



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

*Título: Evaluación y propuestas de mejoras en la distribución espacial de la
fábrica SERVIPAXA S.A*

*Title: Evaluation and proposal for improvements of the SERVIPAXA S.A factory
layout*

Autores: Silvia Del Pilar Borja Manobanda

Johnny Alberto Tigreros Arreaga

Director: Ing. Pablo Pérez Gosende, Msc.

Guayaquil, Marzo de 2018

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo de titulación titulado “Evaluación y propuestas de mejoras en la distribución espacial de la fábrica SERVIPAXA S.A”, nos corresponden exclusivamente a los autores.

Silvia del Pilar Borja Manobanda

CI:1206157933

Johnny Alberto Tigreros Arreaga

CI: 0952481075

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor de trabajo de titulación titulado “Evaluación y propuestas de mejoras en la distribución espacial de la fábrica SERVIPAXA S.A”, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

Silvia del Pilar Borja Manobanda

CI: 1206157933

Johnny Alberto Tigreros Arreaga

CI: 0952481075

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director de trabajo de titulación titulado “Evaluación y propuestas de mejoras en la distribución espacial de la fábrica SERVIPAXA S.A”, desarrollado por los estudiantes Silvia Borja Manobanda y Johnny Tigreros Arreaga previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, al día 21 del mes de Marzo del 2018

Ing. Pablo Alberto Pérez Gosende, MSc.

Docente Director del Proyecto Técnico

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primero a Dios y a todos los que creyeron en mí, en especial a mis padres y hermana quienes son mi ejemplo y fortaleza para avanzar día a día en el cumplimiento de mis metas llenándome de motivación con su apoyo perseverante e incondicional.

Y a todos los académicos de esta prestigiosa Universidad quienes aportaron directamente en mi formación profesional.

Silvia del Pilar Borja Manobanda

El presente proyecto de titulación está dedicado principalmente a Dios por permitirme llegar hasta este punto de realización en mi vida, a mis padres y hermanas quienes han estado siempre presentes en todo el trayecto de mi formación profesional y personal, brindándome su apoyo, cariño y dándome fortaleza para seguir día a día cumpliendo mis metas.

Y a los docentes de esta prestigiosa universidad, por sus enseñanzas y por la sabiduría que me transmitieron durante todo este proceso de aprendizaje.

Johnny Alberto Tigreros Arreaga

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, el autor y más grande amor de mi vida, quien otorga sabiduría para alcanzar con éxito las metas propuestas.

A mis amados padres Estuardo Borja Moya y Pilar Manobanda Cedeño, por su esfuerzo, trabajo y dedicación constante para un único fin, darme la mejor educación para la realización exitosa de mi vida espiritual y profesional.

A mi compañera de vida, mi amada hermana Génesis Borja Manobanda, por ser motivadora y colaboradora.

A mis tíos Daniel Manobanda y Marilú Muñoz por su gran aporte para el logro de esta meta de mi vida y a mi prima Yoselyn Manobanda, por la hospitalidad, conocimiento y aporte brindado.

A mi tío Jorge Manobanda y prima Mariela Manobanda por la apertura y confianza para poder desarrollar este proyecto en la empresa SERVIPAXA S.A., y a todo el personal de la misma por su colaboración.

A mi amigo y compañero de tesis Johnny Tigreros por su disposición, paciencia, conocimientos y perseverancia para la culminación exitosa de este proyecto.

A todo el cuerpo directivo y docente de la Carrera de Ingeniería Industrial por el apoyo y conocimiento brindado durante mis años de estudio.

A la vida y a todos quienes, en algún momento de este proceso, estuvieron dispuestos a aportar.

Silvia del Pilar Borja Manobanda

A Dios por estar siempre presente en mi vida, otorgándome el valor y la sabiduría para superar cada obstáculo y dificultad que se a presentado en todo el trayecto en mi formación profesional y personal.

A mis padres Johnny Tigreros Flores y Mariana de Jesús Arreaga Villamar, por todo lo que significan en mi vida, por su esfuerzo, trabajo y dedicación infinita para sus hijos, y por todas las enseñanzas, los valores, la fe y el amor que me demuestran día a día.

A mis hermanas Dayse, Vanessa y Maria Belen que siempre han estado hay dándome una mano, siendo un ejemplo, corrigiendo mis falencias e inculcando probidad en mi vida.

A mi Bisabuela Esther Olvera quien fue la precursora de mi formación profesional, alentándome en todo momento a seguir adelante, a estudiar, y sobre todo que la gran responsabilidad del ser humano es ayudar al prójimo, y que todo se consigue con disciplina, constancia, estudios y fe en Dios. A mi abuela Carmen Villamar, a mis tios quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental en mi vida.

A mi compañera y amiga Silvia Borja Manobanda por toda la colaboración, predisposición, hospitalidad, conocimientos y perseverancia para la culminación exitosa de este proyecto.

A nuestro tutor Ing. Pablo Pérez Gosende por su colaboración brindada en la elaboración del proyecto de titulación, y a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial por el apoyo y enseñanzas brindadas en toda mi carrera universitaria.

Johnny Alberto Tigreros Arreaga

RESUMEN

La empresa de elaboración de plásticos para la producción bananera SERVIPAXA S.A. objeto de estudio de esta investigación no cuenta con una distribución espacial idónea de los centros de actividad y elementos que intervienen en el sistema productivo. En este contexto, este proyecto tiene el objetivo de evaluar, analizar y presentar una propuesta de rediseño de la distribución espacial.

A partir de una investigación de campo y del Método del Índice de desempeño del Layout (IDL) se busca evaluar el desempeño de la distribución espacial actual de las instalaciones y conocer los principales problemas existentes en cuanto a los factores que influyen en la producción como operaciones de los trabajadores, ubicación de centros de actividad y equipos, mismas que estén configuradas de manera que permitan el flujo lineal del proceso, buscando así optimizar la producción.

Se utiliza el método de Planeación Sistemática de Layout (SLP), para la obtención de una alternativa óptima de distribución de planta para la empresa SERVIPAXA S.A. Esta propuesta permite configurar una distribución en la cual se integra al operador, espacio, materiales y máquinas de la manera más racional.

Los beneficios que obtendremos con la nueva distribución son reducción de tiempo en las operaciones, seguridad en las actividades que realizan los trabajadores, mejorar la utilidad y maximizar el uso de recursos humanos y materiales cumpliendo estándares de seguridad y calidad.

ABSTRACT

The plastic processing company for the banana production SERVIPAXA S.A. The object of study of this research does not have a suitable spatial distribution of the centers of activity and elements that intervene in the productive system. In this context, this project aims to evaluate, analyze and present a proposal for the redesign of spatial distribution. Based on field research and the Layout Performance Index Method (IDL), the aim is to evaluate the performance of the current spatial distribution of the facilities and to identify the main problems in terms of the factors that influence production as operations of workers, location of activity centers and equipment, which are configured in such a way as to allow the linear flow of the process, thus seeking to optimize production. Systematic Layout Planning (SLP) method is used to obtain an optimal alternative for the distribution of the plant for SERVIPAXA S.A. This proposal allows to configure a distribution in which the operator, space, materials and machines are integrated in the most rational way. The benefits that we will obtain with the new distribution are reduction of time in the operations, security in the activities that the workers carry out, improve the utility and maximize the use of human and material resources, fulfilling safety and quality standards.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Gajo: Racimo apiñado de cualquier fruta (Real Academia Española, 2018)

Distribución de planta: Consiste en la organización de máquinas, departamentos, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento, pasillos y espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente, de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo (Marthell, 2014)

Ratio: Es una medida del tamaño del racimo y por lo tanto sirve para controlar la calidad de los racimos cosechados. La ratio indica que tan vigoroso es un racimo, la calidad de las manos y puede indicar cuando una planta ha sido afectada por factores externos como enfermedades, plagas, daños mecánicos o la precipitación que causan disminución del tamaño del racimo y/o pérdida de manos por daños. (Giraldo, 2013)

Bifentrina: La bifentrina ($C_{23}H_{22}ClF_3O_2$) es un plaguicida de tipo insecticida y acaricida, su clasificación es piretroide. Proviene de las flores de crisantemo y se utiliza en diversos cultivos agrícolas y también en los hogares (INECC, 2017)

Lineal Buteno: Es un polietileno lineal de baja densidad, se usa en extrusión, películas de plástico soplado, moldeado de inyección para embalaje de alimentación, alimentos congelados, tubos para calefacción de suelos, película extensible, tubos cosméticos y farmacéuticos, etc (Group, 2018).

Lineal Metaloseno: Es un polietileno lineal de baja densidad, es una resina plástica, de la familia del polietileno de baja densidad lineal pero con una catálisis mejorada. Se usa mezclado con polietileno de baja y alta densidad en la fabricación de bolsas, con el fin de mejorar propiedades como brillo y transparencia (Carvajal, 2018)

Peletizado: Es un proceso que consiste en la elaboración de material reciclado en forma de gránulos, para de esta manera poder reutilizar el material reciclado. (Malma, 2014)

Utillaje: Conjunto de útiles necesarios para una industria o actividad (Española A. d., 2018).

Estocástico: Es un proceso cuyo comportamiento es no determinista, en la medida que el subsiguiente estado del sistema está determinado tanto por las acciones predecibles del proceso como por elementos aleatorios (Wikipedia, 2018)

ÍNDICE GENERAL

	Página
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	II
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	III
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
GLOSARIO DE TÉRMINOS	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Justificación	5
1.3 Delimitación	6
1.4 Estructura organizacional de la empresa SERVIPAXA S.A.	8
1.5 Problema de investigación	9
1.5.1 Enunciado del problema	9
1.6 Objetivo de la investigación	10
1.6.1 Objetivo general	10
1.6.2 Objetivos específicos	10
1.7 Beneficiarios	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes investigativos	12
2.2 Marco legal	16

2.2.1 Decreto Ejecutivo No. 2393.	16
2.3 Fundamentación Teórica	28
2.3.1 Distribución de planta	29
2.4 Presupuesto de obra	48
2.4.1 Objetivos de un presupuesto	49
2.4.2 Costos de construcción	49
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	51
3.1 Tipo de investigación	51
3.1.1 Investigación con enfoque mixto.	51
3.1.2 Investigación de campo.	52
3.1.3 Investigación bibliográfica-documental.	52
3.2 Tipo de método	53
3.2.1 Investigación Descriptiva.	53
3.2.2 Método Inductivo	53
3.2.3 Método Deductivo	53
3.3 Fuentes	54
3.4 Estratégica metodológica	54
3.4.1 Systematic Layout Planning (SLP)	56
3.4.2 Método del índice de desempeño del layout (IDL).	63
3.5 Procesamiento de la Información.	69

CAPÍTULO IV: RESULTADOS	70
4.1 Caracterización de los productos y procesos.	70
4.1.1 Caracterización de los productos.	70
4.1.2 Caracterización de los procesos.	74
4.1.3 Diagrama de procesos	82
4.3 Diseño actual de la planta SERVIPAXA S.A en AutoCAD.	88
4.4 Diagnóstico de desempeño del layout (IDL).	89
4.4.1 Identificar las intensidades de transporte totales entre los centros de actividad.	89
4.4.2 Identificar las relaciones cualitativas de adyacencia ideales.	92
4.4.3 Identificar las relaciones de adyacencia de la distribución espacial actual (Matriz X).	95
4.4.4 Determinar la importancia relativa de los criterios cuantitativos sobre los cualitativos.	96
4.4.5 Índice de Desempeño del Layout (IDL).	97
4.6 Análisis de la situación inicial	99
4.4 Cursogramas de tiempos y movimientos	100
4.5 Diagrama Causa-Efecto	103
4.6 Propuestas de mejoras.	105
4.6.1 Alternativa 1	106
4.6.2 Alternativa 2	107
4.6.3 Alternativa 3	108

4.6.4 Distribución gráfica cuadrada de las alternativas	109
4.7 Validación de la propuesta de mejora.	111
4.8 Análisis de las oportunidades de mejora	113
4.8.1 Determinación de los requerimientos de espacio	113
4.8.2 Propuesta de diseño para la planta SERVIPAXA S.A. en AutoCAD	117
4.9 Cursogramas de tiempos y movimientos del diseño de planta propuesto	119
4.10 Presupuesto de inversión para rediseño de la planta SERVIPAXA S.A	123
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	128
ANEXOS	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis Planta SERVIPAXA S.A.	8
Figura 2 Estructura organizacional de la planta SERVIPAXA S.A.	8
Figura 3 Procedimiento general de la investigación	55
Figura 4 Procedimiento general del Método Planeación Sistemática del Layout (SLP)	58
Figura 5 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de fundas de racimo, corbatines y daypas	85
Figura 6 Diagrama de flujo del proceso de fabricación protectores de racimo de banano.	87
Figura 7 Diseño actual de la planta SERVIPAXA S.A.	88
Figura 8 Matriz cuadrada orientada de las intensidades de transporte parciales.	91
Figura 9 Matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales	91
Figura 10 Matriz R.....	95
Figura 11 Matriz de adyacencia de la distribución espacial actual (Matriz X).....	96
Figura 12 Cursograma analítico del proceso de elaboración de fundas de polietileno	101
Figura 13 Cursograma analítico del proceso de elaboración de protectores de foami	102
Figura 14 Diagrama Causa – Efecto	104
Figura 15 Distribución gráfica cuadrada de la primera alternativa de mejora del layout.....	109
Figura 16 Distribución grafica cuadrada de la segunda alternativa de mejora del layout.....	110

Figura 17 Distribución gráfica cuadrada de la tercera alternativa de mejora del layout.....	110
Figura 18 Cursograma analítico del proceso de elaboración de fundas de polietileno en la distribución espacial propuesta	119
Figura 19 Cursograma analítico del proceso de elaboración de protectores de foami en la distribución espacial propuesta	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Índice de temperatura de globo y bulbo húmedo según la carga de trabajo.	23
Tabla 2 Códigos de proximidad	59
Tabla 3 Razones de proximidad	60
Tabla 4 Composición química de fundas con bifentrina.....	71
Tabla 5 Composición química de fundas al vacío	72
Tabla 6 Composición química de fundas al natural	72
Tabla 7 Composición química de fundas al natural con color	72
Tabla 8 Composición química de corbatines	73
Tabla 9 Composición química de daypas.....	73
Tabla 10 Composición química de protectores semicirculares	73
Tabla 11 Composición química de protectores rectangulares.....	74
Tabla 12 Escala de temperatura de fabricación para protectores.....	79
Tabla 13 Resumen del proceso de obtención de las relaciones cualitativas de adyacencia mediante el juicio de expertos.....	93
Tabla 13 Resumen de resultados de la alternativa propuesta 1	106
Tabla 14 Resumen de resultados de la alternativa propuesta 2.....	107
Tabla 15 Resumen de resultados de la alternativa propuesta 3.....	109
Tabla 17 Resultados de las alternativas de mejora de layout.....	111
Tabla 18 Validación de la forma y dimensiones de los centros de actividad de la nueva distribución propuesta.....	115
Tabla 19 Presupuesto de inversión para rediseño de la planta.....	124

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Productos que se fabrican en la planta SERVIPAXA S.A.....	133
Anexo 2 Centros de Actividad.....	134
Anexo 3 Consumo de materia prima por mes y producto año 2016.....	139
Anexo 4 Flujo de Materiales entre centros de actividad.....	140
Anexo 5 Cuestionario sobre las relaciones de adyacencia cualitativas entre los centros de actividad de SERVIPAXA S.A.	141
Anexo 6 Requerimiento espacial ideal para cada centro de actividad.....	142

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en la empresa SERVIPAXA S,A la cual se dedica a la elaboración de productos plásticos de polietileno destinados al sector bananero de todo el Ecuador, ofreciendo a sus clientes productos que satisfacen sus requerimientos y necesidades en todas las edades y etapas de crecimiento de la planta de banano.

La investigación desarrollada tiene como tema fundamental: Evaluación y propuestas de mejoras en la distribución espacial de la fábrica SERVIPAXA S.A

El tema central de esta investigación es evaluar y optimizar la distribución de planta actual para el proceso de fabricación de fundas plásticas y protectores para los cultivos de banano, la empresa objeto de estudio ha crecido de forma desorganizada en los últimos años debido principalmente a la gran demanda de sus productos y la carencia de estudios previos para definir un correcto uso del espacio físico disponible y la mejor utilización de los activos y recursos que posee la empresa.

Por tal motivo es esencial conocer la situación actual de la distribución espacial de la empresa, y posteriormente presentar soluciones a los inconvenientes que se encuentren dentro de la misma. Con el fin de garantizar la seguridad del personal y la eficiencia en cada uno de los procesos que intervienen durante la producción, para que estos se realicen con los más altos estándares de calidad y mayor efectividad operativa dentro de los procesos, eliminando los cuellos de botella y tiempos muertos dentro de los procesos productivos.

El contenido de este proyecto consta de cuatro capítulos los cuales detallan cada uno de los pasos a realizar para definir la mejor solución posible de distribución de planta a la problemática que se presenta en este caso.

En el capítulo I, se realiza un análisis del problema de la investigación, en el cual se da a conocer todos los detalles de las diferentes operaciones que se realizan dentro del proceso productivo de la empresa y se concluye que SERVIPAXA S.A. requiere modificar su distribución de planta.

En el capítulo II, se describe todo lo relacionado a la fundamentación teórica que se utiliza para realizar este proyecto de investigación, con el uso de normativas y estatutos que están relacionados con la distribución espacial de plantas fabriles, todo esto con el objetivo de presentar una propuesta con los mejores fundamentos teóricos y con el mayor alcance posible a los problemas encontrados.

En el capítulo III, se realiza el análisis del marco metodológico, en el cuál se plantean las diferentes herramientas que se utilizaron para obtener la información base del estudio de mejora de layout, de esta manera identificar los diversos problemas que existen dentro del proceso de fabricación e ir relacionando cada factor que influye negativamente en las operaciones industriales y la administración de las cargas operativas.

En el capítulo IV mediante el índice de desempeño del layout (IDL), se evalúa la eficiencia real actual de la planta, para luego realizar el reordenamiento de los elementos que conforman el sistema productivo en el espacio físico disponible y cuantificar las mejoras acorde a los resultados obtenidos.

Se presenta el procedimiento general para realizar el análisis de la información obtenida en la investigación de campo, y mediante el uso del método de planeación sistemática del layout (SLP), proponer la mejor alternativa que resuelva eficientemente

las carencias que se evidenciaron en el análisis inicial, para posteriormente validar y cuantificar las bondades de la nueva distribución de planta.

