica y de las características del centro de trabajo. Al concluir, el asistente proporcionará un listado de las NOM's que son aplicables al centro de trabajo. La confiabilidad de los resultados está en función de la veracidad de la información y de las respuestas que ingrese el usuario (STPS, 2019).

3.1.2. Paso 1: Análisis producto-cantidad

El primer paso para poder realizar una distribución de planta con éxito según Muther (1961) es el conocer que es lo que se va a producir y en qué cantidades, y se debe contemplar un posible cambio de panorama con el paso del tiempo. Al realizar este análisis es posible determinar un posible tipo de distribución adecuado para la organización.

En caso de que la gama de productos sea muy extensa, convendría formar grupos o familias de productos que sean semejantes, con el fin de facilitar el manejo de información. Después, se deberán organizar los grupos según su prioridad, de acuerdo con las previsiones efectuadas. También recomienda elaborar un gráfico donde se represente en las abscisas los diferentes productos que se elaboran y en las

ordenadas las cantidades de cada uno como se aprecia en la figura 3.3. Estos productos deben representarse en el gráfico en orden decreciente de la cantidad producida. En función del gráfico que se obtenga, ayudará a la implantación del tipo de distribución (Ver sección 2.1.4).



Figura 3.3. Ejemplo de gráficas P-Q según cada tipo de distribución (Gaibort, 2017).

3.1.3. Paso 2: Análisis del recorrido de los productos

En este paso se debe determinar la secuencia y el número de movimientos de los productos por cada una de las operaciones por las cuales se ocupan procesar. A partir de la información de los procesos de producción y de sus volúmenes, se realizan gráficas y diagramas descriptivos del flujo de los materiales.

Entre las herramientas que se pueden utilizar para este tipo de estudio son:

- Cursogramas analíticos y sinópticos.
- Diagrama As-Is.
- Diagrama de acoplamiento.
- Diagrama multiproducto.
- Diagrama OTIDA.
- Diagramas de hilos.
- Diagramas de recorrido.

- Matrices origen-destino.

Cabe aclarar que de estos diagramas no se genera un diseño de distribución de planta, pero sin embargo proporcionan un punto de partida para su planteamiento, ya que a partir de ellos se facilita la creación de puestos de trabajos, líneas de montaje principales y secundarias, áreas de almacenamiento, entre otras.

3.1.4. Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades

Después de conocer el recorrido de los productos, se debe plantear el tipo e intensidad de las interacciones que existan entre las diferentes actividades de producción, medios auxiliares, sistemas de manipulación y los diferentes servicios con los que cuenten la organización. Las relaciones no deben estar limitadas al flujo de los materiales, pudiendo ser irrelevante o inexistente entre ciertas actividades. El hecho de que no exista un flujo de material entre dos actividades no determina que no puedan tener otro tipo de relaciones y que tengan alguna otra necesidad de proximidad entre ellas.

Entre otros aspectos que se deben de considerar en esta etapa son las exigencias de construcción, ambientales, seguridad e higiene, sistemas de manipulación, abastecimiento de energía, evacuación de residuos, mano de obra, sistemas de control de procesos, entre otros.

Toda esta información resulta de vital importancia para poder integrar los medios auxiliares de producción de una manera racional en la distribución. Por lo que para poder representar las relaciones entre actividades de una manera lógica y que nos permita clasificar la intensidad entre dichas relaciones, se utiliza la matriz relacional de actividades.

En esta matriz quedan plasmada las necesidades de proximidad entre cada actividad y las restantes, según los factores de proximidad definidos para tal efecto. Normalmente se suele expresar estas necesidades mediante un código de letras, utilizando una escala descendiente con el orden de las cinco vocales: A (Absolutamente necesario), E (Especialmente necesario), I (Importante), O (Ordinario

– Normal) y U (Sin importancia), las relaciones indeseables se representan con la letra X. En la figura 3.3 se muestra un ejemplo:



Figura 3.4. Ejemplo de Matriz relacional de actividades (Rodríguez et al., 2018).

La razón de cercanía no es un requerimiento indispensable para la elaboración del diagrama de actividades, pero en la práctica son de bastante ayuda, ya que permiten al diseñador a no olvidar las razones por las cuales se decidió o no, colocar un área cercana a otra (Causado, Ospino y Racedo, 2019).

3.1.5. Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades

En el Diagrama Relacional de Actividades se recoge la información referente a las relaciones entre las actividades y la importancia de proximidad entre las mismas con el fin de ordenar topológicamente las actividades. En este diagrama los departamentos donde se atienden las actividades son adimensionales y no tienen una forma definida. Este diagrama es un grafo en donde las actividades se representan por nodos unidos entre ellos por líneas, las cuales simbolizan la intensidad de la relación (A, E, I, O, U, X) entre cada actividad a partir del código de líneas como se puede ver en la figura 3.4.

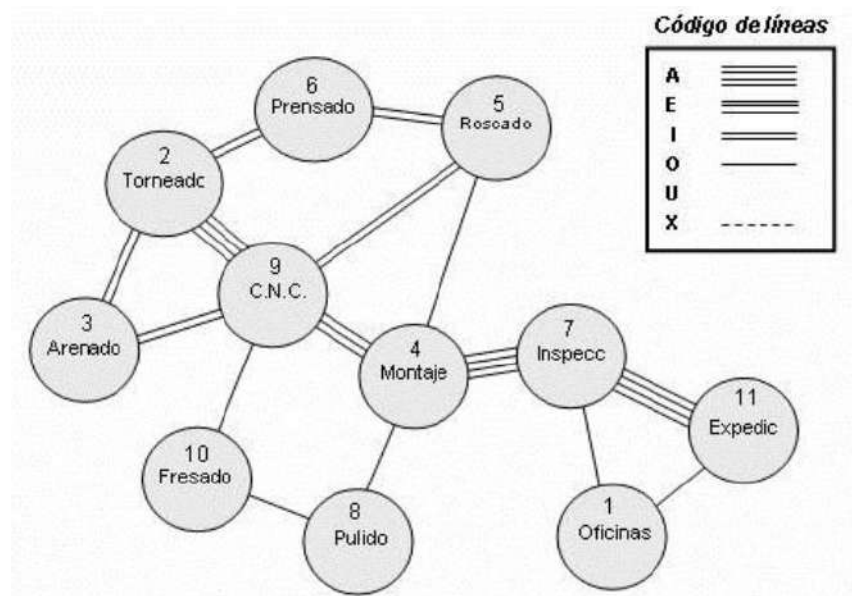


Figura 3.5. Ejemplo de Diagrama Relacional de Actividades (Regalado, 2016).

Este diagrama se va modificando a prueba y error, intentando que el número de cruces entre las líneas sea el mínimo, o al menos entre las actividades que tienen una mayor intensidad en su relación. De esta manera, se busca encontrar distribuciones en las que las actividades que tienen más flujo de materiales estén lo más juntas posibles, cumpliendo con el principio de la mínima distancia recorrida; y cuando la secuencia de actividades sea parecida, cumpliendo el principio de circulación o flujo de materiales.

3.1.6. Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

Para obtener alternativas factibles de distribución es necesario introducirse al proceso de diseño de información referente al espacio requerido para cada actividad para poder lograr un desempeño adecuado. Para esto se debe hacer una previsión de la cantidad de área requerida y de la forma que tendrá la misma, para cada una de las actividades.

Se deberá emplear la forma más adecuada de acuerdo con el detalle que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de información que se tiene y a la experiencia del proyectista. La superficie que requiere una actividad no dependerá solamente de factores inherentes a la misma, sino que puede verse afectada por condiciones del proceso de producción global. Por ejemplo, los pronósticos del volumen de producción,

la variación de la demanda o la forma de gestión de los almacenes prevista pueden condicionar el espacio necesario para desarrollar una actividad. De cualquier modo, se debe tener en cuenta que los resultados que se obtienen son solo previsiones, por lo que tienen un cierto margen de error.

Los datos que se obtengan deben compararse con la disponibilidad real del espacio. Si los datos muestran que se necesita un mayor espacio que el que se tiene, se deberán realizar ciertas modificaciones como disminuir la previsión del requerimiento de las actividades o aumentar el espacio total disponible modificando el proyecto de edificación. El ajuste de las necesidades y disponibilidades de espacios, por lo general es un proceso iterativo de continuos acuerdos, correcciones y modificaciones, que terminan en una solución que se representa en el Diagrama Relacional de Espacios.

3.1.7. Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios

Este diagrama es similar al Diagrama Relacional de Actividades que se presentó en el Paso 4, con la diferencia que en este caso los símbolos característicos de cada actividad se representan a escala, de tal manera que el tamaño que ocupa cada uno es en proporción a la superficie que se necesita para el desarrollo adecuado de la actividad.

En este tipo de símbolos se suele agregar otro tipo de información relacionada a la actividad como, por ejemplo, el número de maquinaria requerida o la planta en la que se situará. Con esta información en el diagrama da la posibilidad de construir varias alternativas de distribución que puedan solucionar el problema. Se busca transformar el diagrama ideal planteado en un conjunto de distribuciones reales, en donde se tomen en cuenta todas las variables condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al problema. Entre los diferentes factores, se pueden nombrar características de la construcción del edificio, la orientación de este, usos del suelo, equipos de manipulación de materiales, recursos financieros, seguridad del personal y maquinaria, etc. En la figura 3.5 se muestra un ejemplo:

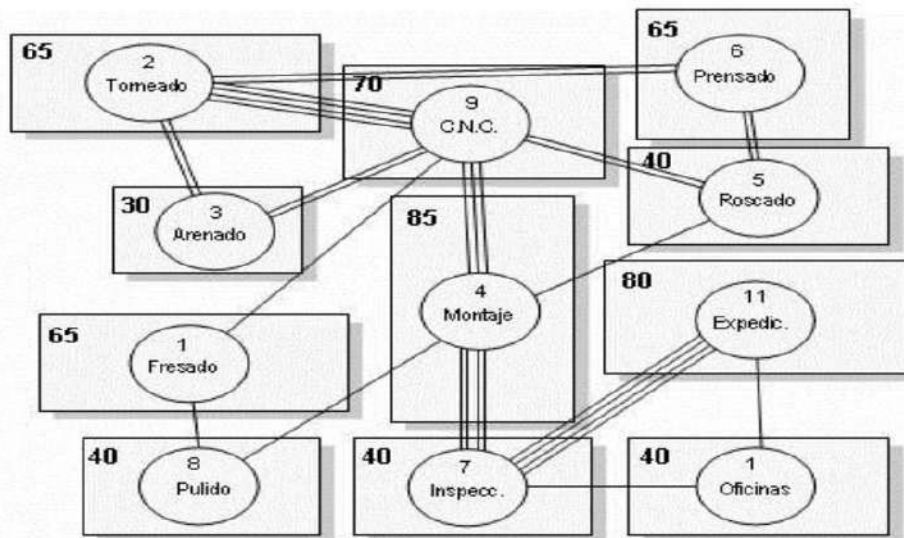


Figura 3.6. Ejemplo de Diagrama Relacional de Espacios (Regalado, 2016).