Inicialmente se distribuyen los centros de actividad de forma global en una representación gráfica de ellos, y luego se ordenan de manera detallada los elementos y características que forman parte del departamento o centro de actividad objeto de estudio.

Como último punto se presentan las conclusiones, recomendaciones, bases bibliográficas y anexos que engloban cada uno de los aspectos involucrados en la elaboración del proyecto técnico de titulación desarrollado.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La Planta de Plásticos de Polietileno SERVIPAXA S.A., es una empresa que se ubica en el cantón Quevedo, parroquia San Cristóbal perteneciente a la provincia de Los Ríos. La planta se dedica a la fabricación de plásticos de polietileno de baja y alta densidad para la producción de fundas plásticas y protectores para los cultivos de banano.

Quevedo es considerada la nueva capital bananera de Ecuador por ser el centro de operaciones de la mayoría de compañías bananeras que operan en el país y por la prestigiosa calidad de su fruta de exportación. Las operaciones de la empresa SERVIPAXA S.A han cubierto la necesidad y las exigencias de este segmento del mercado lo cual ha propiciado una alta demanda de sus productos, ligados directamente por una excelente ubicación estratégica de la planta y productos de calidad.

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

1.2 Justificación

La creciente competitividad inmersa en todos los mercados es un claro factor que incide directamente en la estabilidad comercial de las industrias. Toda empresa manufacturera debe velar por dos cuestiones que se amalgaman mutuamente, la administración de las operaciones y la productividad, que lo único que busca es tener procesos productivos más eficientes y con un valor agregado. Para poder llegar a ello es de vital importancia una correcta e integral distribución de planta que correlacione todos los factores de un sistema productivo en cuestión, (Render & Heizer, 2014)

La distribución de planta de la empresa debe estar ligada a cumplir con los objetivos estratégicos que se planteen en torno al sistema de producción y a la mejora continua. (Lopez, Estrada, & Ramirez, 2013)

Por tal motivo esta empresa dedicada a la fabricación de fundas y protectores plásticos de polietileno SERVIPAXA S.A requiere implementar mejoras dentro de su sistema productivo, mediante una propuesta de diseño de distribución de planta que comprenda el dimensionamiento de toda la infraestructura, diseño de las áreas, ubicación de los equipos, maquinarias de trabajo y elementos de apoyo de los procesos productivos, y un sistema de manejo de materiales, materias primas, desechos, almacenamiento de productos terminados y semielaborados, que permitan mejorar el desempeño, rendimiento y capacidad del proceso actual de la planta de producción.

La relevancia de este proyecto se fundamenta en las ventajas y beneficios que proporciona una adecuada distribución de planta para una empresa manufacturera, partiremos del análisis de los procesos y actividades de la organización para posterior a ello llevar a cabo la implementación de una nueva filosofía de distribución de planta

que favorezca tanto a los directivos de la empresa como a los trabajadores, promoviendo optimizar las actividades con una menor inversión de tiempo, eliminación de movimientos y esfuerzos innecesarios, promover el reto de la productividad como forma excelente de evaluar la capacidad del sistema maximizando la utilización de recursos en la generación de productos y mejorando la administración de los procesos productivos, (Rivera, Cardona, Vázquez & Rodríguez, 2012)

Una correcta disposición en la distribución de planta es la principal fortaleza de una empresa, reduce riesgos operacionales, produce procesos más estructurados y controlados, juega un rol fundamental en la competitividad comercial, fundamentándose en principios de calidad, producción y buenas prácticas de manufactura. (Romero, S; Romero, O; Muñoz, D, 2015)

1.3 Delimitación

La delimitación del proyecto se ejecuta estableciendo los ejes y directrices que engloban el carácter investigativo, resolutivo y concluyente en la evaluación de la situación actual de la distribución de planta de SERVIPAXA S.A y las respectivas medidas de mejoras de layout propuestas.

Alineado con una correcta administración operativa que vele por los objetivos perseguidos por la organización. Dentro de la delimitación se consideran los siguientes aspectos:

Área de estudio: Distribución de planta.

Aspectos a considerar:

- Flujo de los procesos productivos.
- Administración de los procesos.
- Factores Cuantitativos y cualitativos en el layout.
- Rediseño de layout.
- Propuestas de Mejora del layout.
- Validación de Mejoras.

Delimitación espacial KM 1, Vía a Valencia, parroquia San Cristóbal, perteneciente al Cantón Quevedo, provincia de Los Ríos.

Delimitación Académica:

Para la realización de este proyecto técnico fueron necesarios los conocimientos adquiridos en las siguientes materias de la malla de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil.

- Planos en AutoCAD de los procesos
- Técnicas de investigación.
- Administración de operaciones.
- Producción.
- Ingeniería de Métodos.
- Seguridad Industrial.
- Energía y Medio Ambiente.
- Gestión de Calidad.
- Estrategias de Manufactura.
- Administración de proyectos.
- Logística.

Delimitación Temporal:

El proyecto técnico fue desarrollado entre el 3 Febrero del 2017 al 20 de Marzo del 2018

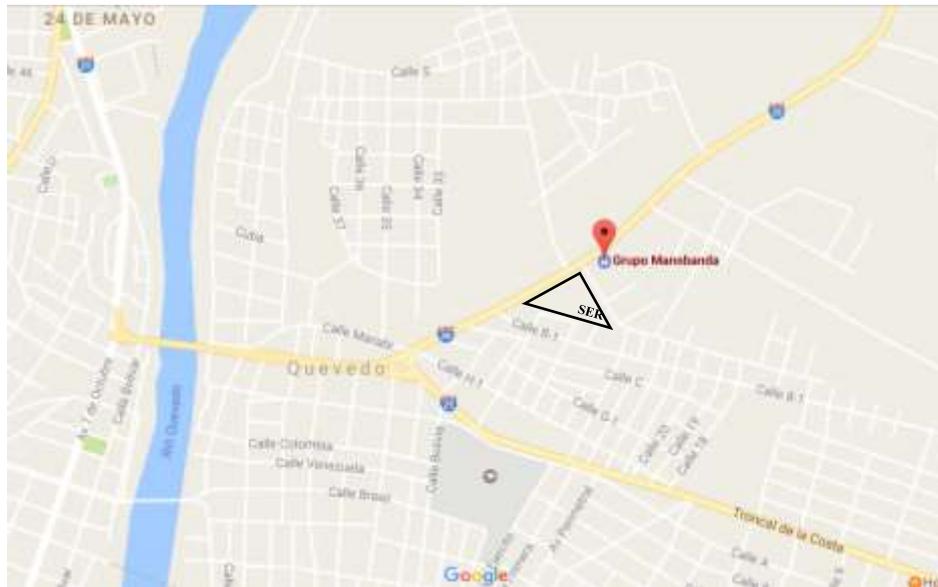


Figura 1 Croquis Planta SERVIPAXA S.A.

1.4 Estructura organizacional de la empresa SERVIPAXA S.A.

La planta trabaja con un número de 24 personas por turno, el primer turno en horario de 7h00 a 19h00 laboran 15 personas y en el segundo de 19h00 a 7h00 solo 9.

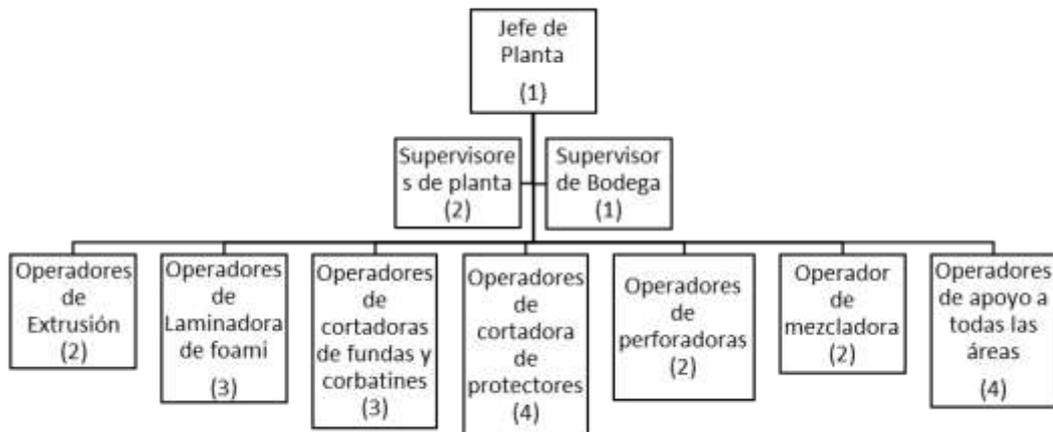


Figura 2 Estructura organizacional de la planta SERVIPAXA S.A.

1.5 Problema de investigación

La configuración actual de los procesos de la empresa denota varias falencias, entre ellas, destaca la mala distribución de las maquinarias en el espacio físico. Esto causa desperdicio de tiempo al trasladar el producto de un área a otra, debido a que las distancias entre centros de actividad son largas.

La distancia entre el área de mezcla y las extrusoras es demasiado larga, eso genera que el trabajador realice un mayor esfuerzo al momento empujar la carretilla hidráulica cargada hasta su lugar de destino, estas dificultades ponen en riesgo la seguridad física del personal encargado de transportar los tanques.

Durante el traslado de un área a otra se expone el producto a contaminación por objetos extraños o partículas de polvo que se pueden encontrar en el ambiente, debido a que los tanques en que se traslada el producto no son herméticos.

Existen centros de actividad que cuentan con un área extremadamente reducida no acorde para las actividades que se realizan en ellas, lo que genera incomodidad y riesgos para el personal de estos centros.

1.5.1 Enunciado del problema

SERVIPAXA en la actualidad no cuenta con una distribución espacial óptima de su planta y no tiene ningún plano que indique que su distribución está acorde a los procesos que se realizan, por lo que existe una alta necesidad de orden y planificación de las diferentes áreas, procesos y actividades que tiene la empresa para que sus objetivos se cumplan de forma efectiva, por esta razón con el presente proyecto se logrará mejorar la distribución espacial de esta planta procesadora de plásticos de polietileno.

1.6 Objetivo de la investigación

Los objetivos de la investigación se enuncian a continuación:

1.6.1 Objetivo general

Evaluar y proponer mejoras a la distribución de planta de una empresa de fabricación de fundas y protectores plásticos de polietileno para cultivos de banano SERVIPAXA S.A.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Realizar un levantamiento de los procesos de producción.
2. Diagnosticar y evaluar la distribución de planta actual.
3. Definir propuestas de mejora del layout.
4. Estimar el valor económico de la mejora.

1.7 Beneficiarios

El principal beneficiario de este proyecto es la empresa SERVIPAXA S.A., que optimiza costes y tiempo dentro de su proceso productivo, evitando desperdicios de tiempo en el recorrido y preparación del material, maximizando la confiabilidad de la línea de producción al considerar los factores que inciden en el producto.

Los colaboradores también serían beneficiarios debido a la mejora en la organización de las herramientas y procesos dentro de la línea de producción, la reducción de riesgos y mejora de las condiciones de trabajo. Los departamentos de producción y calidad tendrán la mayor participación dentro del grupo de beneficiarios al contar con áreas mejor distribuidas que faciliten el orden, la limpieza,

mantenimientos y mayor control de las líneas de producción. Con esto se logra evitar no conformidades relacionadas con la contaminación del producto por factores externos beneficiando directamente la calidad del producto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Las contribuciones científicas que se adoptan en el proyecto de estudio permiten abordar el eje principal de la problemática de investigación. Las teorías y definiciones corresponden en esencia a los factores que inciden en una disposición de planta y las herramientas que se pueden utilizar para mejorar las condiciones actuales de layout, direccionando la ejecución del trabajo a un plano que contemple las raíces de los problemas y los estudios necesarios para verificar, analizar y solucionar objetivamente todos los aspectos que engloban una distribución de planta remitiéndonos a varios principios fundamentales de la ingeniería de la administración de las operaciones.

Los métodos y medidas aplicadas mantienen una relación directa con los principios expuestos por los principales gurúes de la distribución de planta, y los avances científicos actuales que brindan una base sólida para proponer mejoras que satisfagan eficientemente el layout de las instalaciones.

Revisando información relacionada a la distribución de planta dentro de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana, se encontró un trabajo de titulación denominado “Análisis y Rediseño de la distribución espacial del área de envasado de café liofilizado en una planta de la ciudad de Guayaquil”, el autor de la tesis aborda la problemática de estudio evaluando analíticamente la situación actual de los procesos y su incidencia en la eficiencia operativa del área de envasado, para posteriormente proponer las mejoras que reduzcan las falencias y satisfaga las necesidades reales del sistema aplicando la utilización de encuestas dirigidas a los trabajadores y estudio de tiempos y movimientos, mediante estos dos análisis se demostró la necesidad de una redistribución la cual está sustentada en la evaluación de indicadores y el análisis

cualitativo que demostró los problemas que perciben los trabajadores en la ejecución de sus actividades dentro de la jornada laboral. Las propuestas de mejora se desarrollaron partiendo de los principios definidos en la normativa 2393 que relaciona las consideraciones básicas en un centro de trabajo. Los resultados obtenidos de la metodología que utilizo en este proyecto de titulación son la minimización del tiempo, recorrido y distancia entre los procesos de fabricación, el aumento de la productividad, reducción de costos y la mejor disposición de las máquinas y equipos en las instalaciones (Garcia, 2015).

Buscando tesis o artículos científicos por medio de la web, se encontró varios trabajos procedentes de otras universidades correspondientes al tema de distribución de planta, aunque ninguno tiene un enfoque directo con sistemas de fabricación de fundas plásticas de polietileno, por lo cual mencionamos otros trabajos que por su metodología e impacto en los resultados obtenidos en la mejora de distribución de planta forman parte de la estructura e interpretación que los investigadores necesitan para desarrollar un enfoque de la problemática que vaya más allá de la naturaleza del sistema objeto de estudio.

El trabajo de titulación con tema “Distribución de planta y su influencia en el proceso de producción del área de manufactura en la empresa tenería INCA S.A de la ciudad de Ambato”, el autor aborda la problemática de estudio en base al desarrollo del Método Planeación Sistemática de la Distribución de Muther (PSD) o Systematic Layout Planning (SLP), por medio del uso de este método y un análisis cuantitativo de las propuestas de mejoras mediante el uso del software WinQSB, se obtuvo una nueva distribución de planta que estuvo ligado a la reducción de costos de producción como también reducir las distancias recorridas durante el proceso, aunque se realizó una

encuesta dirigida al personal administrativo y operativo de la empresa, la incidencia real del análisis cualitativo en las propuestas de mejora son escasas, siendo los cambios más significativos el aumento de los indicadores de productividad, eliminación de tiempos muertos, demoras en los procesos y la mayor utilización de los trabajadores. (Aguaysa, 2013).

El proyecto de titulación con tema “Distribución de planta para la optimización del manejo de materiales en la empresa de calzado DAV-SPORT de la ciudad de Ambato”, para definir cuáles son los problemas existentes en la empresa el autor realizó una toma de encuestas al personal administrativo y operativo de la empresa, con lo cual analiza los datos cualitativos y la interpretación de los conceptos teóricos de distribución de planta, para concluir que se necesita realizar una redistribución que resuelva satisfactoriamente los problemas encontrados. Mediante el uso del Método SLP demuestra las relaciones de mayor prioridad entre cada una de las áreas de trabajo y consolida una nueva distribución de planta por medio del uso del software WinQSB, con lo cual administro eficientemente el espacio dispuesto para las máquinas y equipos y a su vez mejoro la situación actual de los trabajadores, considerando como plan fundamental la mejor disposición posible que facilite y mejore la condiciones laborales para el trabajador (López, 2014).

El proyecto de titulación con tema “Diseño de la distribución de la nueva planta en la empresa Maldonado García Maga”, utiliza la metodología SLP y mediante el levantamiento de información de las áreas, procesos, operaciones, tiempos y movimientos, mantenimiento, nivel de demanda y características del edificio encontrar los problemas que afronta la organización a nivel operacional y contrarrestarlos proponiendo una mejor utilización física del espacio y demás factores que inciden en

la transformación de la materia prima, dándole un grado de importancia mayor a la reducción de transporte, tiempo ocioso y eficiente uso por metro cuadrado del espacio disponible de las instalaciones. Debido a falencias en el cumplimiento del decreto ejecutivo 2393 y la importancia por parte de la empresa de cumplir con una correcta adecuación de sus lugares de trabajo, se dispuso la creación de nuevas áreas dentro del galpón destinado y la adquisición de activos fijos que permitan aumentar la productividad de la empresa, cumpliendo con la estrategia empresarial y las restricciones económicas del caso. A su vez el autor aborda el proyecto considerando a futuro una ampliación de las instalaciones, proponiendo dentro de las mejoras cercanías de las áreas con mayor flujo de materiales, manejo de operarios y las posibles nuevas adquisiciones que la empresa desea realizar para un futuro cercano, sin que ello pueda traducirse en un problema en el rendimiento, control de la productividad, la distribución de planta óptima permitió eliminar procesos que no generan valor al producto final y una mejor disposición de los operadores en la ejecución de sus actividades (Játiva, 2012).

El proyecto de titulación con tema “Proyecto de factibilidad para la instalación de una planta de reciclaje mecánico de plásticos para el cantón santo domingo de los colorados”, es un caso particular dentro de la distribución de planta, el enfoque para abordar la problemática de estudio, consiste en la localización y tamaño óptimo para el proyecto, disposición de equipos, maquinarias e información del mercado, con ello el autor propone las mejoras considerando investigaciones anteriores realizadas en plantas recicladoras y el impacto evolutivo que se ha evidenciado con la adquisición de nuevas tecnologías, recayendo en un integral funcionamiento operativo, con ello evalúa la viabilidad económica, técnica y ambiental de la planta recicladora que se

desea implementar. Para definir una correcta distribución de planta analiza el flujo de las operaciones, producción, y características de espacio físico necesario para las máquinas, equipos, utillaje, trabajadores y consideraciones básicas de seguridad en el trabajo (Vacas & Rojas, 2012).

2.2 Marco legal

El fundamento legal que se utiliza para el desarrollo de este proyecto de investigación corresponde a normativas nacionales que influyen en gran medida en la adecuación del espacio físico óptimo para las áreas en una distribución de planta, mismas que forman parte esencial de los lineamientos para solucionar eficientemente el problema de investigación.