Por lo general, la solución final requiere de ajustes necesarios basados en el sentido común y en el razonamiento de quien hace la distribución, independientemente de que se usen las técnicas más novedosas de distribución. A pesar de todo el software existente en la actualidad, se continúan usando las técnicas tradicionales y propias de distribución en la mayoría de los casos. El obtener soluciones es un proceso que demanda creatividad y que debe presentar un cierto número de propuestas, se aconseja de dos a cinco, que se elaboren de manera precisa, a consecuencia del estudio y filtrado de un mayor número de alternativas.

3.1.8. Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución

Al estar desarrolladas las posibles soluciones, se debe elegir una de ellas, para esto se necesita realizar una evaluación de las propuestas, lo cual nos presenta un problema de decisión multicriterio. La evaluación de las alternativas propuestas determinará cuál es la solución que brinda una mejor distribución de planta. Entre los métodos más utilizados en la literatura para este fin se encuentran:

- Comparación de ventajas y desventajas

- Análisis de factores ponderados
- Comparación de costos

Posiblemente el método de comparación de ventajas y desventajas, donde se enlistan los “pros” y “contras” de cada una de las posibles soluciones de distribución, es el más fácil de evaluar, pero a su vez es el método menos exacto, por lo que suele utilizarse solamente en las evaluaciones preliminares o en las fases I y II, en donde los datos no son tan específicos.

El método de Análisis de factores ponderados consiste en evaluar las diferentes soluciones de distribución en relación con ciertos factores definidos de manera previa y ponderarlas según la relevancia relativa de cada una sobre las demás, utilizando una escala de 1 a 10 o de 1 a 100 puntos, seleccionando la alternativa que obtenga la puntuación más alta. De esta forma se aumenta la objetividad del proceso de toma de decisión. Además, permite de una buena manera el incluir a la dirección en la ponderación y selección de la decisión que se tomará e involucrar a los supervisores de producción y al personal pertinente en clasificar las alternativas de cada factor.

Por último, el método de Comparación de costos es la manera más substancial para la evaluación de distribuciones de planta. Las dos principales razones para utilizar este método son: justificación de un proyecto y comparación de las alternativas mostradas. La preparación de un análisis de costos debe tomar en cuenta los costos totales involucrados o solo los costos que afectarán al proyecto.

4. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se explica cómo se realizó la implementación de la metodología en la empresa de Servicios Agroindustriales.

4.1. Implementación de Metodología SLP

Se presenta la implementación de los pasos de la metodología SLP que se muestra en el capítulo anterior, con el fin de explicar que fue lo que se realizó y que resultados se obtuvieron.

4.1.1. Paso 0: Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas

Este paso consistió en entrar al portal de servicios electrónicos de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social para poder utilizar el Asistente para la Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas, esto con el fin de que facilite la identificación de la normatividad aplicable para la empresa Servicios Agroindustriales.

Inicialmente, se indicó la división, el grupo y la actividad económica que le corresponde a la empresa, esto de acuerdo con el Catálogo de Actividades para la Clasificación de las Empresas en el Seguro de Riesgos de Trabajo del Instituto Mexicano del Seguro Social. Seguidamente, se procedió a contestar las preguntas, la mayor parte de ellas se contestan de forma afirmativa o negativa, mediante la selección de las opciones “Sí o No”. En otras preguntas se debió elegir entre diferentes variables para establecer las secciones o disposiciones específicas aplicables según las características y procesos del centro del centro de trabajo. También, se debió indicar los datos concernientes a la altura de la edificación, el número total de personas, la superficie construida y el inventario de gases, líquidos y sólidos inflamables y combustibles (ver Anexo 1). Al finalizar, el Asistente proporcionó un listado de las NOM’s aplicables al centro de trabajo (Ver Tabla 4.1).

Normas de seguridad
NOM-001 Edificios, locales e instalaciones
NOM-002 Prevención y protección contra incendios

NOM-004 Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-006 Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-020 Recipientes sujetos a presión y calderas
NOM-027 Soldadura y corte
NOM-029 Mantenimiento de instalaciones eléctricas
Normas de salud
NOM-011 Ruido
NOM-013 Radiaciones no ionizantes
NOM-015 Condiciones térmicas elevadas o abatidas
NOM-024 Vibraciones
NOM-025 Iluminación
Normas de organización
NOM-017 Equipo de protección personal
NOM-019 Comisiones de seguridad e higiene
NOM-026 Colores y señales de seguridad
NOM-030 Servicios preventivos de seguridad y salud

Tabla 4.1. Listado de NOM's aplicables a la empresa Servicios Agroindustriales.

Con la ayuda del Asistente se logró identificar 16 NOM's aplicables a la empresa de las 44 NOM's vigentes. Además, el Asistente proporcionó las secciones o disposiciones específicas de cada una de las normas aplicables, las cuales se pueden ver en el Anexo 2.

Al tener identificadas las 16 NOM's que son aplicables a la empresa, se prosiguió a analizar cada una de ellas con el fin de poder encontrar las normas que se puedan lograr cumplir al momento de que se realice la distribución de planta. A continuación, se presentan las normas que se encontraron y que se tomaran en consideración en los pasos posteriores.

NOM-001 Edificios, locales e instalaciones

- 5.4 Contar con sanitarios (retretes, mingitorios, lavabos, entre otros) limpios y seguros para el servicio de los trabajadores y, en su caso, con lugares reservados para el consumo de alimentos.

- 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.
- 7.1.3 Cuando laboren trabajadores discapacitados en los centros de trabajo, las puertas, vías de acceso y de circulación, escaleras, lugares de servicio y puestos de trabajo, deben facilitar sus actividades y desplazamientos.

NOM-002 Prevención y protección contra incendios

- 7.17 Instalar extintores en las áreas del centro de trabajo, de acuerdo con lo siguiente:
 - b) Colocar al menos un extintor por cada 300 metros cuadrados de superficie o fracción, si el grado de riesgo es ordinario.

NOM-006 Manejo y almacenamiento de materiales

- 6.6 Conducirse en el centro de trabajo en forma segura para evitar cualquier riesgo
- 9.2 Los centros de trabajo deberán disponer de espacios específicos para el almacenamiento de materiales.
- 9.3 Las áreas de almacenamiento de materiales deberán contar con:
 - c) Delimitación de las zonas de almacenamiento.
 - e) Ventilación de acuerdo con el tipo de materiales por almacenar.
 - g) Apilar los materiales de manera tal que siempre se coloquen los de mayor peso en la parte inferior.

NOM-011 Ruido

- 9.2. Cualquier modificación a un proceso en un centro de trabajo debe ser planeada, instalada, organizada y puesta en funcionamiento de modo que la exposición a ruido de los trabajadores no exceda los límites máximos permisibles de exposición establecidos en el Apéndice A.

NOM-015 Condiciones térmicas elevadas o abatidas

- 7.1.1 Identificar y registrar en un plano de vista de planta del centro de trabajo, todas las fuentes que generen condiciones térmicas extremas.

NOM-017 Equipo de protección personal

- 7.1 Las indicaciones, instrucciones o procedimientos que el patrón proporcione a los trabajadores para el uso, revisión, reposición, limpieza, limitaciones, mantenimiento, resguardo y disposición final del equipo de protección personal, según aplique, deben al menos:
 - m) Precisar lugares y formas de almacenarse en recipientes o contenedores especiales, si así lo establecen las recomendaciones del fabricante o proveedor para que no presenten daños o mal funcionamiento después de su uso

NOM-024 Vibraciones

- 8.2 Reconocimiento. Consiste en recabar toda aquella información técnica y administrativa que permita seleccionar las áreas y puestos por evaluar, los procesos de trabajo en los cuales se encuentra el POE y el método apropiado para medir las vibraciones.
 - 8.2.1 La información que debe recabarse es la siguiente: a) plano de distribución del centro de trabajo, incluyendo la localización e identificación de la maquinaria y equipo que generen vibraciones.

NOM-025 Iluminación

- 8. Reconocimiento de las condiciones de iluminación

- 8.1. El propósito del reconocimiento es identificar aquellas áreas del centro de trabajo y las tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo, asimismo, identificar aquéllas donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento. Para lo anterior, se debe realizar un recorrido por todas las áreas del centro de trabajo donde los trabajadores realizan sus tareas visuales, y considerar, en su caso, los reportes de los trabajadores, así como recabar la información técnica.

NOM-027 Soldadura y corte

- 7. Análisis de riesgos potenciales. h) Los medios de control para minimizar o eliminar el riesgo en: 2) Las áreas de trabajo (ventilación natural o artificial, por ejemplo, extractores de aire), la protección que se requiere para evitar daños a terceros, para controlar los conatos de incendio que puedan presentarse o para controlar la presencia de agentes químicos, entre otros.
- 8. Condiciones de seguridad e higiene durante las actividades de soldadura y corte. a) Contar con un extintor tipo ABC que sea de la capacidad acorde al análisis de riesgos potenciales, en un radio no mayor a 7 metros, en el área donde se desarrollen las actividades de soldadura y corte.
- 9.2 Para todas aquellas áreas de trabajo, espacios confinados, subterráneos, procesos (provisionales o en caso de mantenimiento) o recipientes donde existan polvos, gases o vapores inflamables o explosivos que representen peligro para los trabajadores, el programa de actividades de soldadura y corte debe incluir además los siguientes procedimientos y controles específicos: b) Controles específicos para evitar atmósferas explosivas o no respirables.

La identificación de las NOM's y el análisis de estas serán tomadas en consideración en los siguientes pasos de la metodología, esto con el fin de poder realizar un diseño de distribución de planta que se apegue a la normatividad del país.

4.1.2. Paso 1: Análisis producto-cantidad

El paso número uno consistió en hacer un análisis de que es lo que se produce en la empresa y en qué cantidades, esto con el fin de poder elaborar un gráfico que nos ayude a definir el tipo de distribución que sería más conveniente utilizar para la organización según sus necesidades específicas.