Este trabajo está desarrollado bajo el instructivo de graduación vigente de la Universidad Politécnica Salesiana, el cual establece que se debe realizar el proyecto de titulación previo a la obtención del título de tercer nivel.

2.2.1 Decreto Ejecutivo No. 2393.

Este decreto contiene el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Mismo que tiene como finalidad la prevención, disminución, eliminación de los riesgos de trabajo, mejorar y establecer todo lo que conforma el ambiente laboral, esto aplica para los empleados y empleadores, a través de normas y estatutos.

A continuación, presentaremos los artículos que servirán como soporte legal de este proyecto de investigación.

Art. 23.- SUELOS, TECHOS Y PAREDES.

1. El pavimento constituirá un conjunto homogéneo, liso y continuo. Será de material consistente, no deslizante o susceptible de serlo por el uso o proceso de trabajo, y de fácil limpieza. Estará al mismo nivel y en los centros de trabajo donde se manejen líquidos en abundancia susceptibles de formar charcos, los suelos se construirán de material impermeable, dotando al pavimento de una pendiente de hasta 1,5%, con desagües o canales.

2. Los techos y tumbados deberán reunir las condiciones suficientes para resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo.

Art. 24.- PASILLOS.

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

2. La separación entre máquinas u otros aparatos, será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor cómodamente y sin riesgo.

No será menor a 800 milímetros, contándose esta distancia a partir del punto más saliente del recorrido de las partes móviles de cada máquina.

Cuando existan aparatos con partes móviles que invadan en su desplazamiento una zona de espacios libre, la circulación del personal quedará limitada preferentemente por protecciones y en su defecto, señalizada con franjas pintadas en el suelo, que delimiten el lugar por donde debe transitarse.

Las mismas precauciones se tomarán en los centros en los que, por existir tráfico de vehículos o carretillas mecánicas, pudiera haber riesgo de accidente para el personal.

3. Alrededor de los hornos, calderos o cualquier otra máquina o aparato que sea un foco radiante de calor, se dejará un espacio libre de trabajo dependiendo de la intensidad de la radiación, que como mínimo será de 1,50 metros.

El suelo, paredes y techos, dentro de dicha área será de material incombustible.

4. Los pasillos, galerías y corredores se mantendrán en todo momento libre de obstáculos y objetos almacenados.

Art. 27.- ESCALERAS FIJAS DE SERVICIO DE MÁQUINAS E INSTALACIONES.

1. Las partes metálicas de las escaleras serán de acero, hierro forjado, fundición maleable u otro material equivalente y estarán adosadas sólidamente a los edificios, depósitos, máquinas o elementos que las precisen.

2. En las escaleras fijas la distancia entre el frente de los escalones y las paredes más próximas al lado de ascenso, será por lo menos de 750 milímetros. La distancia entre la parte posterior de los escalones y el objeto fijo más próximo será por lo menos de 160 milímetros. Habrá un espacio libre de 500 milímetros a ambos lados del eje de la escalera, si no está provisto de áreas metálicas protectoras u otros dispositivos equivalentes.

3. Si se emplean escaleras fijas para alturas mayores de 7 metros se instalarán plataformas de descanso cada 7 metros o fracción. Estarán provistas de aros metálicos

protectores, con separación máxima de 500 milímetros, o bien dispositivos anticaídas, siendo la distancia máxima de caída libre de 1 metro.

4. Los asideros verticales de las escaleras fijas deben extenderse hasta un metro por encima del punto superior a que se apliquen, o tener a la misma altura un asidero adicional adecuado de modo que los usuarios de la escalera encuentren el apoyo suficiente.

Los peldaños de la escalera no rebasarán el descanso superior

Art. 33.- PUERTAS Y SALIDAS.

1. Las salidas y puertas exteriores de los centros de trabajo, cuyo acceso será visible o debidamente señalizado, serán suficientes en número y anchura, para que todos los trabajadores ocupados en los mismos puedan abandonarlos con rapidez y seguridad.

2. Las puertas de comunicación en el interior de los centros de trabajo reunirán las condiciones suficientes para una rápida salida en caso de emergencia.

3. En los accesos a las puertas, no se permitirán obstáculos que interfieran la salida normal de los trabajadores.

4. El ancho mínimo de las puertas exteriores será de 1,20 metros cuando el número de trabajadores que las utilicen normalmente no exceda de 200. Cuando exceda de tal cifra, se aumentará el número de aquellas o su ancho de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ancho en metros = 0,006 x número de trabajadores usuarios.

5. Se procurará que las puertas abran hacia el exterior.

6. Se procurará que la puerta de acceso a los centros de trabajo o a sus plantas, permanezcan abiertas durante los períodos de trabajo, y en todo caso serán de fácil y rápida apertura.

7. Las puertas de acceso a las gradas no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de longitud igual o superior al ancho de aquellos

8. En los centros de trabajo expuestos singularmente a riesgos de incendio, explosión, intoxicación súbita u otros que exijan una rápida evacuación serán obligatorias dos salidas, al menos, al exterior, situadas en dos lados distintos del local, que se procurará que permanezcan abiertas o en todo caso serán de fácil y rápida apertura.

9. Ningún puesto de trabajo distará de 50 metros de una escalera que conduzca a la planta de acceso donde están situadas las puertas de salida.

Art. 53.- CONDICIONES GENERALES AMBIENTALES: VENTILACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD.

1. En los locales de trabajo y sus anexos se procurará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores.

2. En los locales de trabajo cerrados el suministro de aire fresco y limpio por hora y trabajador será por lo menos de 30 metros cúbicos, salvo que se efectúe una renovación total del aire no inferior a 6 veces por hora.

3. La circulación de aire en locales cerrados se procurará acondicionar de modo que los trabajadores no estén expuestos a corrientes molestas y que la velocidad no sea

superior a 15 metros por minuto a temperatura normal, ni de 45 metros por minuto en ambientes calurosos.

4. En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y solo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.

5. Se fijan como límites normales de temperatura grados C (sic) de bulbo seco y húmedo aquellas que en el gráfico de confort térmico indiquen una sensación confortable; se deberá condicionar los locales de trabajo dentro de tales límites, siempre que el proceso de fabricación y demás condiciones lo permitan.

6. En los centros de trabajo expuestos a altas y bajas temperaturas se procurará evitar las variaciones bruscas.

7. En los trabajos que se realicen en locales cerrados con exceso de frío o calor se limitará la permanencia de los operarios estableciendo los turnos adecuados.

8. Las instalaciones generadoras de calor o frío, se situarán siempre que el proceso lo permita con la debida separación de los locales de trabajo, para evitar en ellos peligros de incendio o explosión, desprendimiento de gases nocivos y radiaciones directas de calor, frío y corrientes de aire perjudiciales para la salud de los trabajadores.

Art. 54.- CALOR.

1. En aquellos ambientes de trabajo donde por sus instalaciones o procesos se origine calor, se procurará evitar el superar los valores máximos establecidos en el numeral 5 del artículo anterior.

2. Cuando se superen dichos valores por el proceso tecnológico, o circunstancias ambientales, se recomienda uno de los métodos de protección según el caso:

a) Aislamiento de la fuente con materiales aislantes de características técnicas apropiadas para reducir el efecto calorífico.

b) Apantallamiento de la fuente instalando entre dicha fuente y el trabajador pantallas de materiales reflectantes y absorbentes del calor según los casos, o cortinas de aire no incidentes sobre el trabajador. Si la visibilidad de la operación no puede ser interrumpida serán provistas ventanas de observación con vidrios especiales, reflecta

c) Alejamiento de los puestos de trabajo cuando ello fuese posible.

d) Cabinas de aire acondicionado.

e) Se regularán los períodos de actividad, de conformidad al (TGBH), índice de temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, cargas de trabajo (liviana, moderada, pesada), conforme al siguiente cuadro:

Tabla 1 Índice de temperatura de globo y bulbo húmedo según la carga de trabajo.

CARGA DE TRABAJO			
TIPO DE TRABAJO	LIVIANA	MODERADA	PESADA
	Inferior a 200 Kcal/hora	De 200 a 350 Kcal/hora	350 Kcal/hora
Trabajo continuo 75% trabajo	TGBH=30.0	TGBH=26.7	TGBH=25.0
25% descanso cada hora	TGBH=30.6	TGBH=28.0	TGBH=25.9
50% trabajo, 50% descanso, cada hora	TGBH=31.4	TGBH=29.4	TGBH=27.9
25% trabajo, 75% descanso, cada hora	TGBH=32.2	TGBH=31.1	TGBH=30,0

Elaborado por: (Social, 1998)

Art. 56.- ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS.

1. Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos.

2. Los valores especificados se refieren a los respectivos planos de operación de las máquinas o herramientas, y habida cuenta de que los factores de deslumbramiento y uniformidad resulten aceptables

Art. 57.- ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

Norma General. En las zonas de trabajo que por su naturaleza carezcan de iluminación natural, sea ésta insuficiente, o se proyecten sombras que dificulten las operaciones, se empleará la iluminación artificial adecuada, que deberá ofrecer garantías de seguridad, no viciar la atmósfera del local ni presentar peligro de incendio o explosión.

Se deberán señalar y especificar las áreas que de conformidad con las disposiciones del presente reglamento y de otras normas que tengan relación con la energía eléctrica, puedan constituir peligro.

Cuando la índole del trabajo exija la iluminación intensa de un lugar determinado, se combinará la iluminación general con otro local, adaptada a la labor que se ejecute, de tal modo que evite deslumbramientos; en este caso, la iluminación general más débil será como mínimo de 1/3 de la iluminación localizada, medidas ambas en lux.

Art. 67.- VERTIDOS, DESECHOS Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.

La eliminación de desechos sólidos, líquidos o gaseosos se efectuará con estricto cumplimiento de lo dispuesto en la Legislación sobre contaminación del medio ambiente. Todos los miembros del Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo velarán por su cumplimiento y cuando observaren cualquier contravención, lo comunicarán a las autoridades competentes.

Art. 73.- UBICACIÓN.

En la instalación de máquinas fijas se observarán las siguientes normas:

1. Las máquinas estarán situadas en áreas de amplitud suficiente que permita su correcto montaje y una ejecución segura de las operaciones.
2. Se ubicarán sobre suelos o pisos de resistencia suficiente para soportar las cargas estáticas y dinámicas previsibles. Su anclaje será tal que asegure la estabilidad de la máquina y que las vibraciones que puedan producirse no afecten a la estructura del edificio, ni importen riesgos para los trabajadores.

3. Las máquinas que, por la naturaleza de las operaciones que realizan, sean fuente de riesgo, para la salud, se protegerán debidamente para evitarlos o reducirlos. Si ello no es posible, se instalarán en lugares aislantes o apartados del resto del proceso productivo

El personal encargado de su manejo utilizará el tipo de protección personal correspondiente a los riesgos a que esté expuesto.

Art. 74.- SEPARACIÓN DE LAS MÁQUINAS.

1. La separación de las máquinas será la suficiente para que los operarios desarrollen su trabajo holgadamente y sin riesgo, y estará en función:

a) De la amplitud de movimientos de los operarios y de los propios elementos de la máquina necesarios para la ejecución del trabajo.

b) De la forma y volumen del material de alimentación, de los productos elaborados y del material de desecho.

c) De las necesidades de mantenimiento. En cualquier caso la distancia mínima entre las partes fijas o móviles más salientes de máquinas independientes, nunca será inferior a 800 milímetros.

2. Cuando el operario deba situarse para trabajar entre una pared del local y la máquina, la distancia entre las partes más salientes fijas o móviles de ésta y dicha pared no podrá ser inferior a 800 milímetros.

3. Se establecerá una zona de seguridad entre el pasillo y el entorno del puesto de trabajo, o en su caso la parte más saliente de la máquina que en ningún caso será

inferior a 400 milímetros. Dicha zona se señalizará en forma clara y visible para los trabajadores.

Art. 75.- COLOCACIÓN DE MATERIALES Y UTILES.

1. Se establecerán en las proximidades de las máquinas zonas de almacenamiento de material de alimentación y de productos elaborados, de modo que éstos no constituyan un obstáculo para los operarios, ni para la manipulación o separación de la propia máquina.

2. Los útiles de las máquinas que se deban guardar junto a éstas, estarán debidamente colocadas y ordenadas en armarios, mesas o estanques adecuados.

3. Se prohíbe almacenar en las proximidades de las máquinas, herramientas y materiales ajenos a su funcionamiento.

Art. 86.- INTERRUPTORES.

Los interruptores de los mandos de las máquinas estarán diseñados, colocados e identificados de forma que resulte difícil su accionamiento involuntario.

Art. 130.- CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS.

1. Los pisos de la fábrica sobre los cuales se efectúa habitualmente la circulación, estarán suficientemente nivelados para permitir un transporte seguro, y se mantendrán sin huecos, salientes u otros obstáculos.

2. Los pasillos usados para el tránsito de vehículos estarán debidamente señalizados en toda su longitud.

3. El ancho de los pasillos para la circulación de los vehículos en las fábricas, no será menor de:

a) 600 milímetros más que el ancho del vehículo o carga más amplia cuando se emplee para el tránsito en una sola dirección.

b) 900 milímetros más dos veces el ancho del vehículo o carga, cuando se use para tránsito de doble dirección.

c) Se utilizarán vehículos o sistemas que no contaminen el ambiente de trabajo.

Art. 131.- CARRETILLAS O CARROS MANUALES.

1. Serán de material resistente en relación con las cargas que hayan de soportar, y de modelo apropiado para el transporte a efectuar.

2. Cuando se utilicen carros en rampas pronunciadas o superficies muy inclinadas, estarán dotados de frenos.

3. Se colocarán los materiales sobre los mismos de forma que mantengan el equilibrio y nunca se sobrecargarán.

4. Las empuñaduras estarán dotadas de guardamanos.

Art. 144.- ESTRUCTURA DE LOS LOCALES.

En la construcción de locales se emplearán materiales de gran resistencia al fuego, recubriendo los menos resistentes con el revestimiento protector más adecuado.

Art. 145.- DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LOCALES.

Las zonas en que exista mayor peligro de incendio se aislarán o separarán de las restantes, mediante muros corta - fuegos, placas de materiales incombustibles o

cortinas de agua, si no estuviera contraindicada para la extinción del fuego por su causa u origen. Se reducirá al mínimo las comunicaciones interiores entre una y otra zona.

Art. 149.- INSTALACIONES Y EQUIPOS INDUSTRIALES.

En los locales de trabajo especialmente expuestos a riesgos de incendios se adoptarán las siguientes disposiciones:

1. No deberán existir hornos, calderos ni dispositivos similares de fuego libre.
2. No se empleará maquinaria, elementos de transmisión, aparatos o útiles que produzcan chispas o calentamientos capaces de originar incendios por contacto o proximidad con sustancias inflamables.
3. Las tuberías de conducción de fluidos peligrosos o de altas temperaturas serán completamente herméticas y estarán construidas y revestidas de material resistente a roturas, refractario y resistente a la corrosión.

Art. 152.- RESIDUOS.

Siempre que se produzca residuos que puedan originar un incendio se instalarán recipientes contenedores, cerrados e incombustibles, para depositarlos en ellos.

Cuando estos residuos puedan reaccionar entre sí, se dispondrán recipientes contenedores diferentes, señalizados adecuadamente. Estos recipientes se vaciarán con la frecuencia adecuada, manteniéndose en buen estado de conservación y limpieza.

2.3 Fundamentación Teórica

A continuación se exponen los conceptos básicos y fundamentales que constituyen el marco de referencia para el desarrollo de nuestro proyecto de investigación y sustentara la ejecución de actividades de carácter técnico e investigativo.

2.3.1 Distribución de planta

Según Marthell (2012) la distribución de planta es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente.

Desde la perspectiva de Richard Muther (1961), uno de los principales gurús de la distribución de planta, expone que es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible.

La distribución de planta desde una perspectiva industrial debe contemplar los principios básicos que además de reducir costes, tiempos muertos, rotación de recursos y optimizar los procesos productivos, reduzca los riesgos y mejore las condiciones de seguridad de los trabajadores, integrando una serie de acciones correctivas, preventivas y de oportunidad que tengan un gran impacto positivo en la organización.

A medida que se adhieran nuevas políticas y acciones orientadas a la mejora de una distribución de planta actual, esta deberá ser mucho más profunda y resolutive, considerando todos los factores influyentes en el layout; además, es de vital importancia mantener un panorama que vele por los objetivos planteados por la organización, optimizando los procesos productivos, generando valor agregado y un factor diferenciador de la empresa en un mercado competitivo (Krajeswki, Ritzman & Malhotra, 2013).

La mejora en la distribución de planta de una empresa es el principal eslabón para alcanzar una correcta administración de operaciones. Los administradores de

operaciones están interesados en que la distribución de planta sea adecuada, para ello deben asegurarse de que las instalaciones contribuyen al movimiento eficiente de todos los recursos que influyen en un proceso de transformación de materia prima, servicios de apoyo y dar soporte a la toma de decisiones (Render & Heizer, 2014).

2.3.1.1 Principios de la distribución de planta.¹

La preocupación por la eficiencia en los métodos productivos se ha mantenido a lo largo del tiempo y viene causada principalmente por el hecho de la escasez de recursos y el encarecimiento de los mismos.

Sin embargo, consideraciones relativas al diseño que debería adoptar un área de trabajo específica eran, hace un siglo atrás, dejadas al propio operario de esa área o en el mejor de los casos, al mismo arquitecto que proyectaba el edificio, pero en ninguno de los dos casos se recurría a reglas establecidas o criterios sólidos, con lo cual se creaba una idea del área de trabajo carente de eficiencia y de facilidad para los trabajadores.

Estos principios básicos intentar ayudar en la tarea de diseño de una distribución de planta y está ligado al éxito esperado por la organización en la optimización de los factores que intervienen en los procesos productivos.

A continuación se exponen los seis principios básicos de la distribución de planta:

1. Principio de la integración de conjunto.

La mejor distribución será aquella que integre y armonice a los hombres de los diferentes departamentos, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así

¹David de la fuente García, Isabel Fernández Quezada (2005) Distribución de Planta.

como cualquier otro factor, bajo una visión de conjunto, de modo que cada uno de ellos esté relacionado con los demás y con el total, resultando el compromiso mejor entre todas las partes.

2. Principio de la mínima distancia recorrido.

Persigue el facilitar un movimiento satisfactorio de materiales y personal, y un eficaz mecanismo de control de dicho movimiento.