En la empresa Servicios Agroindustriales se elabora maquinaria para campos agrícolas, principalmente máquinas que faciliten el empaque del producto. Cada máquina que se fabrica se hace en base a las necesidades de cada agricultor. Es por ello que ninguna máquina suele ser exactamente igual a otra, ya que se hacen en base a los requerimientos del cliente y el tipo de producto que desea empaquetar, algunos clientes pueden solicitar que tengan aditamentos para poder seleccionar el producto, limpiarlo, transportarlo, combinarlo, etc., además las dimensiones de la máquina varían según la producción específica de cada cliente y el espacio disponible de sus instalaciones, sin embargo, el proceso de elaboración de la maquinaria es muy similar entre ellos, debido a que por lo general los procesos son los mismos.

Como se sugiere en la metodología, se elaboró el gráfico donde se represente en el eje de las abscisas los diferentes productos que se fabrican y en el eje de las ordenadas la cantidad de estos, con el fin de encontrar el tipo de distribución más conveniente.

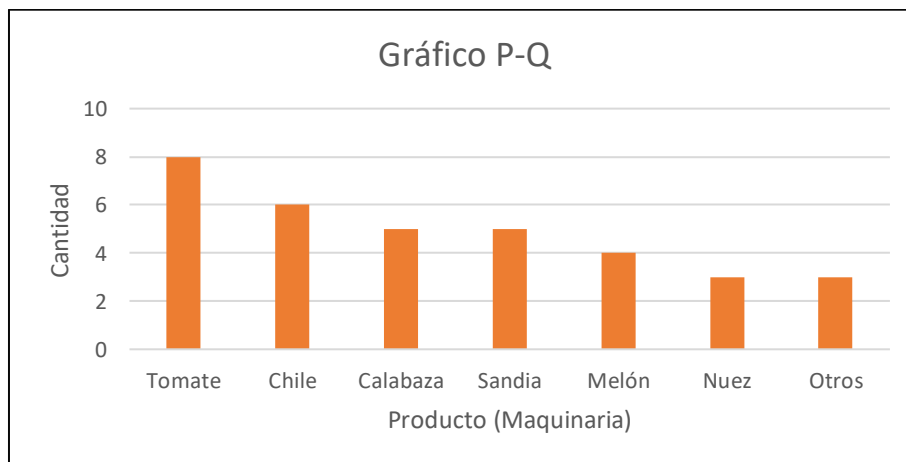


Figura 4.1. Gráfico P-Q de la empresa Servicios Agroindustriales.

En el gráfico P-Q de la Figura 4.1, podemos ver los tipos de maquinaria que se fabrican y en qué cantidad, en el gráfico se muestra la maquinaria realizada hasta el momento, las cuales son 34 máquinas en un periodo de 14 meses, por lo que en promedio se están fabricando de 2 a 3 máquinas por mes, sin embargo, esto puede cambiar según las necesidades de los clientes, y puede ser necesario elaborar nuevas máquinas en el futuro para el empaque de productos diferentes, si comparamos este gráfico con los de la figura 3.3 se puede apreciar que lo más conveniente sería utilizar un tipo de distribución por células de trabajo, en donde se pueden agrupar los procesos o actividades similares en un sector y mover el material a través de estos, logrando obtener así una gran versatilidad de fabricación.

4.1.3. Paso 2: Análisis del recorrido de los productos

Para poder realizar un análisis de la secuencia y el recorrido de los productos que se realizan en Servicios Agroindustriales, se elaboró un diagrama generalizado para poder estudiar los procesos por los que pasa el producto, así como la sucesión de pasos de cómo se va elaborando, esto con el fin de que nos ayude a tener un punto de partida para la realización de un diseño de distribución de planta

En este caso se elaboró un cursograma sinóptico ya que permite ver de forma general las principales operaciones que se realizan en la empresa y así tener un panorama más amplio de las actividades que se ejecutan en la elaboración de los productos. (Ver Figura 4.2).

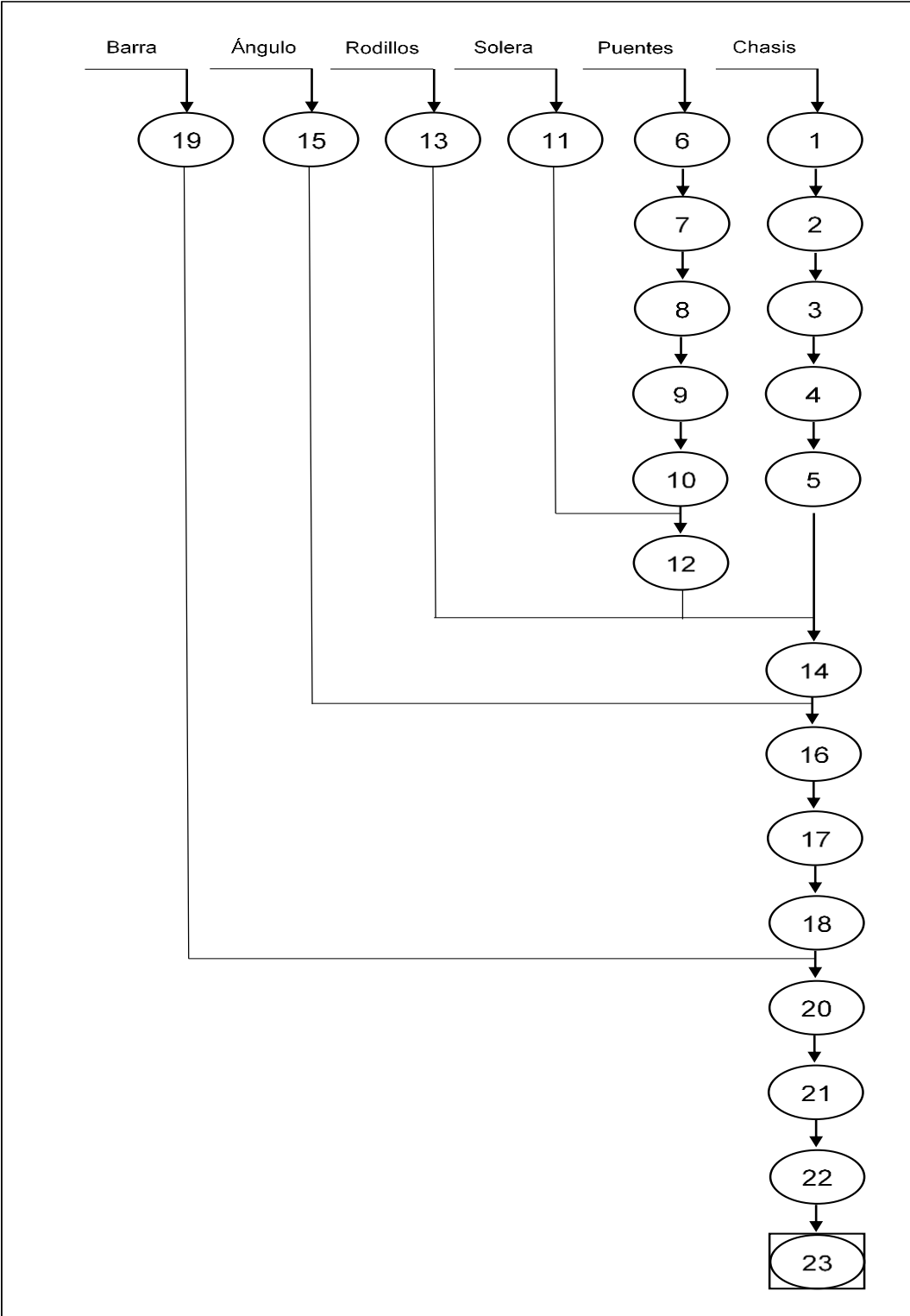


Figura 4.2. Cursograma sinóptico de la elaboración de una máquina en Servicios Agroindustriales.

1	Cortar el perfil a la medida requerida	13	Cortar rodillos a la medida
2	Trazar posición de orificios	14	Ensamble de Chasis, puente y rodillos
3	Punzonar lo trazado	15	Cortar ángulo a la medida
4	Perforar donde irán los orificios	16	Soldar ángulo a Chasis
5	Pulir rebaba de perforado	17	Barrenar ángulo según chumacera
6	Cortar el perfil a la medida requerida	18	Ensamblar de chumacera en ángulo
7	Trazar posición de orificios	19	Cortar barra a la medida
8	Punzonar lo trazado	20	Ensamblar barra a chumaceras
9	Perforar donde irán los orificios	21	Ensamblar catarinas y cadena
10	Pulir rebaba de perforado	22	Instalación de motor y transmisión
11	Cortar solera a la medida	23	Limpieza e inspección
12	Soldar solera a los puentes		

Tabla 4.2. Descripción de los pasos de la Figura 4.1.

En la Tabla 4.2 podemos ver la descripción de cada uno de los pasos mostrados en el cursograma de la Figura 4.2 donde se muestra la secuencia de pasos que se necesitan para la elaboración de una máquina similar a la que se muestra en la Figura 4.3, se tomó como referencia este tipo de máquina ya que suelen ser similares entre ellas, sin embargo, cada una se hace con las medidas y características que requiera cada cliente.



Figura 4.3. Máquina fabricada en la empresa Servicios Agroindustriales.

4.1.4. Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades

Después de haber analizado el recorrido del producto por los diferentes procesos con ayuda del cursograma, se plantea la intensidad de las interacciones entre las diferentes actividades de producción, medios auxiliares y diferentes servicios con ayuda de una matriz relacional de actividades, utilizando una escala descendiente con el orden de las cinco vocales: A (Absolutamente necesario), E (Especialmente necesario), I (Importante), O (Ordinario), U (Sin importancia) y X (Indeseable). Cabe aclarar que esta no está limitada al flujo del producto ya que puede haber otro tipo de relaciones, sin embargo, la cercanía que se requiere entre actividades influye bastante en la ponderación que se asignó, de igual manera fue necesario tomar en consideración la NOM's que se identificaron en el Paso 0 para la ponderar las actividades.

Corte													
Trazado	E												
Punzonado	A	I											
Perforado	A	A	I										
Pulido	A	A	I	U									
Soldadura	A	I	I	I	U								
Ensamble	E	I	I	U	U	U							
Limpieza	A	I	U	U	U	U	U						
Inspección	U	I	U	U	U	U	U	U					
Oficinas	U	U	U	U	U	U	X	X					
Baños	E	U	U	U	U	U	U	U	U				
Almacén	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
Almacén gases	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		

Figura 4.4. Matriz relacional de actividades en la empresa Servicios Agroindustriales.