A igualdad de condiciones, será siempre mejor aquella distribución que permita que la distancia a recorrer por el material y el personal entre operaciones sea la más corta, ya que ello se traducirá en reducción de la manutención.

3. Principio de circulación o flujo de materiales.

En igualdad de condiciones, es mejor la distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales

4. Principio del espacio cúbico

Intenta asegurar la adecuada asignación y utilización eficiente del espacio, tanto en los centros de producción como en los departamentos de servicios.

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal, sobre todo, en aquel caso en que no tengamos delimitación del espacio impuesta por paredes, techos, etc.

5. Principio de satisfacción y seguridad de los trabajadores.

Entre dos distribuciones semejantes, siempre será más eficiente aquella distribución que permita el desarrollo del trabajo de una forma más satisfactoria y segura para los trabajadores.

6. Principio de flexibilidad.

Es muy importante que la flexibilidad sea un atributo de la ordenación finalmente elegida, entendiendo como flexible aquella ordenación de elementos que facilite cualquier reajuste posterior que se revele necesario efectuar en un futuro a fin de adaptarse a nuevas situaciones.

2.3.1.2 Tipos de distribución de planta.

Se pueden considerar cuatro categorías principales de distribución de planta en función de los requerimientos y generalidades que se presentan en las empresas manufactureras y de servicio.

A. Distribución por producto estático

También conocida como distribución por posición fija o por proyecto, este tipo de distribución se utiliza cuando resulta imposible, muy difícil o inconveniente mover el producto que está siendo procesado, debido, generalmente, a su tamaño. Esta característica impide hacer que el producto fluya a través de las etapas de procesamiento correspondientes. Debido a que no se puede trasladar el producto a los procesos, entonces los procesos se llevan al producto. Este hecho hace que se requiera una gran planeación logística, que permita colocar alrededor del producto, las diferentes estaciones de trabajo, en el momento y el lugar en que se necesiten.

B. Distribución por producto o de producción en línea.

Las distribuciones por producto son adecuadas cuando se tiene una variedad muy pequeña de productos altamente estandarizados, los cuales son producidos en altos volúmenes. En dichos procesos, los productos pasan por una secuencia fija de operaciones y los altos volúmenes permiten una buena utilización, manteniendo un flujo constante de productos a través de la línea.

C. Distribución por proceso.

Este tipo de distribuciones está pensado para instalaciones en las que se genere una alta variedad de productos no estandarizados en volúmenes bajos de producción. A este tipo de producción también se le conoce como talleres de trabajo, y no se justifica, en este caso, destinar un equipo para procesar un solo producto, ya que la mezcla de productos cambia constantemente. Así pues, la instalación se deberá distribuir en departamentos especializados en un solo tipo de proceso o equipo. Dichos departamentos podrán utilizarse por todos los productos, según lo indiquen sus especificaciones, generando un flujo interdepartamental. Al compartir equipo, se logra un aprovechamiento máximo del mismo, por lo que la inversión requerida en dicho rubro es baja. La flexibilidad de los talleres de trabajo se ve reflejada en la variedad de habilidades del personal y del equipo.

D. Distribución celular o por grupo.

En ocasiones, los productos de una organización no son tan estandarizados ni sus volúmenes tan altos como para utilizar una distribución por producto; tampoco son productos tan diversos ni sus volúmenes tan bajos como para utilizar una distribución por proceso. En dicho caso, se puede analizar la posibilidad de agrupar los productos

en familias cuyos procesos sean semejantes, tanto en los procesos que requieren como en la secuencia de los mismos. Con base en esta agrupación, se puede generar una distribución específica de procesos para cada familia de productos. A un conjunto de procesos que se encargan de un grupo específico de productos se le llama célula. Este tipo de distribución considera características de las distribuciones por producto y por proceso, pero busca equilibrar las ventajas y limitaciones de ambas, (Baca, 2014).

2.3.1.3 Distribución en instalaciones existentes.

Existe muy poca información sobre la distribución espacial en plantas industriales ya existentes. Las pocas generalidades que se presentan a nivel literario giran en torno a las ventajas y características que se obtienen mediante una redistribución en la localización de los centros de trabajo. Por tal motivo se describen las principales pautas que se persiguen en la distribución espacial de plantas industriales existentes, siendo un factor común la reducción de costos, tiempo y minimización de los niveles de flujo de material.

En el diseño de las instalaciones se debe considerar siempre el ambiente de la o las instalaciones nuevas propuestas. Es probable que en dicho ambiente haya otras instalaciones con las que existirá una relación clave, y que puede determinar la eficiencia y eficacia de todo el sistema productivo, por tal motivo las propuestas de mejora deben abordar todos los escenarios posibles que se puedan producir dentro de las instalaciones así como muchas veces la adquisición de nuevas máquinas o equipos.

La ubicación de las instalaciones existentes se conoce en forma determinística o se estima de manera estocástica (probabilística). De hecho, en algunos casos, la ubicación

de las existentes puede ser variable en el tiempo, lo que puede generar un proceso de rediseño de instalaciones.

Generalmente, cuanto más flexible es una distribución, o cuantas menos características fijas, permanentes o especiales posee, más fácil es hacer la nueva distribución. Por lo tanto se procurara reducir las limitaciones de instalación por medio de características que sean favorables a la consecuencia de la flexibilidad (Muther, 1961).

2.3.1.4 Interacción entre instalaciones.

La naturaleza de las instalaciones existentes determina, en la mayoría de los casos, los atributos de una nueva instalación o rediseño del layout. Esta influencia o interacción entre las nuevas y las existentes, tiene varias características. Puede ser cuantitativa con relación al volumen de productos que se transportarán de una planta a un nuevo centro de distribución. En otros casos, la interacción se define de forma cualitativa, que es cuando se considera indeseable que los nuevos centros de trabajo estén próximos a una máquina que genere calor o ruido excesivo. Por otro lado, la ubicación de los centros en la nueva distribución puede ser completamente independiente de algunas existentes, la ubicación de los centros de trabajo deberá responder de forma dinámica y previsible a las necesidades de interacción en la ejecución segura de las operaciones, asegurando que el conjunto del sistema productivo mantenga un equilibrio y control de las actividades sin provocar mayores cargas o esfuerzos a otras áreas (Baca, 2014).

2.3.1.5 Información requerida en una Distribución de Planta²

Un aspecto importante en el desarrollo del proyecto, es la información básica que podamos recopilar de la presente distribución de planta, con la finalidad de entender y analizar la ordenación física de los elementos industriales y el flujo de materiales entre cada centro de actividad. La información básica que se estudia en este proyecto se menciona a continuación:

Producto (P): Corresponde a los productos, materiales o partes que se fabrican.

Volumen de producción (Q): Cantidad de productos que se producen durante un determinado periodo de tiempo.

Rutas de proceso (R): Corresponde a la secuencia de operaciones que se ejecutan para cada una de las familias de productos que se fabriquen.

Servicios requeridos (S): Soporte de las operaciones desarrolladas, mantenimientos, revisiones, oficios, otros.

Programa de producción (T): Planificar el tiempo, cantidad y tipo de producto que se requiere fabricar, considerando la capacidad de diseño instalada.

2.3.1.6 Factores que inciden en la Distribución de Planta³

En la distribución de planta es necesario conocer todos los factores que están ligados directa e indirectamente con el layout actual de la planta, considerando su incidencia y real impacto que produce en el desempeño del proceso productivo en cuestión. Estos factores que inciden en la distribución de planta se dividen en ocho grupos:

² Nair N G. (2009). Production and Operations Management. McGraw Hill, New Delhi.

³ Muther (1961). Distribution de planta.

A. Factor Material

El factor más importante en una distribución de planta es sin lugar a dudas el material. Dentro de este factor se incluyen los siguientes elementos o particularidades que deberán analizarse minuciosamente en las investigaciones de campo realizadas.

- Materias Primas.
- Material Entrante.
- Productos acabados.
- Material saliente o embalado.
- Materiales accesorios empleados en el proceso.
- Piezas rechazadas, a recuperar o repetir.
- Material de recuperación.
- Chatarras, viruta, desperdicios, desechos.
- Materiales de embalaje.
- Materiales para mantenimiento, taller de utillaje u otros servicios.

Todo nuestro objetivo de producción es transformar, tratar o montar material de modo que logremos cambiar su forma o características de forma efectiva y eficiente. Esto es lo que nos dará un producto final óptimo para los clientes. Por ello la distribución de nuestros elementos de producción ha de depender necesariamente del producto que deseemos y del material sobre el que trabajemos.

Las consideraciones que afectan al factor material son:

- El proyecto y especificaciones del producto.
- Las características físicas o químicas del mismo.
- La cantidad y variedad de productos o materiales.

- Las materias o piezas, componentes y la forma de combinarse unas con otras.

B. Factor Maquinaria

La información sobre la maquinaria (Incluyendo las herramientas y equipos) es fundamental para una ordenación apropiada de la misma.

Los elementos y particularidades del factor maquinaria, incluyen:

- Máquinas de producción.
- Equipo de proceso de tratamiento.
- Dispositivos especiales.
- Herramientas, moldes, patrones, plantillas, montajes.
- Herramientas manuales y eléctricas manejadas por el operario.
- Controles o cuadros de control.
- Maquinaria de repuesto o inactiva.
- Maquinaria para mantenimiento.
- Taller de utillaje u otros servicios.

La lista de consideraciones sobre el factor maquinaria, comprende:

- a. Proceso o método.

Los métodos de producción son el núcleo de la distribución física, ya que determinan el equipo y la maquinaria a usar, cuya disposición, a su vez, debe ordenarse y están directamente unidos a la mejora de métodos y la distribución de planta. Por lo tanto, siempre se debe sopesar que combinación de métodos y de distribución puede cumplir mejor con los intereses de la industria.

b. Maquinaria, utillaje y equipo.

Las principales consideraciones en este sentido son el tipo de maquinaria requerida y el número de máquinas de cada clase.

Tipo de Maquinaria: El escoger un proceso y la selección de maquinaria no es, generalmente, una parte del trabajo de distribución, como tal.

Los puntos a tener en cuenta en la selección del proceso, maquinaria y equipo, son los siguientes:

- Volumen o capacidad.
- Calidad de producción.
- Coste inicial (instalado).
- Coste de mantenimiento o servicio.
- Coste de operación.
- Espacio requerido.
- Garantía.
- Disponibilidad.
- Cantidad y clase de operarios requeridos.
- Riesgos para los hombres, material y otros elementos.
- Facilidad de reemplazamiento.
- Incomodidades inherentes (ruidos, olores, etc.).
- Restricciones legislativas.
- Enlace con maquinaria y equipo ya existente.
- Necesidad de servicios auxiliares.

c. Utillaje y equipo.

Dentro de este aspecto deben considerarse el tipo y cantidad de utillaje y los equipos necesarios que se deben considerar para simplificar la tarea de proyectar una distribución. La selección en este aspecto consiste en la necesidad particular de utillaje y equipo. La selección de maquinarias, herramientas y equipo va directamente unida a la selección de operaciones y secuencias de producción.

d. Utilización de la maquinaria.

Operaciones equilibradas.- Uno de los objetivos de una buena distribución, es lograr la buena utilización efectiva de la maquinaria. Por lo tanto, una buena distribución de planta deberá usar las maquinas en su completa capacidad.

Existen diversos métodos de equilibrado para las producciones en cadena. La mayor parte de estos involucran el ajuste del tiempo-hombre en comparación con el ajuste de tiempo-máquina, porque un trabajador puede ser trasladado fácilmente, parte de su tiempo asignado a otra operación.

Entre los métodos de equilibrado a las operaciones de transformación de material, tenemos.

- Mejora de la operación

Consiste en concentrar la atención en las operaciones que pueden producir cuellos de botella y utilizar métodos que permitan una mejor utilización del equipo y utillaje dentro de la producción, obteniendo una rebaja de los tiempos de maquinaria hasta el valor que encaje con el ritmo de producción deseado.

- Cambio de las velocidades de las máquinas.

Consiste en el ajuste de las velocidades de una operación lenta a la cadena, más rápida, con lo cual se habrá conseguido resolver el problema de modo correcto.

- Acumulación de material y actuación adicional de las máquinas más lentas durante horas extras o turno extra.

Esto sacrifica espacio y aumenta el material en proceso en las operaciones de cuello de botellas. Comprende problemas de supervisión y puede interferir las rutinas de mantenimiento. Es un procedimiento sencillo cuando se tiene solo una o dos máquinas fuera de equilibrio. No es posible con trabajo a tres turnos.

- Relación Hombre-Máquina.

El problema de la utilización del hombre y de la máquina se centra en la determinación del número de máquinas que puede manejar un operario. Para tratar de coordinar el trabajo de uno o más hombres con una o más máquinas, a fin de reducir el tiempo muerto de ambos, el distribuidor empleará el diagrama hombre-máquina.

- Requerimientos de la maquinaria y de proceso.
- Espacios-Forma y Altura.

El trabajo de la distribución en planta es la ordenación de ciertas cantidades específicas de espacio, en relación unas con otras, para conseguir una combinación óptima. Es preciso conocer las dimensiones de cada máquina, la longitud y anchura como mínimo. También será necesario conocer la altura del equipo de operación, incluyendo las partes extensibles, superestructuras, tolvas de alimentadores, etc.

- Peso.

Algunos procesos requieren pisos desusadamente resistentes, macizos en el cual de acuerdo al uso de máquinas y equipos fijos o en movimiento como es el caso de los montacargas.

- Requerimientos de proceso.

Muchos procesos requieren atenciones especiales en consideración al proceso y operaciones que se lleven a cabo, por lo que es necesario establecer las necesidades de manejo, control y ejecución de cada una de las actividades que influyen en el proceso de transformación de la materia prima hasta su disposición final.

C. Factor Hombre

Como factor de producción, el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenarle para nuevas operaciones y, generalmente, encajarle en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas.

Los elementos y particularidades del factor hombre abarcan:

- Mano de obra directa.
- Jefes de equipo.
- Jefes de sección y encargados.
- Jefes de servicio.
- Mano de obra indirecta.
- Personal indirecto o de actividades auxiliares.

- Condiciones de trabajo y seguridad.

En cualquier distribución debe considerarse la seguridad de los trabajadores y empleados. Las condiciones específicas de seguridad que se deben tener en cuenta son:

- Que el suelo esté libre de obstrucciones y que no resbale.
- No situar operarios demasiado cerca de partes móviles de la maquinaria que no estén debidamente resguardadas.
- Que ningún trabajador este situado debajo o encima de alguna zona peligrosa.
- Que los operarios no deban usar elementos especiales de seguridad.
- Accesos adecuados y salidas de emergencia bien señalizadas.
- Elementos de primeros auxilios y extintores de fuego cercanos.
- Que no existan en las áreas de trabajo ni en los pasillos, elementos de material o equipo puntiagudos o cortantes, en movimiento o peligrosos.
- Cumplimiento de todos los códigos y regulaciones de seguridad.
- Necesidades de mano de obra

Tipo de trabajadores requerido.- Considerar el tipo de trabajadores en función del tipo de trabajo y nivel de especialización requerido dentro de los procesos productivos.

La clasificación del tipo de trabajadores es:

- Utilización del hombre.

La buena distribución del puesto de trabajo, está basado en los principios de un estudio de movimientos. El modo más adecuado de mejorar la distribución de los puestos de trabajo individuales, es aplicar estos principios junto con el diagrama hombre-máquina y con el diagrama de mano derecha y mano izquierda. Para ello se

deberá conocer a) el tiempo que requieren los diversos elementos o movimientos y b) las dimensiones de lugar de trabajo.

Los datos que es esencial conocer, antes de que empiece la producción, para conseguir un buen equilibrio, son:

- El ritmo de producción deseado.
- Las operaciones necesarias y su secuencia.
- Los tiempos elementales de cada operación.

D. Factor Movimiento

El factor movimiento es uno de los tres elementos básicos de la producción (material, hombres y maquinarias). El factor movimiento se define, como:

Mover o trasladar el material tan poco como ello sea compatible con los otros factores de producción; establecer una distribución que nos asegure unos traslados cortos, pero que estén siempre dirigidos hacia la terminación del producto y después instalar controles de operación que lo mantengan en movimiento.

Los elementos y particularidades físicas del factor movimiento o manejo, incluyen el siguiente equipo:

- Rampas, conductos, tuberías, guía.
- Transportadores (de rodillos, ruedas, canjilones, rastrillos, tableros articulados, de cinta, etc.).
- Grúas, monorraíles.
- Ascensores, montacargas.
- Equipo de estibado, afianzamiento y colocación.

- Vehículos industriales (carretillas elevadoras de horquillas, plataformas rodantes, camiones, trenes-tractor).

Las consideraciones sobre el factor movimiento se agrupan de la siguiente manera:

- Patrón o modelo de circulación.
- Reducción de manejo innecesario y antieconómico.
- Manejo combinado.
- Espacio para el movimiento.
- Análisis de los métodos de manejo.
- Equipo de manejo.

E. Factor Espera

El objetivo que se persigue al estudiar la distribución de planta es conseguir que la circulación de los materiales sea fluida y se reduzcan a un grado óptimo. Evitando así el coste que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene o es interrumpida por causa de los trabajadores o debido a un ineficiente manejo del espacio físico disponible.

La razón por la que podemos justificar la existencia de material en espera, aunque nos cueste dinero, es porque nos permite mayores ahorros de tiempo y traslado en algunas partes del proceso total de fabricación.

El material puede esperar en un área determinada dispuesta aparte y destinada a contener los materiales en espera; esto se llama almacenamiento. También puede esperar en la misma área de producción, aguardando ser trasladado a la operación siguiente; a esto se llama demora o espera.

Las consideraciones que afectan a una distribución en lo que concierne al factor espera son:

- Situación de los puntos de almacenaje o espera.
- Espacio para cada punto de espera.
- Método de almacenaje.
- Dispositivos de seguridad y equipos destinados al almacenaje o espera.

F. Factor Servicio

Los servicios en una distribución de planta son las actividades, elementos y personal que sirven y auxilian a la producción. Los servicios mantienen y conservan en actividad a los trabajadores, materiales y maquinaria, permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos, podemos citar los relativos al personal (por ejemplo: vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), los relativos al material (por ejemplo: inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares). Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que toman parte en la distribución estimándose que aproximadamente un tercio de cada planta o departamento suele estar dedicado a los mismos.