Al analizar la figura 4.4, podemos observar que Oficinas, Baños y Almacén, no se considera importante que estén cerca de las demás actividades. Asimismo, se puede observar que las actividades que son absolutamente necesarias que estén próximas son las de Trazado, Punzonado, Perforado y Pulido esto debido a que estas actividades se pueden realizar en el mismo lugar de trabajo. De igual forma podemos observar que las actividades de Soldadura y Ensamble; así como Limpieza e Inspección tienen una intensa relación de proximidad debido a que también se pueden realizar en la misma locación, al analizar esta información se percató que estas actividades se pueden agrupar en células de trabajo cada una de ellas, esto con el fin de minimizar los movimientos de las partes, así como reducir el espacio que se requeriría para las estaciones de trabajo al agrupar las actividades en células. Las células creadas se pueden ver en la tabla 4.3:

Nombre de Célula	Actividad
Célula 1	Trazado
	Punzonado
	Perforado
	Pulido
Célula 2	Soldadura
	Ensamble
Célula 3	Limpieza
	Inspección

Tabla 4.3. Definición de células de trabajo.

Al agrupar las actividades en células es necesario volver a realizar un análisis para ver la intensidad de las interacciones de las actividades y las células de trabajo. Por lo que de igual manera se desarrolló una Matriz relacional de actividades que se puede ver en la figura 4.5, al obtener esta segunda matriz se pudo continuar al Paso 4.

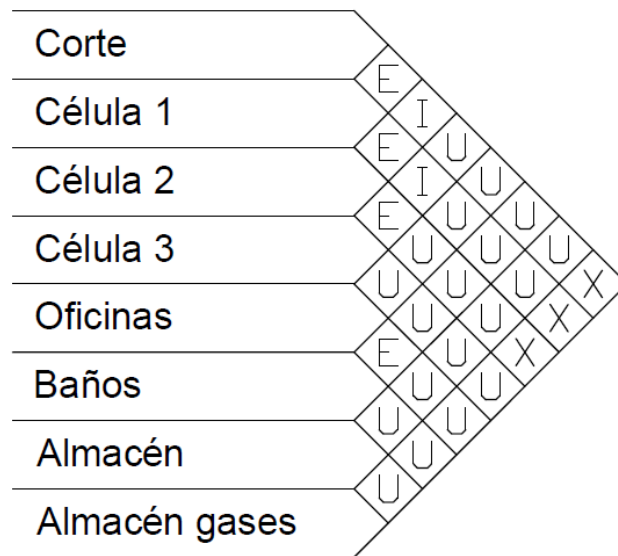


Figura 4.5. Nueva matriz relacional de actividades en la empresa Servicios Agroindustriales.

4.1.5. Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades

En este paso se tomó la información recolectada en el paso anterior con el fin de desarrollar el diagrama relacional de actividades con el fin de ordenar de forma topológica las actividades e indicar la necesidad de cercanía, entre estas. En la figura 4.6 podemos observar el diagrama que se obtuvo, cabe mencionar que este diagrama se realiza a prueba y error, por lo que no es posible asegurar cuando se obtiene la mejor distribución, sino que depende en gran parte del ingenio y pericia del diseñador. Al observar el diagrama se puede ver que pudiera existir una especie de línea de proceso, sin embargo, por el tipo de producción que se realiza en la empresa esto no es posible ya que esta ocupa ser muy flexible debido a la variedad de productos que se deben fabricar.

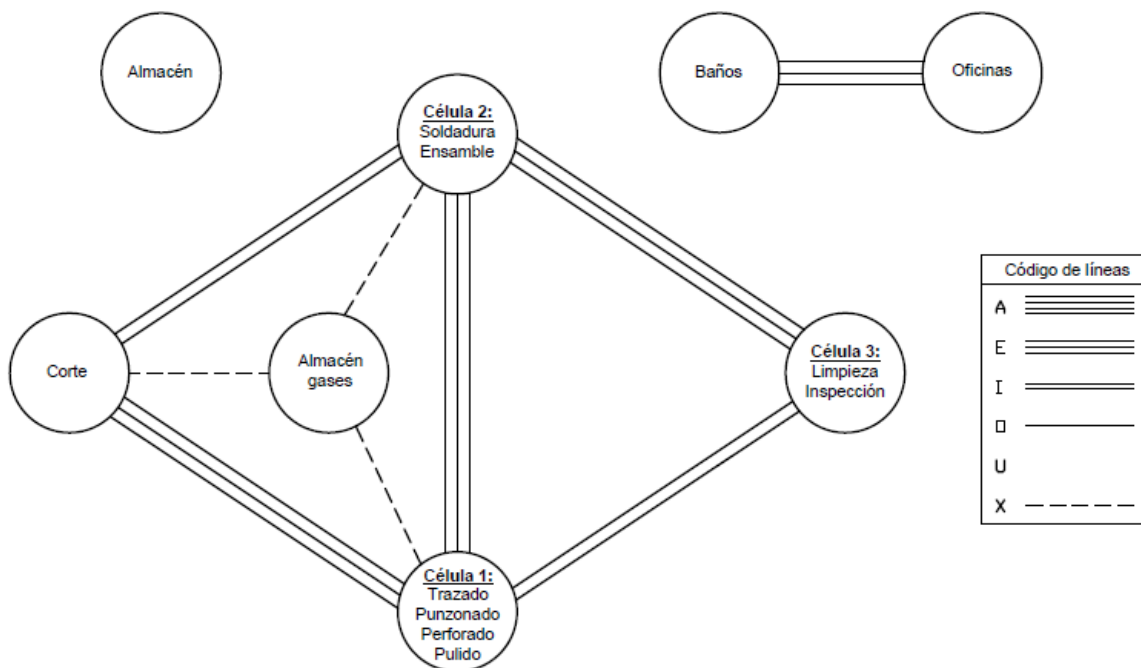


Figura 4.6. Diagrama relacional de actividades en la empresa Servicios Agroindustriales.

4.1.6. Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

Para el desarrollo de este paso fue necesario encontrar el espacio requerido para cada actividad donde se pueda realizar la misma de forma conveniente. Para esto se tuvo una plática con el Gerente de Producción de la empresa y con los trabajadores del taller para que, con su ayuda, poder definir el área mínima requerida de cada actividad en base a su experiencia. Se tomó en consideración dejar espacio libre por posibles cambios o aumentos en la producción para poder adaptarse a la misma. Los datos que se obtuvieron se pueden ver en la tabla 4.4, en la cual podemos observar que el área requerida es menor que el área disponible por lo que no fue necesario hacer modificaciones a la edificación.

Espacio requerido		Espacio disponible	
Corte	30 m ²	Planta Baja	206 m ²
Célula 1	24 m ²	Planta Alta	59 m ²
Célula 2	24 m ²	-	-
Célula 3	20 m ²	-	-
Oficinas	44 m ²	-	-
Baños	9 m ²	-	-
Almacén	20 m ²	-	-
Almacén gases	3 m ²	-	-
TOTAL	174 m²	TOTAL	265 m²

Tabla 4.4. Comparación de espacio requerido y disponible.

En la figura 4.7 se observa el layout de la empresa antes de comenzar el proyecto, en esta se puede apreciar el espacio disponible con el que cuenta la empresa y la falta de definición de áreas de trabajo específicas para cada actividad.

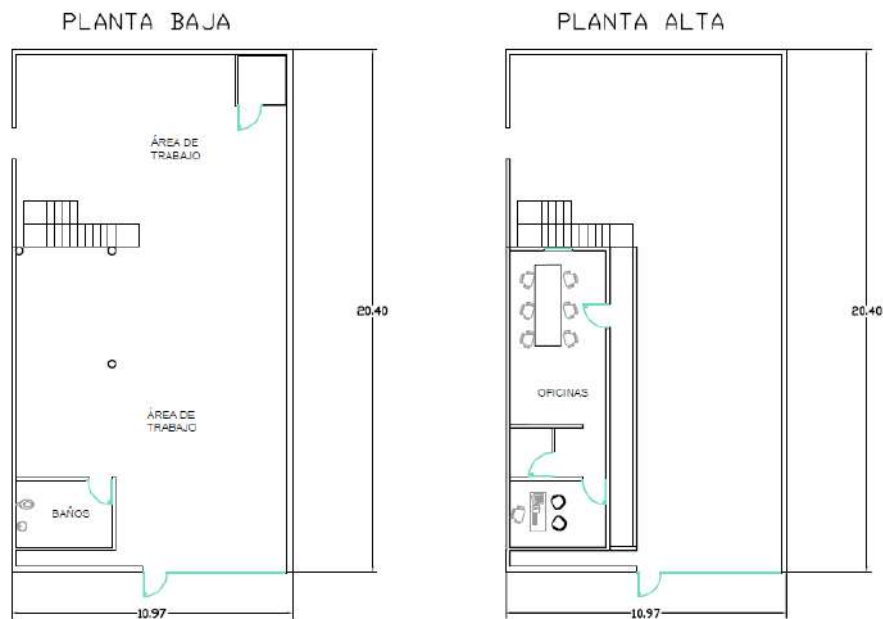


Figura 4.7. Layout de la empresa Servicios Agroindustriales.

4.1.7. Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios

Al haber definido el área requerida para cada una de las actividades de la empresa, se prosigue a realizar el Diagrama Relacional de Espacios el cual es muy parecido al Diagrama Relacional de Actividades (Ver figura 4.6), con la diferencia de que en este diagrama se representa a escala cada una de las actividades, esto con el fin de poder apreciar la proporción de superficie que se necesita para el desempeño correcto de cada actividad. Para poder presentar una solución final es necesario utilizar el sentido común, ya que, aunque existan diferentes softwares que ayudan a realizar estas tareas, es necesario seguir usando la creatividad y la razón para obtener mejores resultados debido a que existen muchas variables y limitantes que se deben considerar. Sin embargo, se consideró tomar como base la utilización del software ALDEP para tener un punto de partida para encontrar la solución.

El software ALDEP solicita cierta información como la superficie total con la que se cuenta, el número de departamentos a distribuir, la superficie de cada departamento y la relación existente entre cada uno de ellos. Esto con el fin de distribuir cada departamento en el espacio disponible, teniendo en cuenta la intensidad de la relación de cada uno de ellos. Después de hacer una serie de iteraciones, el software te brinda una distribución óptima de cercanía, la cual se puede apreciar en la figura 4.8. En la imagen se muestra de color azul rey el área de Corte, de color verde el área de la Célula 1, de color azul claro la Célula 2, de color rojo la Célula 3, de color rosa el área del Almacén y en color naranja el área del Almacén para gases.

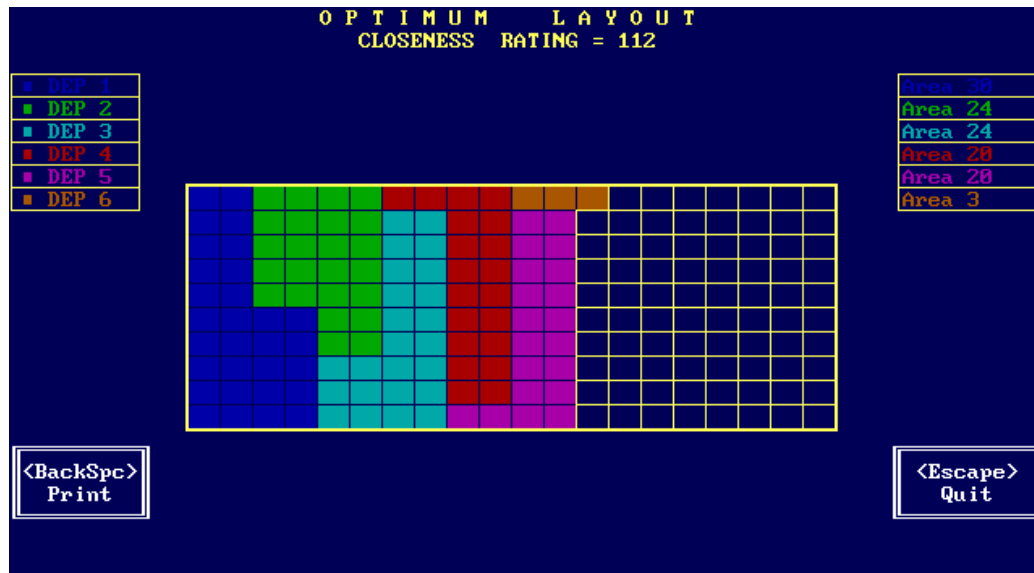


Figura 4.8. Layout optimo generado en ALDEP.

Para la realización de este ejercicio, no se tomó en consideración el área de Oficinas y Baños, esto debido a que se tiene la limitación física de donde están ubicados actualmente en la empresa, y no se contempla mover su ubicación, además, ambos solo tienen intensidad de relación entre ellos mismos por lo que no afecta en la distribución de las demás áreas. Esta distribución sirve de base para encontrar otras posibles soluciones de distribución que se ajusten a otras necesidades de la empresa.

A partir de la distribución que arrojo el software, se prosiguió a realizar el Diagrama Relacional de Espacios, en donde se representa con un rectángulo a escala de la superficie que representa cada actividad, en la figura 4.9 se puede observar en la esquina superior izquierda de cada rectángulo el número de metros cuadrados requeridos por cada actividad, además, el largo y ancho de cada rectángulo se hicieron en base a como se considera que sería conveniente su forma para su adaptación al área disponible.

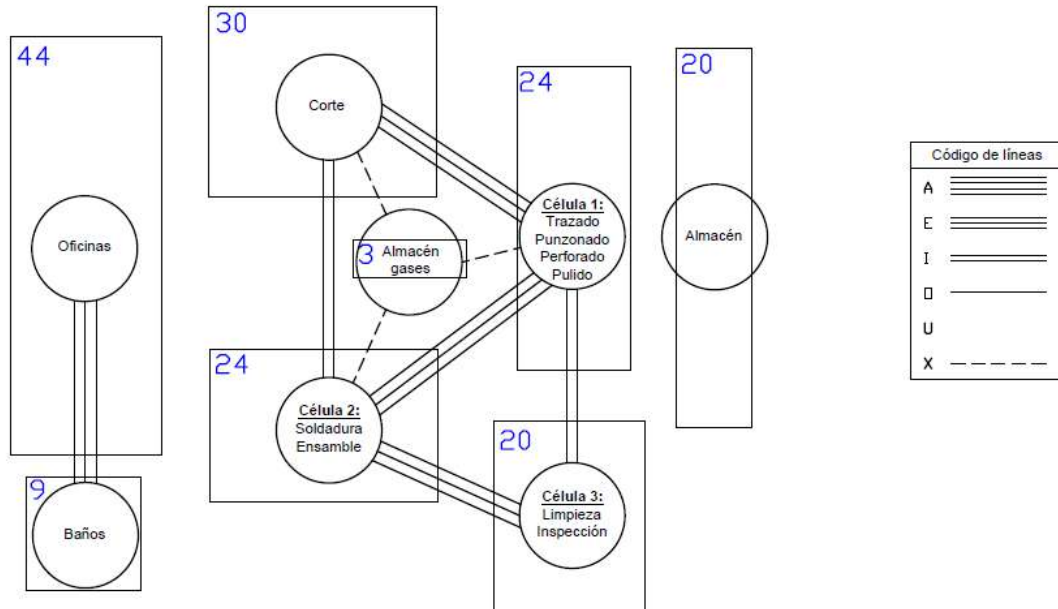


Figura 4.9. Diagrama Relacional de Espacios de la empresa Servicios Agroindustriales.

Al concluir con el Diagrama Relacional de Espacios se procedió a realizar varios bosquejos de posibles acomodados de distribución de cada una de las actividades, estos se fueron adecuando a prueba y error, tomando en consideración las variables y limitantes de la instalación. Estos se hicieron en base a medidas aproximadas para su fácil manejo y entendimiento, en donde cada uno de los cuadros representa 1m^2 , estos tienen la finalidad de encontrar posibles soluciones a la distribución del taller que sean adecuadas para las necesidades de este. En la figura 4.10 podemos observar tres opciones que se desarrollaron como posibles soluciones para realizar la distribución del taller. En esta figura podemos observar que cada actividad o área se representa con un color en específico, los cuadros que no tienen color es espacio sobrante el cual se puede utilizar como pasillos o como una posible área de expansión para las actividades en caso de que aumentara la producción. Cabe mencionar que, como limitantes físicas en la distribución de estos bosquejos, se tienen las áreas de Oficinas, Baños y Escaleras, las cuales no se consideran mover de lugar, debido a que ya se encuentra la infraestructura de estos y su redistribución es más compleja y costosa.

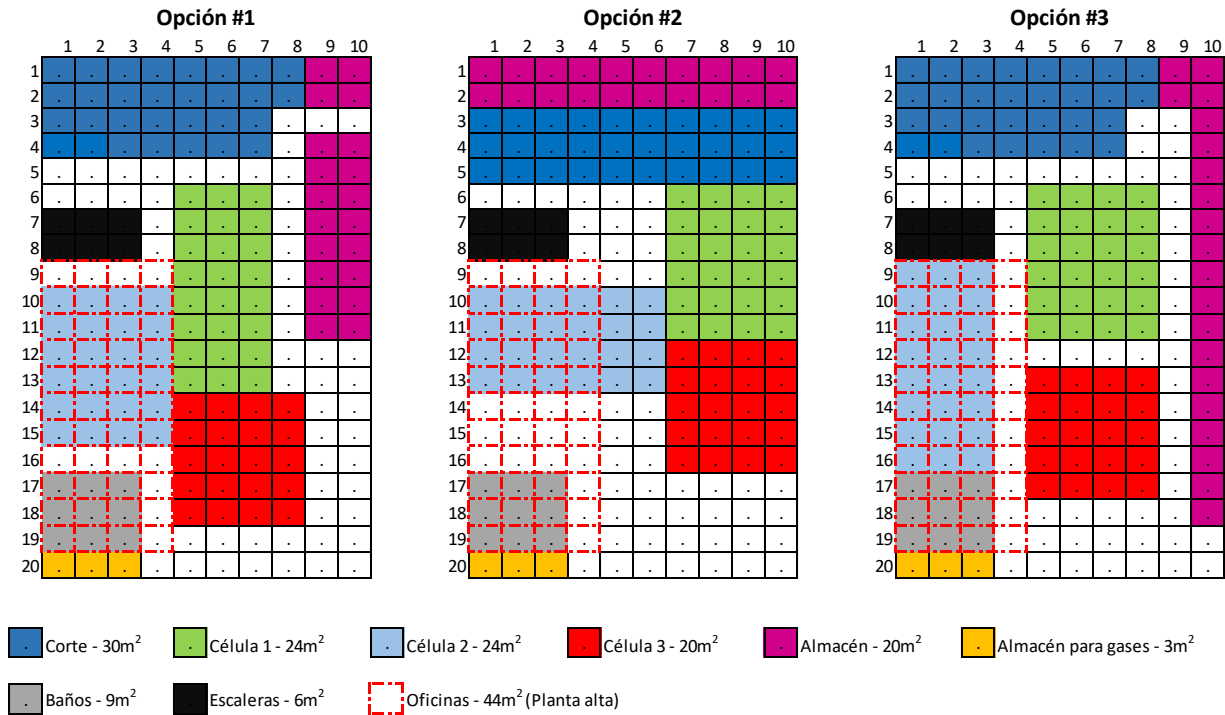


Figura 4.10. Bosquejos de tres posibles opciones de distribución del taller.

4.1.8. Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución

En el paso anterior se obtuvieron tres posibles soluciones, por lo cual es necesario la evaluación de estas, con el fin de poder seleccionar la que sea más conveniente para el taller y encontrar la solución que nos ofrezca una mejor distribución de planta. Para la evaluación de las alternativas, existen varios métodos los cuales se mencionan en el apartado 3.1.8 de este documento para poder realizar una evaluación satisfactoriamente, para el caso de este trabajo se utilizó el método de Análisis de factores ponderados debido a que fue el que se consideró como el más conveniente, ya que este método permite incluir al personal de la empresa para tomar la mejor decisión. Para la realización de dicho análisis fue necesario enlistar diferentes factores que se consideran relevantes y ponderarlos del 1 al 10 en cada una de las tres posibles opciones de distribución de planta, con el fin de seleccionar la que obtenga mejor puntuación. A cada factor se les dio un peso relativo, dándole mayor peso a los factores

de Productividad y Seguridad debido a que es lo que se pretende mejorar con la implementación de la redistribución del taller. La puntuación total de cada opción es la sumatoria total de la ponderación dada multiplicado por su respectivo peso relativo, como se puede observar en la tabla 4.5. Cabe mencionar que la ponderación dada a cada una de las opciones y el porcentaje de peso relativo que se le dio a cada factor se hizo tomando en cuenta las recomendaciones y experiencia del gerente de producción de la empresa.

Factores	Peso relativo (%)	Opciones		
		#1	#2	#3
Productividad	25%	8	7	9
Seguridad	25%	9	8	10
Practicidad	12.5%	9	9	8
Circulación	12.5%	9	8	10
Satisfacción del personal	12.5%	9	9	9
Flexibilidad de adaptación	12.5%	9	8	9
Total	100%	8.75	8	9.3

Tabla 4.5. Ponderación de las opciones de distribución.