G. Factor Edificio

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución, pero la influencia del mismo será determinante si éste ya existe en el momento de proyectarla. En este caso, su disposición espacial y demás características se presenta como una limitación de acción en la propia distribución del resto de los factores, lo que no ocurre cuando el edificio es de nueva construcción.

Algunas industrias pueden operar en casi cualquier edificio industrial que tenga el número usual de paredes, techos, pisos y líneas de utilización. Los elementos o particularidades del factor edificio que intervienen, son:

- Edificio de uso general o especial.
- Edificio de un solo piso o varios.
- Su forma
- Sótanos o altillos.
- Ventanas.
- Suelos.
- Cubiertas y techos.
- Paredes y columnas.
- Ascensores, montacargas, escaleras.
- Carreteras y caminos.
- Patios para almacenaje, patios o jardines.
- Plataformas o muelles.

H. Factor Cambio

Uno de los objetivos que se persiguen con la mejora dentro de una distribución en planta es su flexibilidad. Es, por tanto, ineludible la necesidad de prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores que hemos enumerado lleguen a transformar una distribución en planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales. Para ello, habrá que comenzar por la identificación de los posibles cambios y su magnitud, buscando una distribución capaz de adaptarse dentro de unos límites razonables y realistas.

La flexibilidad se alcanzará, en general, manteniendo la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación a las emergencias y variaciones inesperadas de las actividades normales del proceso.

Asimismo, es fundamental tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de la distribución y sus distintos elementos, considerando, además, los cambios externos que pudieran afectarla y la necesidad de conseguir que durante la redistribución, sea posible seguir realizando el proceso productivo.

El cambio es una parte básica de todo concepto de mejora. Las diversas consideraciones del factor cambio, incluyen:

- Cambio en los materiales (diseño del producto, materiales, demanda, variedad).
- Cambios en la maquinaria (procesos y métodos)
- Cambios en el personal (horas de trabajo, organización o supervisión, habilidades).
- Cambios en las actividades auxiliares (manejo, almacenamiento, servicios, edificio).
- Cambios externos y limitaciones debidas a la instalación.

2.4 Presupuesto de obra

El presupuesto de obra lo definen como la valoración o estimación económica de un producto o servicio. Se basa en la previsión del total de los costos involucrados en la construcción de la obra. (Razura, 2012)

2.4.1 Objetivos de un presupuesto

El primero de sus objetivos es aquel que pretende determinar para un proyecto, de manera anticipada, el valor del mismo, con un grado de aproximación aceptablemente bueno y el segundo objetivo es planear un seguimiento que a manera de control, permita al interesado conocer paso a paso, de manera oportuna y eficiente, en cada etapa del proceso, la ubicación exacta del valor del proyecto en ese momento. (Forero, 2011)

2.4.2 Costos de construcción

2.4.2.1 Costos directos de construcción.

Se refiere a los costos que inciden de manera franca en el proyecto, cuyas actividades son como regla general medibles y/o su consumo produce avance de obra. Se deriva de labores directamente involucradas en la construcción física del concepto.

En general los costos directos de construcción comprenden tres grandes grupos que pueden derivar en sub grupos:

- Los materiales de construcción
- La mano de Obra
- Las máquinas, equipos o herramientas

Los materiales de construcción

Son insumos que en general se consumen en un solo uso, son medibles y corresponden generalmente al material físico que pueden ser simple como la arena, el acero, el cemento, el ladrillo, entre otros.

La mano de obra

Comprende la incidencia de sus costos directos internos, como jornales o salarios y las incidencias o costos indirectos por efectos de prestaciones sociales u otros conceptos afines. La mano de obra es un concepto que no se consume, e incluye lo siguiente:

- Sueldos, salarios y jornales
- Incidencias de prestaciones sociales, parafiscales, auxilios y otros

Las máquinas, equipos o herramientas

No se debe confundir con el equipo ya referido, aquel que se instala en la obra, como equipo fijo y permanente, explicado anteriormente en el concepto de los materiales de construcción. Su estudio comprende los siguientes conceptos:

- El valor de compra del equipo
- Su mantenimiento
- Su depreciación
- Otras incidencias

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Investigación con enfoque mixto.

Para desarrollar un correcto análisis es imprescindible estudiar las instalaciones, procesos y personas involucradas en el trabajo, estos últimos representan un gran valor dentro de la metodología de investigación.

En el presente estudio o proyecto, se ha utilizado principalmente un enfoque mixto de la investigación, que implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder a un planteamiento del problema, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Sampieri, 2014)

Los métodos mixtos utilizan evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para entender problemas en las ciencias (Sampieri, 2014)

El levantamiento de información en la planta SERVIPAXA S.A. parte de una investigación cualitativa, la cual se considera la base para la comprensión de la distribución de layout actual. Luego se procede a realizar una investigación cuantitativa, al medir y evaluar los datos de manera numérica, rigiéndonos por decretos, normativas y parámetros técnicos propios de una redistribución de layout de una planta industrial, y posteriormente desarrollar las respectivas propuestas de mejora.

3.1.2 Investigación de campo.

La investigación de campo efectuada parte de la observación directa desarrollada dentro de las instalaciones de la empresa SERVIPAXA S.A, con lo cual se obtiene información de los procesos productivos que se llevan a cabo, y cada uno de los factores que inciden directa e indirectamente en la secuencia lógica de interrelación con los centros de actividad designados actualmente dentro de la organización. Por tal motivo la evaluación de las condiciones de trabajo y su impacto en el desempeño organizacional es de vital importancia, para identificar los problemas que afectan dicha distribución de planta, sin olvidar las consideraciones en seguridad y mano de obra directa.

3.1.3 Investigación bibliográfica-documental.

La investigación bibliográfica y documental constituye toda la recopilación de información que sirve de fuente para el desarrollo del proyecto de investigación presente.

Se recopiló información técnica de las máquinas empleadas en el proceso productivo, centros de actividad, informes de producción, manejo de materiales y de trabajadores empleados en las operaciones; a su vez, el contenido relacionado a la distribución de planta fue tomada de libros, páginas web y papers, con lo cual se delimitó el marco metodológico por la aplicación de métodos y técnicas para la evaluación de layout y presentar posteriormente las propuestas de mejora.

3.2 Tipo de método

3.2.1 Investigación Descriptiva.

En relación a la incidencia de los datos en el tema de investigación objeto de estudio, se debe abordar la problemática de estudio en base al enfoque descriptivo, la cual nos permite de modo sistemático recopilar los datos necesarios y relevantes que contribuyan a la descripción exacta de lo que sucede en las instalaciones, con la finalidad de realizar el análisis respectivo que sustente una correcta distribución de planta.

3.2.2 Método Inductivo

Los datos obtenidos de la investigación de campo provienen de observaciones realizadas dentro de las instalaciones de la planta, dicho método nos permite caracterizar cada dato con una premisa en particular, que concatena la serie de relaciones existentes entre las variables y su efecto, con la finalidad de llegar a una conclusión general a la problemática de estudio y contrastarla mediante las propuestas de mejora de layout.

3.2.3 Método Deductivo

Por medio del uso de una serie de técnicas y herramientas podemos discernir los datos obtenidos del levantamiento de información, formando una síntesis de la problemática de una mala distribución de planta observada y particularizando cada premisa con una relación directa e inmediata a cada principio y ley que sustenta el marco de nuestro proyecto de investigación.

3.3 Fuentes

La fuente de información primaria son los datos que se recopilan directamente mediante entrevistas con los obreros y gerente de planta así como mediante observación directa, lo cual nos proporciona una mejor perspectiva de lo que sucede realmente en este sistema productivo objeto de estudio.

La fuente secundaria corresponde a la información obtenida directamente de textos, documentos y páginas web relacionadas al proyecto de investigación.

3.4 Estratégica metodológica

Para llevar a cabo un análisis crítico y profundo de las variables que inciden en la distribución de planta, es necesario desarrollar una investigación con enfoque en la infraestructura, equipos, procesos productivos, recursos y trabajadores. Estos factores nos permitirán diagnosticar y conocer la realidad del desempeño actual de la planta y proponer mejoras (Olivo, 2015)

Para lograr los objetivos planteados que enmarcan la problemática del proyecto, este estudio se realizará en cinco etapas tal como se muestra en la figura a continuación.

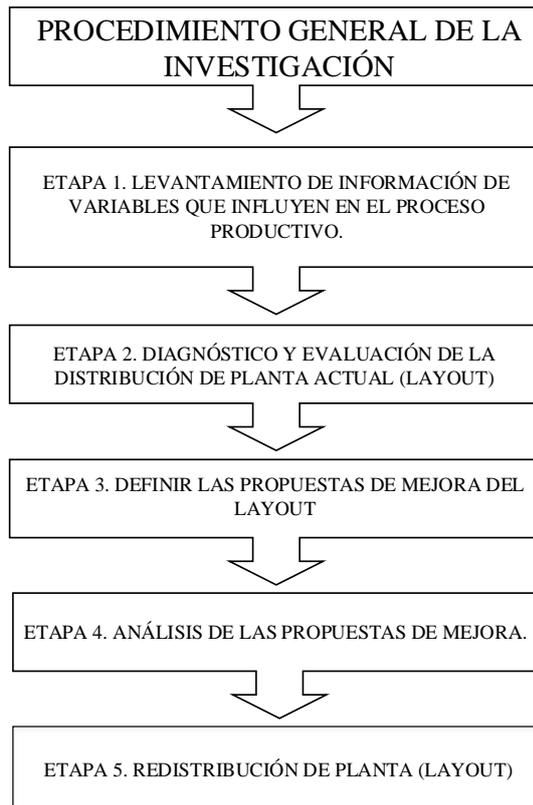


Figura 3 *Procedimiento general de la investigación*
Elaborado por: Autores

A continuación se describe el procedimiento con mayor detalle.

Etapa 1: Inicialmente se realizará un levantamiento de información de todos los elementos, factores, máquinas, variables de entrada y salida que inciden en el proceso productivo, junto con su relación dependiente con cada una de las áreas que se encuentran delimitadas en planta.

Etapa 2: Se realizará un diagnóstico del desempeño de la distribución espacial actual mediante el IDL propuesto por Pérez-Gosende (2016). Esta evaluación inicial demostrará de forma cuantitativa si es realmente necesario realizar propuestas de mejora del desempeño del layout bajo un análisis entre el escenario ideal y anti-ideal.

Etapa 3: Luego mediante la revisión de literatura y normativas legales, así como mediante observación directa y entrevistas a la gerencia y a los colaboradores de SERVIPAXA S.A., se podrán identificar aquellas propuestas de mejora del desempeño de la planta industrial utilizando el método SLP (Planificación sistemática del layout), por medio del cual se podrá establecer una redistribución acorde a las necesidades y limitaciones de la planta objeto de estudio.

Etapa 4: Se analizan y validan las propuestas de mejora del layout planteadas, considerando el aspecto técnico, funcional y operativo del sistema objeto de estudio, y a su vez evaluando por medio del método propuesto por Pérez-Gosende (2016) las alternativas del layout que cumplan con el requisito de adyacencia entre los centros de actividad que poseen mayor flujo de materiales y el flujo subjetivo que define una disposición del espacio físico que responda a los atributos idóneas de un centro de actividad para los trabajadores.

Etapa 5: Por último se definen las propuestas de mejora de layout óptimas para el sistema objeto de estudio, exponiendo los beneficios técnicos y económicos que se obtendrán en contraste a la distribución de planta original.

3.4.1 Systematic Layout Planning (SLP)⁴

La planeación sistemática del layout o SLP es un método que permite realizar la planeación de una distribución de planta de forma óptima y organizada constituida por tres fases que constan de una serie de técnicas y procedimientos para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas.

⁴ Muther, R (1968) Planificación y proyección de la empresa industrial (Método SLP). España: Técnicos y asociados S.A.

El enfoque principal del método SLP consiste en la ubicación adecuada de los centros de actividad dentro del espacio físico disponible de una forma adecuada para el tipo de distribución pretendida y considerando la relación entre ellos con el objetivo de minimizar el flujo de material, el traslado del personal y el mejor uso por metro cuadrado de las instalaciones de la planta objeto de estudio (Ortega, 2014).

Las fases que componen el método SLP son:

- Análisis
- Búsqueda
- Selección

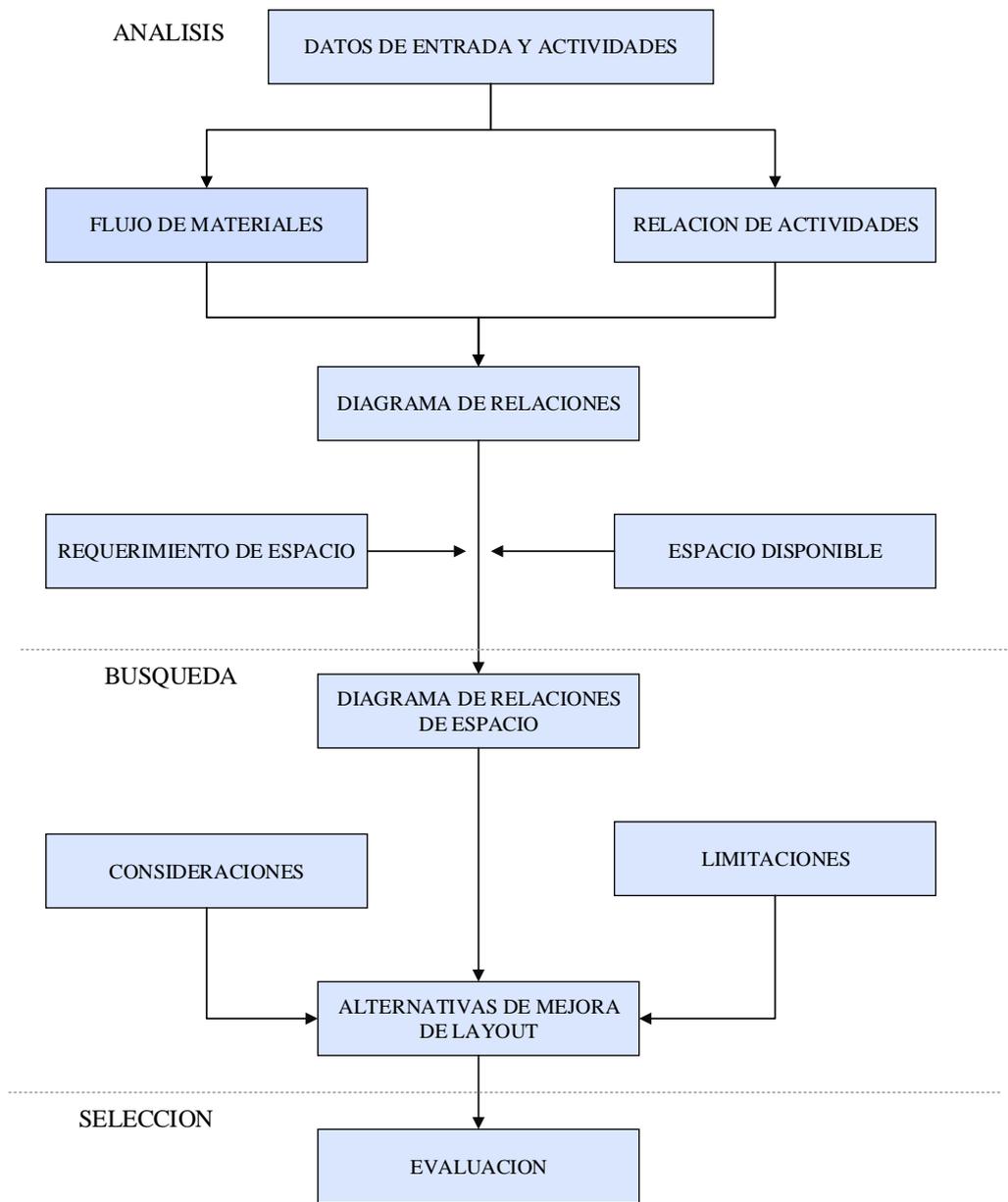


Figura 4 Procedimiento general del Método Planeación Sistemática del Layout (SLP)
Elaborado por: Autores

3.4.2.1 Fase de Análisis.

La fase de análisis corresponde al levantamiento de información de las variables que inciden en el proceso de transformación de la materia prima hasta convertirse en producto terminado, y a su vez definir ciertas relaciones de actividades y sus requerimientos de espacio. La fase de análisis consiste en cinco pasos que son los siguientes:

A. Flujo de materiales

El flujo de materiales corresponde al movimiento total que existe entre cada una de las áreas de trabajo considerando materia prima, producto en proceso, producto terminado y desechos que se producen en cada proceso de transformación. Para analizar este flujo es necesario conocer las distancias entre cada centro de actividad y el nivel de flujo entre departamentos.

B. Relación de Actividades

Se establece que tan importante es la proximidad entre cada centro de actividad. La importancia relativa de cada factor se expresa en términos de evaluaciones subjetivas de la siguiente manera:

Tabla 2 *Códigos de proximidad*

TIPO DE RELACIÓN	ORDEN DE PROXIMIDAD	COLOR DE LINEA
A	Absolutamente Necesario	
E	Especialmente Importante	
I	Importante	
O	Cercanía Ordinaria	
U	Sin Importancia	
X	Indeseable	
XX	Muy Indeseable	

Elaborado por: Autores

Cada relación entre los centros de actividad se sustenta considerando una lista de códigos o razones que mediante una nomenclatura recomienda o niega las referencias de relación indicadas como se muestra en la tabla 3, elaborando así una matriz doblada, la cual pone en evidencia las necesidades de cercanía y el grado de relación existente para cada departamento

Tabla 3 *Razones de proximidad*

CODIGO	RAZONES
1	Control
2	Higiene
3	Proceso
4	Conveniencia
5	Seguridad

Elaborado por: Autores

A. Diagrama de relación

El análisis cuantitativo y cualitativo se combina en un diagrama de relación, que organiza y traduce la matriz doblada en un esquema funcional, que evidencia posibles esquemas de organización de forma visual, facilitando las consideraciones de cercanía entre los centros de actividad.

B. Requerimiento de espacio

En este apartado se determina el espacio requerido para departamento de trabajo. Para ello se toma en cuenta el espacio necesario para la maquinaria, pasillos de seguridad, operador, equipo y producto en proceso. En base a estos datos se determinan

los requerimientos de espacio y forma ideal de cada departamento, para lo cual se usa la metodología descrita a continuación:

- I. Determinar el área total del departamento
- II. Determinar el perímetro total de departamento
- III. Desarrollar la fórmula del indicador

$$F = \frac{P}{4\sqrt{A}}$$

Donde:

F= Factor de forma del área

A= Área total del departamento

P= Perímetro total de departamento

IV. Si $1 \leq F \leq 1.4$ la forma del departamento es aceptable

C. Espacio Disponible

En este paso se contraponen las necesidades de área y forma del departamento con el área total disponible, y se analiza la necesidad de mantener o reducir ciertas dimensiones para determinadas áreas.

3.4.2.2 Fase de Búsqueda

La fase de búsqueda del Método SLP implica desarrollar varias alternativas de distribución de planta, y obtener el mejor layout que resuelva eficientemente los problemas y estado actual de la planta. Se divide en los siguientes pasos:

A. Diagrama de relación de espacio

En este paso se indica el tamaño, relación, configuración y ubicación de cada uno de los departamentos, estableciendo un patrón o patrones básicos de flujo de operaciones, el cual está ligado a posibles modificaciones de a distribución del layout de acuerdo a las consideraciones y limitaciones de la instalación.

B. Consideraciones

Las consideraciones permiten obtener una distribución de planta que vele no solo por la optimización de las operaciones, tiempos o costos productivos, una mejor adecuación de las instalaciones de la planta deberá ser realizada dando cumplimiento de las normativas y especificaciones técnicas, de seguridad y ambientales que velen por el trabajador.

C. Limitaciones

Las limitaciones son aspectos que impiden cierta ubicación destinada para los departamentos. Las limitaciones pueden afectar una distribución de planta en función del área destinada, dinero en inversiones o arreglo de instalaciones o en ocasiones por decisión de la empresa.

D. Alternativas de Mejora del Layout

En este paso se deben interpretar las consideraciones, limitaciones y requerimientos de espacio de la distribución de planta, con la información requerida se desarrollan varias alternativas de layout que son los diagramas de relación de espacio de manera gráfica, localizando cada departamento en una ubicación específica dentro de las instalaciones. Es recomendable desarrollar varias alternativas del layout e ir

comparándolas unas con otras hasta obtener la más adecuada para la naturaleza del sistema productivo.

3.4.2.3 Fase de Selección

La última fase del Método SLP consiste en evaluar las alternativas y seleccionar por medio de criterios de evaluación como lo son la adyacencia de los departamentos, tiempos y costos, la alternativa del layout que obtenga una mejor calificación en estos criterios de evaluación.

3.4.2 Método del índice de desempeño del layout (IDL).

Se estableció un procedimiento de cinco pasos para la determinación del Índice de desempeño del Layout (IDL), mediante el cual se evaluará el desempeño de la distribución espacial actual de la empresa SERVIPAXA S.A.

Paso 1: Identificar las intensidades de transporte totales entre los centros de actividad.

La intensidad de transporte entre dos centros de actividad (t_{ij}) corresponde a la cantidad de materiales (objeto de trabajo) que se traslada entre ellos en una unidad de tiempo. La unidad de medida de esta variable podría expresarse en l/día, m³/mes, t/año, entre otras, de acuerdo con las unidades de medidas apropiadas según el sistema productivo en estudio.

El primer paso del procedimiento involucra tres etapas que se describen a continuación:

Etapa 1.1: Identificar los centros de actividad de la organización.

Un centro de actividad es un espacio físico en el que se realizan actividades involucradas en los procesos operativos, estratégicos y de apoyo de la organización, incluyendo los espacios necesarios para los servicios auxiliares. Los centros de actividad pueden identificarse mediante revisiones de los planos de la planta, entrevistas a expertos u observación directa.

Etapa 1.2: Desarrollar la matriz cuadrada orientada de las intensidades de transporte parciales (matriz T).

Para desarrollar la matriz T, es necesario determinar la cantidad de materiales que se transporta entre cada par de centros de actividad en una unidad de tiempo apropiada de acuerdo a la estacionalidad de la demanda del producto, aunque utilizar un promedio mensual o anual, en cualquier caso, es siempre una buena estrategia.

Etapa 1.3: Desarrollar la matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales (matriz T).

Aquí se busca obtener el flujo total de transporte entre cada par de centros de actividad en ambas direcciones. Esto se logra considerando $T_{JI}=t_{IJ} + t_{JI}$. El resultado es una matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales a la que alternativamente se denominará matriz T.

Paso 2: Identificar las relaciones cualitativas de adyacencia ideales entre los centros de actividad.

Las relaciones existentes entre cada par de centros de actividad no deben limitarse a la intensidad del transporte de flujo de materiales o personas entre ellos, pues en

ocasiones estas relaciones son irrelevantes o inexistentes. Es por esto que deben cuantificarse también las relaciones cualitativas que pudieran existir entre los centros de actividad que justifican las necesidades de adyacencia o su indeseabilidad. Entre estos, las exigencias constructivas, ambientales, de seguridad e higiene, los sistemas de manipulación necesarios, el abastecimiento de energía y la evacuación de residuos, la organización de la mano de obra, los sistemas de control del proceso, los sistemas de información, entre otros, podrían considerarse relevantes.

La valoración de las relaciones de adyacencia ideales de acuerdo con los criterios de naturaleza cualitativa entre los centros de actividad i y j se obtendrá mediante el juicio de expertos. Cada experto podrá optar a la discusión general la idea que tiene sobre el tema debatido desde su área de conocimiento. Para desarrollar este paso, deberán seguirse las siguientes dos etapas.

Etapa 2.1: Seleccionar expertos en los procesos y operaciones de la organización objeto de estudio.

Un experto es una persona que tiene conocimiento especial respecto a un tema específico. El criterio clave para su elección es el nivel de conocimiento o grado de experticia en la temática objeto de investigación. No se especifica en la literatura científica el número específico de expertos necesarios para la conducción de una técnica de expertos, sin embargo se reconoce que la cantidad mínima apropiada oscila entre siete u ocho.

Etapa 2.2: Desarrollar la matriz triangular de las relaciones cualitativas de adyacencia ideales (matriz R).

Las valoraciones obtenidas de los expertos acerca de las relaciones cualitativas de adyacencia ideales entre cada par de centros de actividad, se registran mediante una escala ordinal donde E significa que la adyacencia es extremadamente importante, I importante, O ordinariamente importante, D indiferente y N indeseable.

Una vez concluido el proceso, se determinara el valor modal de las valoraciones para cada par bajo análisis y se cuantificará la magnitud de las relaciones mediante un coeficiente R_{IJ} de la siguiente manera: $R_{IJ}=10$ para relaciones de adyacencia extremadamente importantes; $R_{IJ}=5$ para las importantes; $R_{IJ}=2$ si tiene importancia ordinaria; $R_{IJ}=0$ si es indiferente, y por último $R_{IJ}=-10$ si la adyacencia es indeseable, con esta información se desarrolla la matriz de relaciones cualitativas de adyacencia ideales, a la que alternativamente se le denominara matriz R.

Paso 3: Identificar las relaciones de adyacencia de la distribución espacial actual.

El coeficiente binario de adyacencia entre los centros de actividad i y j (X_{ij}) tomará un valor de 1 si los centros de actividad son adyacentes o 0 si no lo son. Dos centros de actividad se consideran adyacentes cuando son contiguos o colindantes, o sea, cuando tienen un límite fronterizo común, pudiendo ser este físico (un pasillo, una pared, etc.) o imaginario. Para cumplir con el principio de circulación y de la mínima distancia recorrida los departamentos con mayor intensidad de relaciones deben ser adyacentes. Como resultado de este paso del procedimiento se desarrolla la matriz X.

Paso 4: Determinar el nivel de importancia relativa de los criterios cuantitativos frente a los criterios cualitativos

Los criterios cuantitativos y los criterios cualitativos no necesariamente deben tener el mismo peso en la evaluación de un esquema de distribución espacial específico, por

lo que requieren ser ponderados. En esta investigación, la ponderación o nivel de importancia relativa de los criterios cuantitativos respecto a los cualitativos es identificado con la letra griega alpha (α), y su valor depende de la naturaleza del sistema de producción objeto de estudio.

Al realizar un análisis de la distribución espacial en empresas de manufactura, se recomienda emplear un valor de α superior a 0.5. De esta forma se estará asignando un mayor peso o importancia relativa a las intensidades de transporte entre los centros de actividad respecto a los criterios de orden cualitativo.

Paso 5: Calcular el Índice de Desempeño del Layout (IDL) e interpretar el resultado.

El cálculo del IDL está compuesto por dos Indicadores como lo son el índice de flujo operativo (Ifo) y el índice de flujo subjetivo (Ifs). Inicialmente se calcula el Índice de flujo operativo (Ifo) entre los centros de actividad, lo cual consiste en la multiplicación de la matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales denominada Matriz T y la matriz triangular de las relaciones cuantitativas de adyacencia ideales denominada Matriz X.

Posteriormente se procede al cálculo del Índice de las relaciones subjetivas (Ifs), el cual considera el juicio de los expertos sobre las relaciones de adyacencia actuales dispuestas para cada uno de los centros de actividad. Se realiza la multiplicación de la matriz triangular de las relaciones cualitativas de adyacencia ideales denominada matriz R y la matriz triangular de las relaciones cuantitativas de adyacencia ideal denominada matriz X.

Ambos indicadores permiten evaluar dos aspectos importantes dentro del análisis, como lo son el real flujo operativo que se está manejando y la real importancia que se

le da al manejo de las cargas laborales mediante la percepción del trabajador. Un Ifo menor a 0,7 indica una situación desfavorable en el manejo operacional del sistema productivo, mientras que un Ifs menor a 0,7 nos indica que el proceso posee falencias que no le permiten a la empresa aprovechar el recurso humano. Una vez realizado cada uno de los pasos previos se calcula el Índice de desempeño de layout (IDL). Este índice permitirá identificar el posicionamiento de la distribución espacial bajo análisis, en un intervalo real que toma valores entre cero y uno.

Un IDL cercano a 0 indicará que el layout se acerca al anti-ideal o escenario más desfavorable, que es aquel donde los centros de actividad están dispuestos de forma caótica en el espacio fabril, sin ningún tipo de relación cualitativa y/o cuantitativa que justifique su adyacencia o contigüidad. Por su parte, un IDL cercano a la unidad, indicará que el layout se acerca a la mejor distribución espacial posible, es decir, a la óptima ideal, que supone adyacencia entre todos los centros de actividad que mantienen flujo de materiales entre sí, o tienen algún otro tipo de relación de naturaleza cualitativa.

Este posicionamiento entre el layout anti-ideal y el óptimo ideal, permite la identificación de oportunidades de mejora de la distribución en estudio y en consecuencia, reservas de mejora de la productividad de trabajo. Particularmente si el IDL calculado fuese muy desfavorable ($IDL < 0.6$), se deben generar nuevas alternativas de layout, e implementar aquella variante que cumpla con las restricciones de espacio y de capital, a la vez que mejore el índice de Desempeño del Layout.

3.5 Procesamiento de la Información.

La información que se obtiene mediante la investigación de campo se procesa en función de cada uno de las etapas que componen la metodología del proyecto.

Se realizó un estudio de relaciones de adyacencia cualitativas entre los centros de actividad de la empresa SERVIPAXA S.A, el cual permitió la participación de 7 personas expertas del personal de la planta por medio de toma de encuestas, que nos proporcionaron datos valiosos sobre la situación que perciben los trabajadores en torno a cada uno de los centros de actividad, para posteriormente tabular dicha información, ejecutar el correspondiente análisis, contrarrestando la situación con cada uno de las variables que se estudian y definir las respectivas conclusiones del caso.

Para los demás datos obtenidos del estudio de las instalaciones de la planta se utilizó la herramienta Microsoft Excel para generar las respectivas matrices que componen el análisis de cada aspecto formulado en la aplicación del Método IDL, por medio del cual se obtienen los resultados correspondientes para representar la situación actual de la distribución de planta en base a un valor porcentual y definir la mejor propuesta de mejora para el sistema objeto de estudio.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Caracterización de los productos y procesos.

4.1.1 Caracterización de los productos.

La empresa SERVIPAXA S.A., fabrica ocho tipos diferentes de productos plásticos destinados al segmento de las plantaciones de racimo de banano, cada uno de estos productos posee una determinada composición química, características físicas y mecánicas que velan por el cuidado de la planta de banano en sus diferentes edades.

El modelo estratégico de la empresa es producir bajo pedidos de clientes y no existe un stock de seguridad, esto se da principalmente por los requerimientos de la clientela que ordena la fabricación especialmente de fundas de racimo con ciertas modificaciones en la tonalidad y la impresión del nombre de la hacienda en la funda.

Una de las fortalezas que posee la organización recae en la gran cantidad de pedidos por producto que mantiene mensualmente, generando un alto nivel de rotación con el almacén de producto terminado y el almacenamiento temporal.

A excepción de los protectores de banano la demás gama de productos que se fabrican mantienen una gran similitud en el proceso de transformación de la materia prima hasta convertirlo en producto terminado, siendo clave en su diferenciación los subprocesos que se llevan a cabo de forma manual en los centros de actividad, otorgando el acabado final a cada tipo de producto.

Los ocho tipos diferentes de productos que se fabrican se muestran a continuación:

1. Fundas con bifentrina

2. Fundas Natural al vacío
3. Fundas al natural
4. Fundas natural con color
5. Corbatines
6. Daypas
7. Protectores semicirculares
8. Protectores rectangulares

Estos también se pueden observar en el anexo 1.

A continuación se caracteriza la composición química para cada tipo de producto plástico.

- a. Fundas con bifentrina

Tabla 4 *Composición química de fundas con bifentrina*

FUNDAS CON BIFENTRINA		
ESPESOR: 0,04 mm	LOTE DE:	125,25
MATERIA PRIMA	PESO(Kg)	%
POLIETILENO DE ALTA	65,00	51,90%
PELLETIZADO DE ALTA	35,00	27,94%
BUTENO	16,00	12,77%
BIFENTRINA	6,25	4,99%
COLORANTE	3,00	2,40%
TOTAL	125,25	100,00%

Elaborado por: Autores

b. Fundas Natural al vacío

Tabla 5 Composición química de fundas al vacío

FUNDAS AL VACÍO		
ESPESOR: 0,07 Y 0,08 mm	LOTE DE:	125,00
MATERIA PRIMA	PESO(Kg)	%
POLIETILENO DE ALTA	100,00	80,00%
PELLETIZADO DE ALTA	12,50	10,00%
BUTENO	12,50	10,00%
TOTAL	125,00	100,00%

Elaborado por: Autores

c. Fundas al natural

Tabla 6 Composición química de fundas al natural

FUNDAS AL NATURAL (SIN PELLETIZADO)		
ESPESOR: 0,04mm	LOTE DE:	119,00
MATERIA PRIMA	PESO(Kg)	%
POLIETILENO DE ALTA	100,00	84,03%
BUTENO	16,00	13,45%
COLORANTE	3,00	2,52%
TOTAL	119,00	100,00%

Elaborado por: Autores

d. Fundas natural con color

Tabla 7 Composición química de fundas al natural con color

FUNDAS AL NATURAL		
ESPESOR: 0,04 cm	LOTE DE:	119,00
MATERIA PRIMA	PESO(Kg)	%
POLIETILENO DE ALTA	65,00	54,62%
PELLETIZADO DE ALTA	35,00	29,41%
BUTENO	16,00	13,45%
COLORANTE	3,00	2,52%
TOTAL	119,00	100,00%

Elaborado por: Autores

e. Corbatines

Tabla 8 *Composición química de corbatines*

CORBATINES		
ESPEJOR: 0,03 mm	LOTE DE:	109,00
MATERIA PRIMA	PESO(Kg)	%
POLIETILENO DE BAJA	100,00	91,74%
DURFLEX	6,00	5,50%
COLORANTE	3,00	2,75%
TOTAL	109,00	100,00%

Elaborado por: Autores

f. Daypas

Tabla 9 *Composición química de daypas*

DAYPAS		
ESPEJOR: 0,03	LOTE DE:	100,00
MATERIA PRIMA	PESO(Kg)	%
POLIETILENO DE BAJA	100,00	100,00%
TOTAL	100,00	100,00%

Elaborado por: Autores

g. Protectores semicirculares

Tabla 10 *Composición química de protectores semicirculares*

PROTECTORES SEMICIRCULARES		
ESPEJOR: 0,05mm	LOTE DE:	135,65
MATERIA PRIMA	PESO(Kg)	%
POLIETILENO DE BAJA	100,00	73,719%
PELLETIZADO DE BAJA	15,97	11,773%
COLORANTE AZUL	0,49	0,361%
PARAFINA	2,89	2,130%
GLP	15,97	11,773%
COLORANTE UV	0,33	0,243%
TOTAL	135,65	100,00%

Elaborado por: Autores

h. Protectores rectangulares

Tabla 11 *Composición química de protectores rectangulares*

PROTECTORES SEMICIRCULARES		
ESPELOR: 0,15 mm MATERIA PRIMA	LOTE DE: PESO(Kg)	135,65 %
POLIETILENO DE BAJA	100,00	73,719%
PELLETIZADO DE BAJA	15,97	11,773%
COLORANTE AZUL	0,49	0,361%
PARAFINA	2,89	2,130%
GLP	15,97	11,773%
COLORANTE UV	0,33	0,243%
TOTAL	135,65	100,00%

Elaborado por: Autores

4.1.2 Caracterización de los procesos.

Para cada uno de los ocho tipos de productos que se fabrican existe una determinada sucesión de acciones y etapas que deben de seguirse para elaborar un producto final que cumpla con todos los requerimientos técnicos y de calidad para esta clase de productos plásticos dirigidos hacia el segmento de las plantaciones de banano.

La sucesión de operaciones que se generan para la fabricación de los productos plásticos está segmentados en dos etapas la cual consiste en la parte de transformación de la materia prima y el área de acabado el cual es netamente manual y representa la mayor utilización de la mano de obra del personal.