Al realizar el análisis, podemos observar que de las tres posibles opciones que se presentaron en el Paso 6, la opción #3 es la que nos arrojó la puntuación más alta, por lo tanto, es la opción con la que se seleccionó para su implementación en el taller. Por ello, se procedió a pasar el bosquejo de la opción seleccionada a el layout con las medidas reales, para definir con mayor precisión las áreas requeridas para cada actividad. En la figura 4.11 se puede observar lo mencionado.

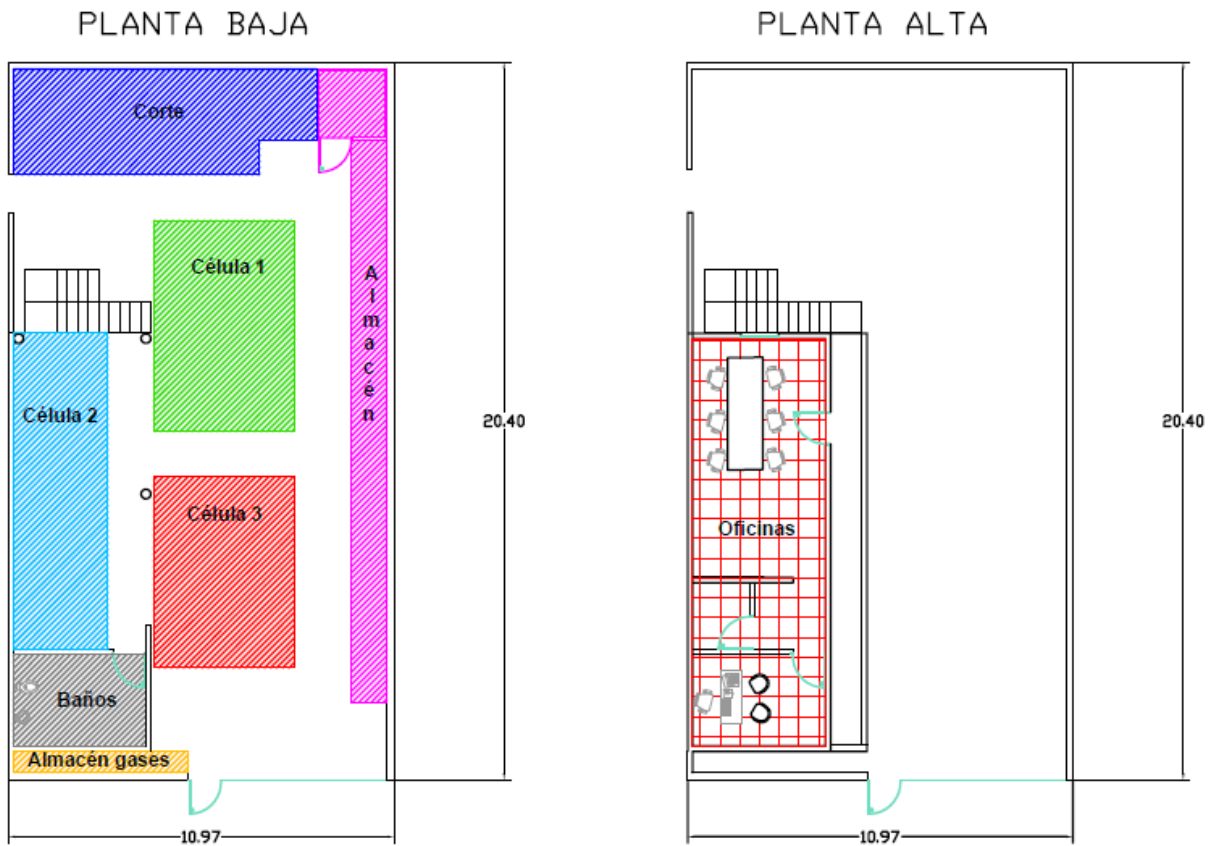


Figura 4.11. Layout de la opción seleccionada.

Partiendo de la realización de layout mostrado en la figura anterior, se utilizó como base para delimitar cada una de las áreas requeridas para cada actividad, para ello se utilizó pintura amarilla para marcar en el suelo la delimitación de estas, procurando que la línea fuera mayor a los 5 centímetros de ancho, tal como se indica en la NOM 001, punto 7.5.1 donde indica que las áreas de producción y de circulación de personas deben estar delimitadas con en el fin de poder disponer de espacios seguros dentro del centro de trabajo, y aunque la norma permita diferentes opciones para delimitar el área como barandales o estructuras físicas, se consideró esta opción como la más conveniente según las necesidades específicas del taller, en la figura 4.12 se puede apreciar lo mencionado.



Figura 4.12. Delimitación de las áreas de trabajo.

Al señalar las áreas de trabajo permite prevenir accidentes, ya que de forma visual los trabajadores pueden percatarse que dentro de esas áreas existen peligros relacionados con las actividades que se realizan en cada una de ellas, indicando así a las personas que circulen por el lugar a mantener una cierta distancia. Así mismo, al delimitar las áreas permite dar a conocer a los empleados de la distribución que se realizó en el presente proyecto, con la intención de que sepan cuál es el espacio donde corresponde realizar cada actividad.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTURO

En este capítulo se muestran las conclusiones obtenidas a partir de la realización del proyecto, así como recomendaciones y trabajos futuros que pudieran realizarse en la empresa.

5.1. Conclusiones

La elaboración de este proyecto fue de gran ayuda para poder realizar el rediseño de distribución de planta del taller, ya que al desarrollar la metodología SLP permitió obtener buenos resultados al seguir los pasos y utilizar las herramientas sugeridas, además, el desarrollo del paso 0, en donde se identificaron las NOM's que eran aplicables a la empresa y el análisis de las mismas, hizo que se pudieran identificar con mayor facilidad la normatividad que se debe considerar al momento de realizar la distribución.

En el capítulo de Introducción de este documento, en los apartados donde se desarrolla el objetivo general y la hipótesis del proyecto, se menciona que, al implementar una metodología de rediseño de distribución de planta en el taller, se lograría reducir los riesgos potenciales de sufrir un accidente o lesión, así como incrementar la eficiencia del lugar de trabajo. Con la finalización del proyecto, se puede constatar que se cumplieron las premisas anteriores, ya que al hacer cumplir las NOM's aplicables al centro de trabajo, se garantiza que se cuentan con las condiciones mínimas de seguridad y salud que emite la STPS, las cuales tienen el propósito de evitar riesgos que pongan en peligro la vida, integridad física o salud de los trabajadores. Por otro lado, al redistribuir el área de trabajo del taller y al crear células de trabajo, se logró que se aprovecharan mejor los espacios, en donde antes se utilizaban en su totalidad los 265m² disponibles del centro de trabajo debido a la falta de distribución de las áreas, pasaron a solo ser requeridos 174m² para poder desarrollar las actividades desempeñadas, mejorando así la eficiencia del taller al

poder realizar las mismas actividades en 34.34% menos espacio del requerido anteriormente. Asimismo, se aprovechó este espacio para delimitar pasillos que permitan el tránsito del personal por las instalaciones de una manera más segura.

Un punto que considero clave en la realización de este proyecto fue la creación de las células de trabajo, debido a que gracias a esto nos permitió agrupar las actividades y así, mejorar la productividad de los espacios de trabajo, desarrollando el mismo trabajo en un menor espacio físico. Desde el paso 1 donde se realizó el gráfico P-Q, se pudo observar que lo más conveniente era utilizar como tipo de distribución, las células de trabajo. Mientras que en el paso 3, donde se analizó la relación existente entre actividades, se pudieron crear dichas células de la manera más conveniente, logrando que en el paso 4 se pudiera desarrollar un diagrama relacional de actividades más simplificado y entendible. En el paso 5, el hecho de haber agrupado las actividades hizo que no se tuvieran dificultades referentes a poder satisfacer las necesidades de espacio de acuerdo con el espacio disponible, por ello considero que esto fue un punto muy importante para el éxito del proyecto.

También, con la realización de este proyecto, puedo concluir que la metodología SLP aun teniendo varias décadas de haber sido creada, sigue siendo una excelente opción para poder desarrollar diseños de distribución de planta de forma exitosa, sin embargo, no está de más que el diseñador adapte la metodología a la conveniencia del proyecto en cuestión para poder obtener mejores resultados, como se hizo en este caso.

5.2. Recomendaciones

En el tiempo que se estuvo realizando este proyecto, pude observar que sería conveniente realizar un proyecto de 5´S a fondo en el área de taller, ya que aunque en este proyecto al momento de implementar el nuevo diseño de distribución de planta se ordenó y organizó el área de trabajo, considero que aún es necesario llevar un proyecto especialmente de para desarrollar esta técnica con el fin de poder mantener lo que se realizó en este proyecto, además, de poder encontrar más áreas de oportunidad que se puedan mejorar y concientizar al personal de los beneficios de utilizar dicha técnica.

Por otro lado, en alguna ocasión el gerente de producción de la empresa mencionó que, dentro de un par de años, si la demanda sigue aumentando, tienen pensado buscar una nueva ubicación más amplia para el taller, por lo que recomiendo que cuando eso ocurra se considere volver a replicar la metodología utilizada en este proyecto, para que desde un inicio se comience a trabajar de forma conveniente según las necesidades futuras que puedan existir.

5.3 Trabajos futuros

Al identificar las diferentes las NOM's aplicables a la empresa, me pude percatar de que aún existe un área de oportunidad muy grande ya que no se cumple al cien por ciento la normatividad vigente, por lo que aliento a un próximo estudiante de maestría a realizar un proyecto enfocado específicamente en el cumplimiento de las NOM's en la empresa, ya que en el trabajo actual solo se enfoca en la normatividad que se pudiera lograr cumplir mediante el rediseño de distribución de planta.

De igual forma, mientras estuve realizando el proyecto me di cuenta de que la empresa al ser relativamente nueva no cuenta con la estandarización de muchos de sus procesos y a la vez, no cuenta con documentación que permita tener una buena gestión del conocimiento de lo que se hace en la empresa, por lo que de considero que es otro trabajo que se pudiera desarrollar en el futuro.

Por último, considero que el desarrollo de un proyecto enfocado en la ergonomía de las actividades que realizan los operadores pudiera ser de bastante utilidad para la empresa, ya que mucho de los procesos existentes tienen una gran área de oportunidad para volverlos más seguros.

6. REFERENCIAS

Cárdenas Moraga, D.I., 2017. *Propuesta de distribución de planta y de ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa MV Contrucciones LTDA de la comuna de Llanquihue*. Universidad Austral de Chile.

Castillo, G. y Castañeda, D., 1990. *Distribución de planta: método de los eslabones*. Bogotá.

Causado Rodríguez, E., Ospino Ayala, O.J. y Racedo Gutiérrez, J.P., 2019. Diseño de producción para la agroindustria hortofrutícola de pulpas congeladas, deshidratados, y/o molindas en la región Caribe. *Revista EIA*, 16(32), pp.113–127.

Chaluis, A. y Giovanna V., 2015. *Distribución de planta de la empresa de calzado Boom's de la ciudad de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato.

Chang Torres, A.J., 2016. *Propuesta de mejora del proceso productivo para incrementar la productividad en una empresa dedicada a la fabricación de sandalias de baño*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Chase, R.B., Jacobs, F.R. y Aquilano, N.J., 2009. *Administración de Operaciones*. Duodécima ed. México: McGraw-Hill.

Díaz Pacheco, J.A., González Canales, A., Hernández Arriaga, I. y Escamilla Martínez, A., 2017. Desarrollo de un laboratorio para manufactura de aspas de turbinas eólicas. *Memorias del XXIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, pp.188–196.

Eneque Morales, J.J.J., 2019. *Rediseño de una planta industrial para cubrir la demanda de contenedores flexibles*. Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo.

Evangelista-Flores, A., Alcántar-González, F.S. y Ramírez de Arellano Aburto, N., 2014. Diseño de un proceso continuo de producción de biodiesel. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(2), pp.483–491.

Fernández Márquez, B., 2006. *Desarrollo de una herramienta informática basada en el algoritmo CORELAP para la optimización de distribuciones en planta*. Universidad de Sevilla.

Gaibort González, G.D., 2017. *Mejora de la productividad con herramientas de Manufactura esbelta para el área de confección de Bividis en la empresa M&B Textiles*. Universidad Técnica de Ambato.

García-Sabater, J. p., 2015. *Distribución en planta*. Universidad Politécnica de Valencia.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. del P., 2014. *Metodología de la investigación*. Sexta ed. México: McGraw-Hill.

Huillca Choque, M.G. y Monzón Briceño, A.K., 2015. *Propuesta de distribución de planta nueva y mejora de procesos aplicando las 5s's y mantenimiento autónomo en la planta metalmecánica que produce hornos estacionarios y rotativos*. Pontificia Universidad Católica de Perú.

Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra, M., 2008. *Administración de operaciones*. Octava ed. México: Pearson.

Madrid Zayas, O.R., 2019. *Rediseño del área de valor agregado en una empresa procesadora de carnes del noroeste de México*. Universidad de Sonora.

Medina Ninacondor, K.E., Aguilar Franco, J.A. y Villegas Alvarez, J., 2019. Diseño de una propuesta de una planta industrial para el aprovechamiento de residuos sólidos del proceso de curtido. *Nexo Revista Científica*, 32(1), pp.75–87.

Muther, R., 1968. *Planificación y proyección de la empresa industrial*. Primera Ed. Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A.

Navarro López, H.L., 2017. *Aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en línea de fabricación de sólidos de la empresa Teva Perú S.A.* Universidad César Vallejo.

Obando Mayoral, S.A. y Otero Thorpt, A.F., 2017. Propuesta integral de mejora de la productividad a partir de un análisis sistémico en una empresa manufacturera de calzado en Cali.

Ospina Delgado, J.P., 2016. *Propuesta de distribución de planta, para aumentar la productividad en una empresa metalmecánica en Ate Lima, Perú*. Universidad San Ignacio de Loyola.

Paredes Rodríguez, A.M., Peláez Mejía, K.A., Chud Pantoja, V.L., Payan Quevedo, J.L. y Alarcón Grisales, D.R., 2016. Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP. *Scientia et Technica*, 21(4), pp.318–327.

Pérez Gosende, P.A., 2016. Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un índice de desempeño. *Revista de Administração de Empresas*, 56(5).

Príncipe Rodríguez, J., Ruiz Gómez, P., Gutiérrez Pesantes, E. y Calla Delgado, V., 2015. Diseño de la distribución de Planta del Área de Maestranza para mejorar la productividad en el servicio de reparación de prensas extrusoras en la Empresa de Ingeniería y Montaje S . A . C . *INGnosis*, 1(1), pp.192–217.

Prokopenko, J., 1989. *La gestión de la productividad*. Primera ed. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.

Regalado Arcila, W., Castaño, S. y Ramirez Amador, M.C., 2016. *Metodología de la*

Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (Systematic Layout Planning) de Muther. Universidad Santiago de Cali.

Rodríguez Fernández, Y., Rodríguez Rodríguez, B.A., Pérez Mendoza, D. y Álvarez, L., 2018. Diseño de una industria para el procesamiento de especies acuícolas en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. *UNIANDÉS EPISTEME: Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5(2), pp.115–132.

Schroeder, R., Goldstein, S. y Rungtusanatham, J., 2011. *Administración de operaciones*. Quinta ed. México: McGraw-Hill.

Shmueli, S., 2011. *Distribución en Planta*. Universidad de Castilla-La Mancha.

STPS, 2019. *Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Marco normativo de seguridad y salud en el trabajo.

7. ANEXOS

En este apartado se presentan los anexos que se indicaron previamente en el documento, para ayudar a dar una mejor perspectiva de lo que se mencionó.

7.1. Anexo 1: Respuestas proporcionadas a las preguntas formuladas por el Asistente para identificar las Normas Oficiales Mexicanas.

Pregunta	Respuesta
<u>Edificios, locales e instalaciones</u>	
Seleccione los elementos con que cuenta su centro de trabajo:	Escaleras
¿Desarrolla sus actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios en: edificios, locales, instalaciones y/o áreas exteriores, tales como pasillos, patios, techos, estacionamientos, áreas de circulación de vehículos, áreas de carga y descarga de materiales?	Sí
<u>Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria</u>	
¿En su centro de trabajo se utiliza maquinaria o equipo?	Sí
<u>Ruido</u>	
¿En su centro de trabajo, existe algún área donde los trabajadores estén expuestos a niveles de ruido superiores a 80 decibeles?	Sí
<u>Radiaciones no ionizantes</u>	

<p>Seleccione el tipo de radiación que se genera en su centro de trabajo por los procesos o actividades que realiza:</p>	<p>Ultravioleta, Visible, Infrarroja</p>
<p>¿En el centro de trabajo se utiliza equipo como: plantas soldadoras de arco industrial, lámparas germicidas, lámparas industriales de luz ultravioleta, luminarias para bronceado de piel, reflectores para iluminación profesional o algún otro que produzca radiación electromagnética?</p>	<p>Sí</p>
<p>¿Los trabajadores realizan actividades en áreas próximas a instalaciones como subestaciones eléctricas, torres de telecomunicaciones o motores eléctricos con tensiones de alimentación de alto voltaje?</p>	<p>No</p>
<p><u>Presiones ambientales anormales</u></p>	
<p>¿Los trabajadores realizan actividades en tierra a alturas superiores a 3000 metros sobre el nivel del mar, es decir a presiones ambientales menores de 522 milímetros de mercurio?</p>	<p>No</p>
<p>¿Los trabajadores realizan actividades de buceo?</p>	<p>No</p>
<p><u>Condiciones térmicas elevadas o abatidas</u></p>	
<p>¿En su centro de trabajo, los trabajadores están expuestos a instalaciones, equipos, productos o materiales que ocasionen que su temperatura corporal descienda a menos de 36 grados centígrados?</p>	<p>No</p>
<p>¿Los trabajadores realizan actividades o están expuestos a instalaciones, equipos, productos o materiales que ocasionen que su temperatura corporal sea mayor a 38 grados centígrados?</p>	<p>No</p>

¿En su centro de trabajo existen condiciones climáticas que pueden provocar que la temperatura corporal de los trabajadores sea inferior a 36 grados centígrados o mayor a 38 grados centígrados?	Sí
<u>Electricidad estática</u>	
¿En su centro de trabajo se tiene maquinaria, equipos o procesos en los que existan materiales en rozamiento?	No
¿En los procesos que se realizan en el centro de trabajo se emplean materiales, sustancias o equipos capaces de almacenar o generar cargas eléctricas estáticas?	No
<u>Vibraciones</u>	
Seleccione qué partes del cuerpo están expuestas a las vibraciones:	Extremidades superiores
¿Los trabajadores están expuestos a vibraciones producidas por la operación de maquinaria, equipos o herramientas?	Sí
<u>Soldadura y corte</u>	
¿Las actividades de soldadura y corte se realizan en: alturas, sótanos, subterráneos, espacios confinados o en recipientes donde existan polvos, gases o vapores inflamables o explosivos?	No
¿En el centro de trabajo se realizan actividades de soldadura y corte?	Sí
<u>Trabajos en altura</u>	

¿En su centro de trabajo se realizan actividades de mantenimiento, instalación, demolición, operación, reparación, limpieza, entre otras, a alturas mayores a 1.80 metros sobre el nivel de referencia, o existe el riesgo de caída en aberturas en las superficies de trabajo, tales como perforaciones, pozos, cubos y túneles verticales?	No
<u>Construcción</u>	
¿El centro de trabajo realiza trabajos de construcción?	No
<u>Mantenimiento de instalaciones eléctricas</u>	
¿En su centro de trabajo existen instalaciones eléctricas permanentes o provisionales?	Sí
¿En su centro de trabajo se desarrollan actividades de mantenimiento en las líneas eléctricas aéreas o subterráneas o energizadas?	No
<u>Recipientes sujetos a presión y calderas</u>	
¿En su centro de trabajo están instalados generadores de vapor o calderas?	No
¿En su centro de trabajo se utilizan recipientes criogénicos?	No
¿En su centro de trabajo se cuenta con recipientes sujetos a presión -interna o externa- como compresores, intercambiadores de calor, torres de enfriamiento, marmitas, tanques suavizadores, filtros, reactores, autoclaves, colchones de aire, entre otros?	Sí