Al ser productos que poseen una gran similitud en su proceso de elaboración, cabe destacar que las diferencias existentes recaen en sus especificaciones técnicas, composición de insumos y acabado final. Por tal motivo existe una dependencia directa del tipo de producto y cantidad a fabricar, lo cual define la sucesión de operaciones y procesos que intervienen durante la transformación de los recursos e

insumos. A continuación se detallan las operaciones generalizadas que influyen en la ejecución del trabajo:

- a. Recepción y almacenamiento de materia prima
- b. Recepción de la orden de pedido
- c. Elaboración de la orden de producción
- d. Requerimiento de materia prima
- e. Mezcla
- f. Extrusión y enrollado
- g. Acabado
- h. Acabado de corbatines
- i. Elaboración de protectores
- j. Acabado de protectores
- k. Almacenamiento temporal
- l. Almacenamiento de producto terminado

Todas las operaciones de fabricación detalladas realizan diferentes actividades entre cada una de ellas y gran parte de estas operaciones se subdividen en etapas que conllevan el uso de equipos y/o mesas de trabajo destinadas a modificar o examinar el producto en proceso. A continuación se detallan las operaciones que se llevan a cabo en la línea de extrusión de globo y en la línea de elaboración de protectores.

- a. Recepción y almacenamiento de materia prima

La recepción y el almacenamiento de la materia prima es el eslabón principal en la cadena productiva, da lugar a la secuencia de operaciones y al equilibrio operativo, es en esta etapa que la empresa considera los niveles de producción y la cantidad de

material necesario para satisfacer la demanda de productos de sus clientes actuales y potenciales en función de la etapa del año. La materia prima destinada al proceso de fabricación de los productos plásticos son los siguientes:

- Polietileno de Alta densidad.
- Lineal Metaloseno.
- Lineal buteno.
- Pigmentos.
- Bifentrina.
- Durflex.
- Cera.
- Peletizado de alta densidad y Peletizado de baja densidad

Estos dos últimos insumos provenientes de la reutilización del reproceso (desecho operativo) y de material reciclado.

b. Recepción de la orden de pedido

En esta empresa no existe un sistema de información que permita la rápida comunicación y generación de las ordenes de producción por lo que los requerimientos de producción son generadas por el encargado de ventas de la empresa y luego es entregado al Jefe de Producción.

c. Elaboración de orden de producción

Según la cantidad requerida en la orden de pedido, se determina la cantidad de material necesario por tipo de producto, mismas que son registradas en la orden de producción, para así realizar el requerimiento al almacén de materia prima, cabe

recalcar que la composición de la materia prima para la fabricación de los productos varía en función de los requerimientos del cliente y de la cantidad de producto a fabricar.

d. Requerimiento de materia prima

Luego de haber hecho el requerimiento de materia prima, por lo general dos trabajadores se encargan de tomar la cantidad de materia prima necesaria del almacén para luego ser trasladado el material por medio de una carretilla hidráulica hacia el área de mezclado.

e. Mezcla

En esta área existen dos mezcladoras, una se utiliza para homogeneizar la mezcla de los productos compuestos por veneno tales como la bifentrina y el durflex, mientras que la otra mezcladora es utilizada para materia prima sin veneno. Cada mezcladora posee un límite de 128 kg de material y tarda un promedio de 30 min en homogeneizar la composición de la materia prima.

f. Extrusión y enrollado

La Planta cuenta con tres extrusoras de globo que trabajan a temperaturas que depende de la ficha técnica del material, dos de ellas son utilizadas para la elaboración de fundas de colores y con bifentrina, la tercera extrusora es únicamente para fundas sin bifentrina. La materia Prima ya mezclada es colocada en el sistema de alimentación de las extrusoras, luego de calentamiento previo de la máquina, un trabajador se encarga de forma manual de crear el globo con el material, cuando el globo cumpla con los requerimientos de flexibilidad, resistencia y espesor de la funda se define un

parámetro de velocidad y de temperatura en la maquina extrusora constantes y al final el producto en proceso es enrollado.

g. Acabado

El área de acabado se compone de las siguientes mesas de trabajo:

Corte: Existen dos mesas de corte dentro de este centro de trabajo. Los rollos obtenidos del proceso de extrusión son colocados en una cortadora, misma que hace el corte acorde a las dimensiones y cantidades digitadas por el operador, que generalmente son 100 fundas por cada corte.

Perforado: Esta operación tiene como finalidad realizar perforaciones circulares en las fundas de racimo a través de una plancha perforadora.

Sellado: esta operación es únicamente para las fundas al vacío, el sellado es realizado por una maquina selladora y perforadora a la vez.

Empaquetado: Existe personal encargado de empaquetar las fundas, en bultos de 100 por cada uno de los paquetes.

h. Acabado corbatines

En esta área se desarrolla el proceso de corte de corbatines, una vez obtenido el producto en proceso de la extrusora de globo.

i. Elaboración de protectores

La elaboración de los protectores rectangulares y semicirculares se da mediante el uso de una Laminadora de Foami compuesta por una tolva de alimentación, bomba de cera, rodillos, rebobinadora, bomba de gas y las conexiones hacia el tablero eléctrico

de control. La laminadora trabaja en una escala de temperatura de acuerdo al tipo de protector que se desee fabricar como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 12 *Escala de temperatura de fabricación para protectores.*

Tipo de Protectores	Escala de temperatura en (°C)
Semicirculares	76/61/79/80/80/92/132/132/134
Rectangulares	66/61/69/70/70/72/122/122/125

Elaborado por: Autores.

Para fabricar este tipo de protectores la materia prima mezclada es transportada hacia el sistema de alimentación de la laminadora, y después de aproximadamente 6-7 min se obtiene un rollo de foami. El funcionamiento de la laminadora de foami consiste en el uso de resistencias eléctricas que generar el suficiente calor necesario para fundir la materia prima, pero a su vez es imprescindible el control del proceso debido a las altas temperaturas que se manejan y combinado con la alimentación constante del flujo de gas licuado de petróleo ha causado pequeños conatos de incendio.

j. Acabado de protectores

Esta operación es realizada por una máquina de corte, con ayuda de los operadores. Se coloca el molde acorde al tipo de protector requerido este puede ser semicircular o rectangular, y se procede a cortar el rollo de foami proveniente de la laminadora.

Los protectores se empaican en fundas de 400 unidades si son protectores de cuello de moja o semicirculares, en el caso de protectores para caja o rectangulares se empaican en fundas de 2000 unidades.

k. Almacenamiento temporal

Debido a que la empresa trabaja bajo pedido, se ha dispuesto un almacenamiento temporal únicamente para protectores, ya que la velocidad de producción de la laminadora es de cada 3 min por rollo y el corte de los rollos se demora en promedio 25 min, ocasionando un alto nivel de material en espera de la laminadora al proceso de corte, provocando una disminución del espacio físico disponible.

l. Almacenamiento de producto terminado

Corresponde a un almacén en el cual una vez se hayan desarrollado todas las transformaciones necesarias para el tipo de producto que se esté fabricando, este producto es considerado un producto final y en ese momento es transportado hacia el almacén de producto terminado, donde cada artículo fabricado se guarda de acuerdo a su tipo y características propias donde permanecerá hasta ser enviado a los clientes.

4.1.2.1 Proceso de elaboración de plásticos línea extrusión de globo

La línea de extrusora de globo está encargada de producir seis tipos diferentes de productos, los cuales son:

1. Fundas con bifentrina
2. Fundas Natural al vacío
3. Fundas al natural
4. Fundas natural con color
5. Corbatines
6. Daypas

La principal diferencia entre cada uno de estos productos es la composición y las medidas de espesor que poseen, el centro de actividad de extrusión y enrollado para la

organización es un pilar fundamental, el cual produce el 76,45% de todos los productos anuales que ordenan los clientes. A continuación, se detallan las operaciones generales que se realizan para elaborar estos seis tipos de productos, que al poseer un alto grado de similitud en el proceso de transformación se ha unificado en una sola secuencia de operaciones.

- a. Recepción y almacenamiento de materia prima
- b. Recepción de orden de pedido
- c. Elaboración de orden de producción
- d. Requerimiento de materia prima
- e. Mezcla
- f. Extrusión y enrollado
- g. Acabado
- h. Acabado corbatines
- i. Almacenamiento de producto terminado

4.1.2.2 Proceso de elaboración de protectores

La línea de laminadora de Foami está encargada de elaborar protectores semicirculares y rectangulares, los cuales representan el 23,55% de toda la demanda anual del mercado con respecto a estos productos. A continuación, se detallan las operaciones que se realizan para elaborar los protectores en la planta referenciada en nuestro estudio:

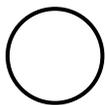
- a. Recepción y almacenamiento de materia prima
- b. Recepción de orden de pedido

- c. Elaboración de orden de producción ó requerimiento de materia prima
- d. Mezcla
- e. Elaboración de protectores
- f. Corte de protectores
- g. Almacenamiento Temporal
- h. Almacenamiento de producto terminado

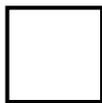
4.1.3 Diagrama de procesos

Los diagramas de procesos usan símbolos, tiempo y distancia para proporcionar una forma objetiva y estructurada sobre como analizar y registrar las actividades que conforman un proceso. El uso de diagramas de proceso consiste en el estudio minucioso de las operaciones productivas de fabricación, permitiendo definir cada etapa que conforma el proceso, sea que agregué o no valor al producto final.

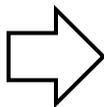
Para el desarrollo del diagrama de proceso se distingue su simbología típica la cual se muestra a continuación:



Operación: Ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando, planeando o agregando algo.



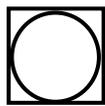
Inspección: La inspección se produce cuando los artículos son comprobados, verificados, revisados o examinados en relación con la calidad y cantidad, sin que sufra ningún cambio.



Transporte: Es el movimiento de un objeto o grupo de ellos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.



Demora: También conocido como retraso, ocurre cuando se interfiere con el flujo normal del proceso.



Actividad combinada: Cuando se desea indicar que existe en el mismo lugar de trabajo actividades de operación e inspección ejecutados por el mismo operador.



Almacenamiento temporal: Consiste en un lugar físico dispuesto para uso temporal. Depende de la naturaleza del proceso objeto de estudio.



Almacenamiento: El almacenamiento se produce cuando un producto o grupo de ellos permanece en un sitio sin existir movimiento u operaciones planeadas posteriormente

Para definir el diagrama de operaciones para los ocho diferentes tipos de productos que se fabrican en SERVIPAXA, se establecen dos flujos de procesos.

4.1.3.1 Diagrama de flujo de procesos para fundas de racimo, corbatines y daypas.

Tanto las fundas de racimo, corbatines y daypas poseen un flujo de operaciones similares, por lo que se ha representado el flujo de operaciones indistintamente de si el tipo de polietileno que se utiliza para su fabricación es de alta o de baja densidad.

A continuación se mencionan las operaciones que conforman dicho diagrama de proceso:

1. Ejecución de Orden de producción
2. Requerimiento de Materia Prima

3. Transporte de materia prima hacia el área de mezcla
4. Llenado y preparación de mezcladora
5. Mezclado
6. Transporte de mezclado hacia tolva de extrusora de globo.
7. Demora en llenado de tolva de extrusora
8. Extrusión y Enrollado
9. Inspección de espesor y peso de funda
10. Transporte de rollo hacia área de acabado
11. Espera de rollos en cola
12. Acabado
13. Espera de producto hasta su deposición final
14. Transporte hacia el almacén de producto terminado
15. Almacenamiento de producto terminado

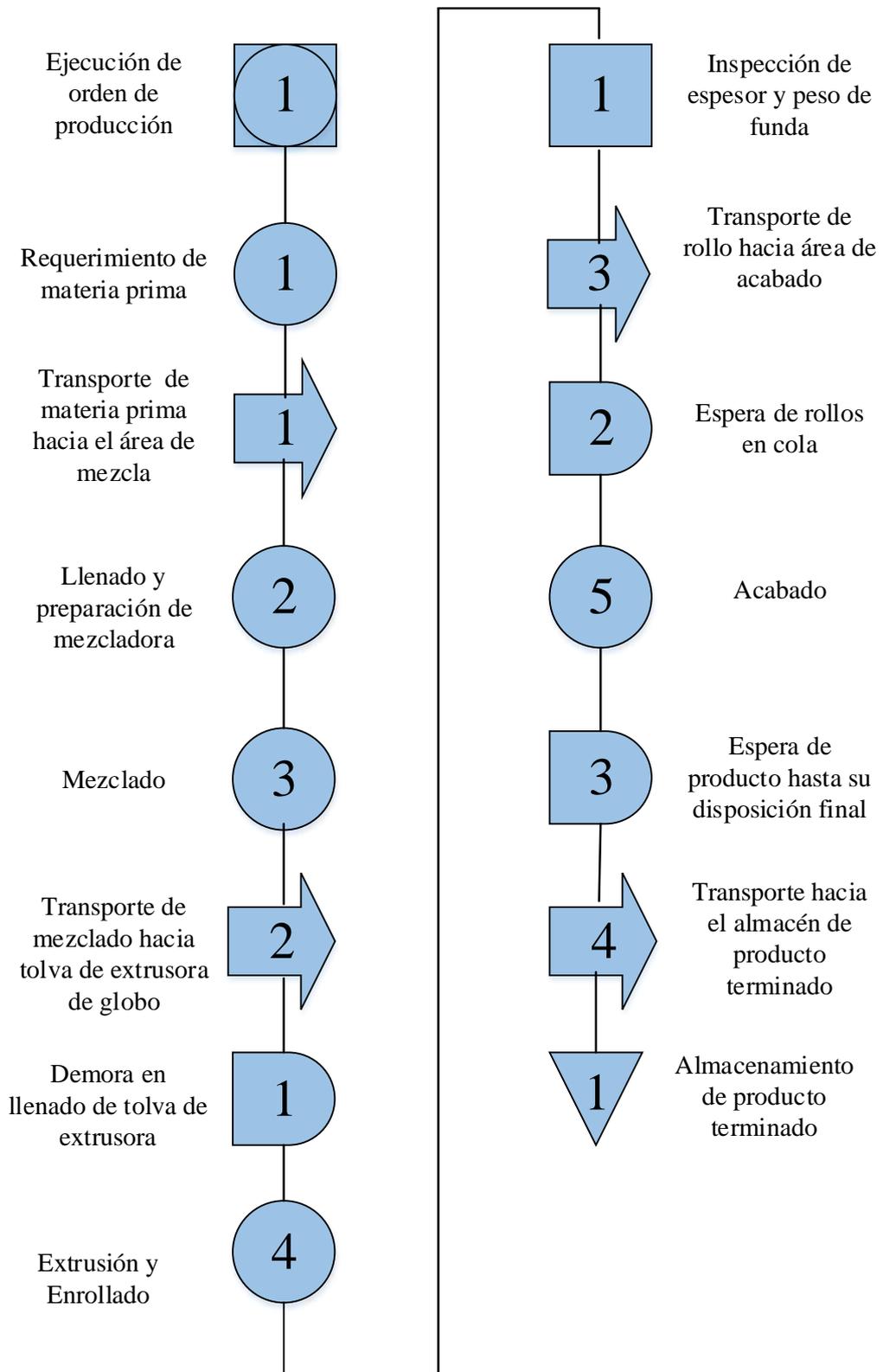


Figura 5 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de fundas de racimo, corbatines y daypas
Elaborado por: Autores.

4.1.3.2 Diagrama de flujo de procesos para protectores de banano

Los protectores de banano tanto semicirculares como rectangulares poseen un único flujo de procesos, por lo cual se ha establecido en relación a cada uno de las operaciones que se encuentran relacionadas unas con otras, como se representa a continuación:

1. Ejecución de Orden de producción
2. Requerimiento de Materia Prima
3. Transporte de materia prima hacia el área de mezcla
4. Llenado y preparación de mezcladora
5. Mezclado
6. Transporte de mezclado hacia tolva de extrusora de foami
7. Demora en llenado de tolva de extrusora
8. Extrusión y enrollado
9. Inspección peso de rollo
10. Transporte de rollo hacia área de acabado de protectores
11. Espera de rollos en cola
12. Acabado de protectores
13. Transporte de protectores hacia almacenamiento temporal
14. Almacenamiento temporal
15. Espera de paquetes de protectores
16. Transporte hacia almacén de producto terminado
17. Almacenamiento de producto terminado

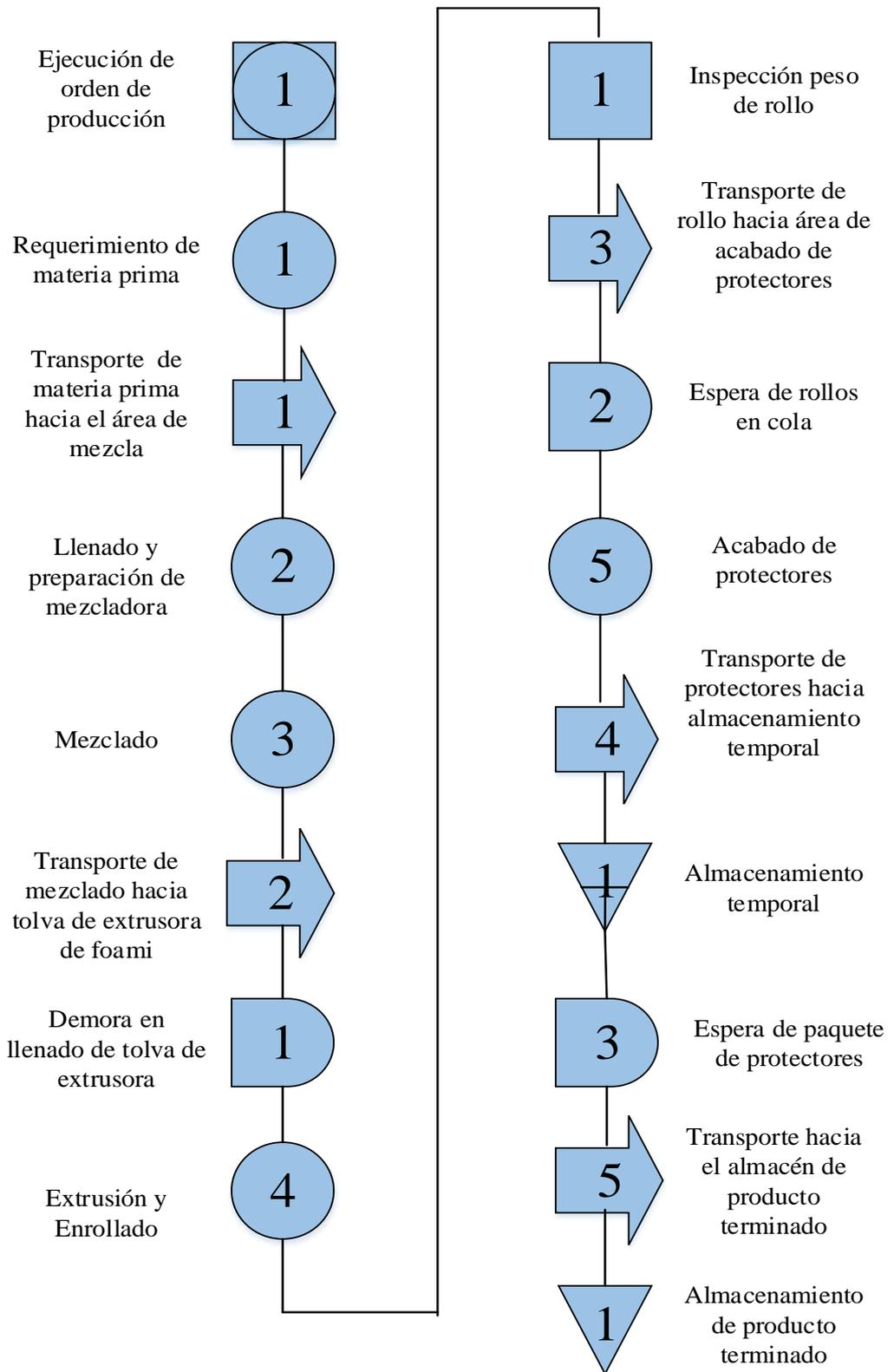


Figura 6 Diagrama de flujo del proceso de fabricación protectores de racimo de banano.