Indique la(s) categoría(s) en la(s) se clasifica(n) el (los) recipiente(s) sujeto(s) a presión instalado(s) en su centro de trabajo.	Categoría I
<u>Radiaciones ionizantes</u>	
¿En su centro de trabajo se utiliza material radiactivo como Americio 241, Azufre 35, Carbono 14, Cerio 144, Cesio 137, Cobalto 57, Cobalto 60, Criptón 85, Estroncio 90, Fósforo 32, Iodo 125, Iodo 131, Iridio 192, Oro 198, Paladio 103, Polonio 210, Promecio 147, Radio 226, Rutenio 106, Selenio 75, Sodio 24, Talio 204, Tecnecio 99, Tritio, Uranio 238 o Ytrio 90?	No
¿En su centro de trabajo realiza actividades como radiografía industrial, radiografía médica, medición de espesores con ultrasonido, medición de niveles por rayos gamma, diagnóstico o tratamiento por medicina nuclear, irradiación médica o para investigación?	No
<u>Manejo y almacenamiento de materiales</u>	
¿Qué método utiliza en su centro de trabajo para la carga de materiales?	Manual
¿En su centro de trabajo se levantan, bajan, jalan, empujan, trasladan y estiban materias primas, subproductos, productos terminados o residuos?	Si
<u>Prevención, protección y combate de incendios.</u>	
Proporcione la siguiente información:	
•Superficie construida (en metros cuadrados)	200
•Inventario de gases inflamables (en litros)	435
•Inventario de líquidos inflamables (en litros)	0

•Inventario de líquidos combustibles (en litros)	0
•Inventario de sólidos combustibles, incluido el mobiliario del centro de trabajo	300
¿Tiene inventario de materiales pirofóricos o explosivos?	No
Sustancias químicas.	
¿En el centro de trabajo se manejan, transportan, procesan o almacenan sustancias químicas que por sus propiedades, niveles de concentración y tiempo de exposición sean capaces de contaminar el medio ambiente laboral, alterar la salud de los trabajadores y/o dañar el centro de trabajo?	No

7.2. Anexo 2: Secciones o disposiciones específicas de cada una de las normas aplicables.

Normas de seguridad	
NOM-001 Edificios, locales e instalaciones	Obligaciones del patrón: 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 Obligaciones de los trabajadores: 6.1 , 6.2 , 6.3 Condiciones generales: 7.1, 7.1.1, 7.1.2 , 7.1.3 , 7.1.4 , 7.1.5 , 7.1.6 , 7.2 , 7.3 , 7.4 Condiciones específicas: 7.5, 7.5.1, 7.5.2
NOM-002 Prevención y protección contra incendios	Obligaciones del patrón: 5, 5.1, 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.7 , 5.8 , 5.9 , 5.12 Obligaciones de los trabajadores: 6 , 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 , 6.5 , 6.6 , 6.7 , 6.8 , 6.9 Condiciones generales: 7, 7.1 , 7.2 , 7.3 , 7.4 , 7.5 , 7.5.1 , 7.5.2 , 7.5.3 , 7.6 , 7.6.1 , 7.6.2 , 7.7, 7.8, 7.9, 7.10, 7.11 , 7.12 , 7.13 , 7.14 , 7.15 , 7.16 , 7.17 , 7.18 , 7.19 , 8 , 10 , 10.1 , 10.2, 11, 11.1, 11.2 , 11.5 , 101 , 101.1 , 101.1.1 , 101.1.2 , 101.1.3 , 101.1.4 , 101.1.5 , 101.1.6 , 101.2 Condiciones específicas: 5.10.1, 8.1.1
NOM-004 Sistemas y	Obligaciones del patrón: 5.1 , 5.2 , 5.2.1 , 5.2.2 , 5.3 , 5.4 Obligaciones de los trabajadores: 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 , 6.5 , 6.6

dispositivos de seguridad en maquinaria	Condiciones generales: 7 , 7.1 , 7.2 , 7.2.1 , 7.2.2 , 7.2.3 , 8 , 8.1 , 8.1.1 , 8.1.2 , 8.1.3 , 8.2 , 8.2.1 , 8.2.2 , 8.2.3 , 8.2.4 , 8.2.5 , 101
NOM-006 Manejo y almacenamiento de materiales	Obligaciones del patrón: 5 , 5.1 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , 5.8 , 5.9 , 5.10 , 5.11 , 5.12 Obligaciones de los trabajadores: 6 , 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 , 6.5 , 6.6 , 6.7 , 6.8 , 6.9 Condiciones generales: 7.8.2.3 , 10 , 10.1 , 10.3 , 10.4 , 10.5 , 10.6 , 10.7 , 11 , 11.1 , 11.2 , 11.3 , 11.4 , 11.5 , 11.6 , 13.4 Condiciones específicas: 7.7 , 8.1 , 8.2 , 8.3 , 8.4 , 8.5 , 9.1 , 9.2 , 9.3 , 9.4 , 9.5 , 9.6 , 9.7 , 10.2
NOM-020 Recipientes sujetos a presión y calderas	Obligaciones del patrón: 5 , 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , 5.8 , 5.9 , 5.11 , 5.14 , 5.18 Obligaciones de los trabajadores: 6 , 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 , 6.5 Condiciones generales: 7 , 8 , 8.1 , 9 , 11 , 12 , 12.1 , 13 , 13.7 , 13.7.1 , 14 , 14.1 , 14.2 , 14.3 , 17 , 17.2 , 18 Condiciones específicas: 7.1.1 , 9.1 , 11.1 , 11.1.1 , 11.2 , 11.2.1 , 11.3 , 11.3.1 , 12.1.1 , 13.3
NOM-027 Soldadura y corte	Obligaciones del patrón: 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , 5.8 , 5.9 , 5.10 , 5.11 , 5.12 , 5.13 , 5.14 , 5.15 , 5.16 , 5.17 , 5.18 Obligaciones de los trabajadores: 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 , 6.5 Condiciones generales: 7 , 8 , 9 , 9.1 , 9.2 , 10 , 10.1 , 10.2 , 10.3 , 10.4 , 10.5 , 10.6
NOM-029 Mantenimiento de instalaciones eléctricas	Obligaciones del patrón: 5 , 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , 5.8 , 5.9 , 5.10 , 5.11 , 5.12 , 5.13 , 5.14 , 5.15 , 5.16 , 5.17 , 5.18 , 5.19 , 5.20 Obligaciones de los trabajadores: 6 , 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 , 6.5 , 6.6 , 6.7 , 6.8 , 6.9 Condiciones generales: 7 , 7.1 , 7.2 , 7.3 , 7.4 , 8 , 8.1 , 8.2 , 8.3 , 8.4 , 9 , 9.1 , 9.2 , 9.3 , 9.4 , 9.5 , 10 , 10.1 , 10.2 , 10.3 , 10.4 , 10.5 , 10.6 , 13 , 13.1 , 14 , 14.1 , 14.2
Normas de salud	
NOM-011 Ruido	Obligaciones del patrón: 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , 5.8 Obligaciones de los trabajadores: 6.1 , 6.2 , 6.3 Condiciones generales: 7 , 7.1 , 7.2 , 7.3 , 8 , 8.1 , 8.2 , 8.2.1 , 8.2.2 , 8.3 , 8.3.1 , 8.4 , 8.4.1 , 8.4.2 , 8.4.3 , 8.4.4 , 8.5 , 8.5.1 , 8.5.2 , 8.6 , 8.7 , 8.7.1 , 8.7.2 , 8.7.3 , 8.7.4 , 8.8 , 8.8.1 , 8.8.2 , 8.8.3 , 9 , 9.1 , 9.2 , 9.3 , 101
NOM-013 Radiaciones no ionizantes	Obligaciones del patrón: 3.1 , 3.1.2 , 3.1.3 , 3.1.4 , 3.1.5 Obligaciones de los trabajadores: 3.2 , 3.2.1 , 3.2.2 , 3.2.3 , 3.2.4 , 3.2.5 Condiciones generales: 3.3 , 3.3.1 , 3.4 , 3.4.1 , 3.5 , 3.5.1 , 4.6

	Condiciones específicas: 4.3 , 4.4 , 4.5
NOM-015 Condiciones térmicas elevadas o abatidas	Condiciones específicas: 5.1 , 5.2 , 5.6 , 5.9 , 5.10 , 6.2 , 6.3 , 6.4
NOM-024 Vibraciones	Obligaciones del patrón: 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 Obligaciones de los trabajadores: 6 Condiciones generales: 8 , 8.1 , 8.2 , 8.2.1 , 8.2.2 , 8.3 , 8.3.1 , 8.3.3 , 8.3.4 , 8.3.5 , 8.4 , 8.4.1 , 8.5 , 8.5.1 , 8.5.2 , 8.6 , 8.6.1 , 8.6.2 , 8.6.3 , 8.6.4 , 8.6.5 , 8.7 , 8.7.1 , 8.7.2 Condiciones específicas: 7.2 , 8.3.2.2 , 8.3.2
NOM-025 Iluminación	Obligaciones del patrón: 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , 5.8 , 5.9 , 5.10 , 5.11 Obligaciones de los trabajadores: 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 Condiciones generales: 7 , 8 , 8.1 , 8.2 , 9 , 9.1 , 9.1.1 , 9.1.2 , 10 , 10.1 , 10.2 , 10.3 , 10.4 , 11 , 12 , 12.1
Normas de organización	
NOM-017 Equipo de protección personal	Obligaciones del patrón: 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.5.1 , 5.5.2 , 5.6 , 5.7 , 5.8 Obligaciones de los trabajadores: 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 Condiciones generales: 7 , 7.1
NOM-019 Comisiones de seguridad e higiene	Obligaciones del patrón: 5 , 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , 5.8 , 5.9 , 5.10 , 5.11 , 5.12 , 5.13 , 5.14 Obligaciones de los trabajadores: 6 , 6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4 , 6.5 , 6.6 , 6.7 Condiciones generales: 7 , 7.1 , 7.2 , 7.3 , 7.4 , 7.5 , 7.6 , 8 , 8.1 , 8.2 , 8.3 , 8.4 , 9 , 9.1 , 9.2 , 9.3 , 9.4 , 9.5 , 9.6 , 9.7 , 9.8 , 9.9 , 9.10 , 9.11 , 9.12 , 9.13 , 10 , 10.1 , 10.2 , 10.3 , 11 , 11.1 , 11.2 , 11.3 , 11.4
NOM-026 Colores y señales de seguridad	Obligaciones del patrón: 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 Obligaciones de los trabajadores: 6.1 , 6.2 Condiciones generales: 7.1 , 7.2 , 8 , 8.1 , 8.2 , 8.2.1 , 8.2.2 , 8.2.3 , 8.2.4 , 8.2.5 , 8.3 , 8.3.1 , 8.3.2 , 8.4 , 8.5 , 8.5.1 , 8.5.2 , 8.5.3 , 8.6
NOM-030 Servicios preventivos de seguridad y salud	Obligaciones del patrón: 4 , 4.1 , 4.2 , 4.3 , 4.5 , 4.6 , 4.7 , 4.8 , 4.9 Condiciones generales: 5 , 5.1 , 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 , 5.6 , 5.7 , 5.8 , 5.9 , 6 , 7 Condiciones específicas: 4.1.1 , 4.4.1 , 6.2 , 7.2