Elaborado por: Autores.

4.3 Diseño actual de la planta SERVIPAXA S.A en AutoCAD.

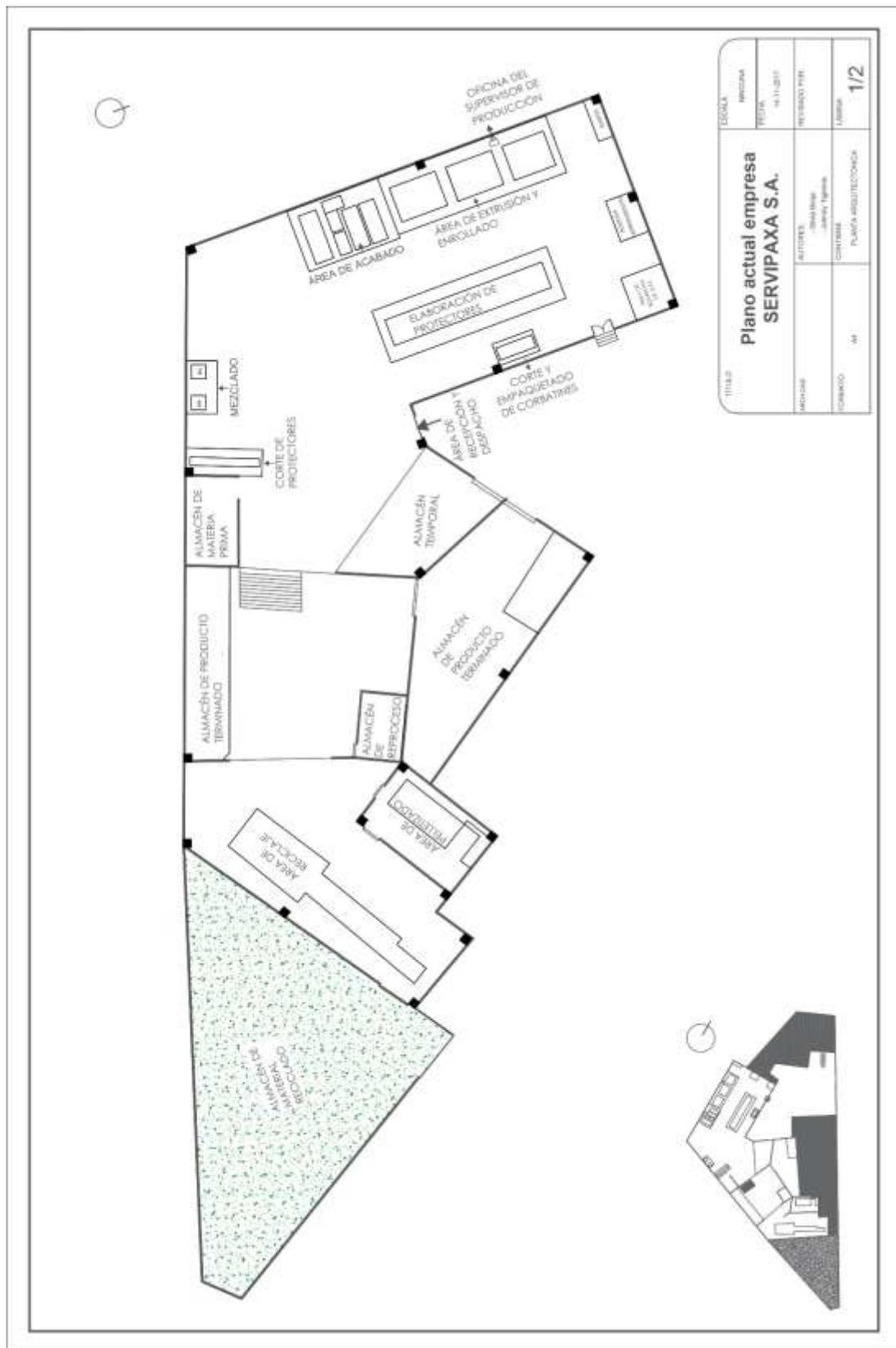


Figura 7 Diseño actual de la planta SERVIPAXA S.A.
Elaborado por: Autores.

4.4 Diagnóstico de desempeño del layout (IDL).

4.4.1 Identificar las intensidades de transporte totales entre los centros de actividad.

La intensidad de transporte total entre los centros de actividad está definido en función de t/año (Toneladas anuales). Los flujos de materiales entre cada centro de actividad no es constante, cada máquina o equipo que componen estos centros de actividad poseen limitaciones relacionadas a la capacidad de materia prima o materiales que puede manejar, a su vez en cada proceso de transformación existe pérdida de material o como lo denominaremos reprocesos.

4.4.1.1 Identificar los centros de actividad de la organización.

Por medio del levantamiento de información y observación directa que se realizó en las instalaciones de la planta se pudo definir un total de 15 centros de actividad, los cuales corresponden a un espacio físico donde coexisten actividades involucradas en los procesos productivos, los cuales se detallan a continuación:

Centros de actividad.

1. Almacén de materia Prima
2. Área de mezclado
3. Área de extrusión y enrollado
4. Área de acabado
5. Área de elaboración de protectores
6. Área de reciclaje
7. Área de Peletizado
8. Área de recepción y despacho

9. Área de acabado de corbatines
10. Área de Bombonas Gas
11. Oficina del Supervisor de Producción
12. Área de acabado de protectores
13. Almacén de reproceso
14. Almacén de producto terminado.
15. Área de recepción de material reciclado

Cada uno de estos centros de actividad poseen sus limitaciones de espacio, utilización de mano de obra, máquinas, equipos, mesas de trabajo y material de apoyo que en conjunto definen cada uno de los centros de actividad que forman parte del sistema productivo total, como se muestran en el anexo 2.

4.4.1.2 Matriz cuadrada orientada de las intensidades de transporte parciales.

Una vez determinadas las relaciones de flujo de material entre los 15 centros de actividad especificados en el estudio, se procede a desarrollar la matriz T, la cual reúne la información en toneladas anuales de la cantidad de material total en circulación en todo el proceso que se lleva a cabo para la elaboración de los ocho tipos de productos que fabrica SERVIPAXA S.A., la información que se utiliza para determinar el nivel de flujo operativo del proceso se basa en el consumo de materia prima por mes y por producto del año 2016 que se muestra en el anexo 3.

Para elaborar la matriz T se debe de evaluar los datos en base a cada uno de los productos y ligarlos a cada centro de actividad que genere un proceso de transformación o modificación de la materia prima, o producto en proceso como se muestra en el anexo 4.

A continuación se muestra la matriz parcial T.

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 420,45 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 335,14 & 0 & 85,31 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 261,87 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32,63 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 321,78 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 81,04 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 98,67 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 420,45 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 321,78 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 321,78 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 321,78 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 321,78 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 8 Matriz cuadrada orientada de las intensidades de transporte parciales.
Elaborado por: Autores

4.4.1.3 Matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales.

Se procesan los datos del flujo total de transporte entre cada par de centros de actividad en ambas direcciones, generando así la matriz triangular no orientada o matriz T.

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 420,45 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 420,45 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 335,14 & 0 & 85,31 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 261,87 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32,63 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 321,78 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 81,04 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 643,56 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 321,78 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 98,67 & 321,78 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 9 Matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales

4.4.2 Identificar las relaciones cualitativas de adyacencia ideales.

Una vez desarrollado el levantamiento de información de los centros de actividad que componen el proceso productivo de la empresa, el estudio se complementa con el análisis de las relaciones de adyacencia cualitativas entre cada uno de los centros de actividad por medio de la selección de expertos que de acuerdo con los criterios de naturaleza de los centros de actividad i y j valoran la relación de adyacencia ideal.

4.4.2.1 Seleccionar expertos en los procesos y operaciones de la organización objeto de estudio.

Para poder elegir a los expertos que formaron parte esencial en la investigación de carácter cualitativo, se necesitó la intervención del jefe de producción, el cual nos guió para seleccionar a determinados trabajadores considerando el tiempo que llevan trabajando en la empresa, su dominio en los procesos y operaciones que se llevan a cabo y las responsabilidades que poseen en su jornada laboral.

La mayor parte de los trabajadores poseen cierta experticia sobre los procesos productivos en general, debido a que la empresa fomenta la diversificación del puesto de trabajo, incrementando el número y variedad de tareas que un individuo desarrolla normalmente durante su jornada laboral, aunque existe un pequeño grupo de trabajadores que son los encargados directos de controlar y evaluar la ejecución del trabajo, y fueron ellos a quienes acudimos para tomar el cuestionario, ver anexo 5 formato del cuestionario

4.4.2.2 Desarrollar la matriz triangular de las relaciones cualitativas de adyacencia ideales (Matriz R)

Una vez que se realizó la encuesta a los expertos de la planta, se procedió a tabular la información en base a una escala ordinal, dicha escala permitirá identificar los problemas de layout presentes desde la perspectiva de los trabajadores más expertos.

A continuación se muestra el resumen de los datos obtenidos del cuestionario.

Tabla 13 Resumen del proceso de obtención de las relaciones cualitativas de adyacencia mediante el juicio de expertos.

Centros de Actividad	Relaciones ideales de adyacencia	Moda	R _{ij}	Justificación							
					I	J	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
1	2	E	E	E	I	E	I	E	E	10	Reducción de tiempo y esfuerzo en traslado de materia prima.
1	7	I	I	I	I	N	O	O	I	5	Reducir traslado de materia prima.
1	8	E	E	I	E	E	I	I	E	10	Facilitar el manejo de recepción de materia prima. Facilitar la recepción de materiales y su control.
1	9	N	D	D	D	D	N	I	D	0	Reducir el traslado de materia prima.
2	3	E	I	I	E	E	E	O	E	10	Facilita el traslado de la materia prima.
2	6	N	D	D	N	E	D	E	D	0	No es necesaria una relación adyacente entre ambos centros de actividad.
3	4	O	I	I	E	E	O	I	I	5	Actividades con flujo directo.

3	11	E	I	D	E	O	D	E	E	10	Facilitar el control y supervisión del proceso productivo.
3	13	N	O	D	D	D	E	D	D	0	Bajo nivel de desperdicios.
4	8	D	I	I	D	O	N	I	I	5	Facilitar el despacho.
4	11	I	I	D	D	D	I	N	I	5	Facilitar la supervisión.
4	14	I	E	I	I	E	D	D	I	5	Agilizar estiba a bodega.
5	10	N	N	N	N	N	N	N	N	-10	Alto riesgo de inflamación.
5	11	D	I	D	E	O	I	N	I	5	Controlar el funcionamiento de la máquina.
5	13	I	O	I	D	I	N	O	I	5	Facilitar el traslado de desechos.
5	12	I	I	E	I	E	E	I	I	5	Actividades con flujo directo.
6	7	E	I	I	E	E	I	I	I	5	Facilitar el manejo de los materiales a reciclar.
6	13	I	D	D	D	E	O	I	D	0	Facilitar control de trabajo en proceso.
6	15	I	E	I	E	E	I	D	E	10	Actividades con flujo directo.
7	13	D	I	D	I	E	D	D	D	0	Facilitar el proceso de Peletizado.
8	11	D	I	D	I	E	D	D	D	0	Facilitar el control de la bodega de recepción y despacho.
8	14	E	N	I	I	E	E	I	E	10	Reducir el traslado de producto terminado al área de despacho.
9	14	E	D	I	I	E	E	N	E	10	Agilizar estiba a bodega de producto terminado.
11	14	N	I	D	D	D	I	O	D	0	Controlar el flujo del almacén de producto terminado.
12	13	O	D	D	D	E	N	N	D	0	No es necesaria una relación adyacente entre ambos centros de actividad.

Elaborado por: Autores

Una vez obtenida la valoración de los expertos para cada relación de adyacencia cualitativa entre los centros de actividad, se procede a desarrollar la matriz R que contempla la parametrización de los datos de la toma de encuesta formulados en relación a cada uno de los centros de actividad evaluados.

A continuación se muestra la matriz R.

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -10 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ R = & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 10 Matriz R
Elaborado por: Autores

4.4.3 Identificar las relaciones de adyacencia de la distribución espacial actual (Matriz X).

La matriz X se obtiene mediante la valoración de la relación de adyacencia entre cada uno de los centros de actividad involucrados en el sistema productivo, lo cual da como resultado la matriz que se muestra a continuación.

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 11 *Matriz de adyacencia de la distribución espacial actual (Matriz X)*
Elaborado por: Autores

4.4.4 Determinar la importancia relativa de los criterios cuantitativos sobre los cualitativos.

De acuerdo a la naturaleza del sistema productivo objeto de estudio se establece un valor de α (alpha)=0,75, otorgando así un mayor peso relativo a las intensidades de transporte totales entre los centros de actividad que a los criterios cualitativos que se obtuvieron de la toma de encuesta a los expertos. Con la asignación del valor de alpha se analizarán los resultados obtenidos con un enfoque directo en la adyacencia de los centros de actividad y su intensidad de transporte.

4.4.5 Índice de Desempeño del Layout (IDL).

El Índice de Desempeño del Layout (IDL) se calcula mediante la siguiente relación matemática:

$$IDL = \frac{\alpha \cdot Ifo + (1-\alpha) \cdot Ifs}{100}$$

4.4.5.1 Cálculo del Índice de flujo operativo (Ifo)

Inicialmente se calcula el Índice de flujo operativo (*Ifo*) entre los centros de actividad, lo cual consiste en la multiplicación de la matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales denominada Matriz T y la matriz triangular de las relaciones cuantitativas de adyacencia ideales denominada Matriz X. El cálculo del Índice de flujo operativo se formula de la siguiente manera:

$$Ifo = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1+i}^n (T_{ij} \cdot X_{ij})}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1+i}^n T_{ij}} \cdot 100$$

Una vez obtenido los valores procedentes de la multiplicación de la Matriz T y la Matriz X, se calcula el nivel porcentual del flujo operativo real que existe en el proceso, considerando el flujo total de material entre cada centro de actividad, como se muestra a continuación:

$$Ifo = \frac{1505,58593}{3739,11629} \cdot 100$$

$$Ifo = 40,27\%$$

4.4.5.2 Cálculo del Índice de las relaciones subjetivas (Ifs)

Posteriormente se procede al cálculo del Índice de las relaciones subjetivas (Ifs), el cual considera el juicio de los expertos sobre las relaciones de adyacencia actuales dispuestas para cada uno de los centros de actividad. El cálculo del Ifs se formula de la siguiente manera:

$$Ifs = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=l+i}^n (R_{ij} \cdot X_{ij})}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=l+i}^n R_{ij}} \cdot 100$$

A continuación se muestra la multiplicación de la matriz triangular de las relaciones cualitativas de adyacencia ideales denominada matriz R y la matriz triangular de las relaciones cuantitativas de adyacencia ideal denominada matriz X.

Obtenidos los datos de la multiplicación de la matriz R y la matriz X, se obtiene el Índice de Flujo Subjetivo (Ifs) del conjunto total de los centros de actividad, considerando las relaciones y características cualitativas otorgadas por los expertos de la planta.

$$Ifs = \frac{60}{105} \cdot 100$$

$$Ifs = 57,14\%$$

4.4.5.3 Cálculo del Índice del Desempeño del Layout (IDL)

Definidos los parámetros que componen la ecuación para el cálculo del IDL, se resuelve la expresión matemática en base a los datos numéricos obtenidos de los cálculos previamente desarrollados en cada una de sus etapas, y así establecer la situación actual de la planta objeto de estudio como se muestra a continuación:

$$IDL = \frac{\alpha \cdot Ifo + (1-\alpha) \cdot Ifs}{100}$$

$$IDL = \frac{(0,75) \cdot (0,4027) + (1 - 0,75) \cdot (0,5714)}{100}$$

$$IDL = 0,4449 = 44,49\%$$

4.6 Análisis de la situación inicial

Una vez desarrollados los cálculos, considerando una importancia relativa del flujo de trabajo sobre los factores cualitativos del 75% ($\alpha=0.75$), se obtuvo un índice de flujo operativo (Ifo) de 40,27%. Lo cual implica que el flujo de trabajo de la distribución de layout actual es deficiente, porque no cumple con el principio de circulación ni de la mínima distancia recorrida posible. El Ifo nos muestra una distribución espacial de planta que se acerca al escenario anti-ideal, el 59,73% de todo el flujo de trabajo no está siendo manejado de forma óptima entre los centros de actividad, por lo cual se deberán proponer mejoras de adyacencia y de circulación del flujo de materiales entre los centros de actividad.

El índice de flujo subjetivo (Ifs) obtuvo un valor del 57,14%, lo cual nos demuestra que las relaciones subjetivas de adyacencia ideales desde la perspectiva de los expertos no es la óptima, comparando el Ifo que se obtuvo previamente se interpreta que las relaciones cualitativas por parte de los expertos han sido sobreestimadas respecto al flujo del objeto de trabajo y la naturaleza operativa palpable por parte de la observación directa. El layout actual de la planta está alejada de la variante de ordenamiento ideal para la naturaleza del sistema objeto de estudio.

Calculados los valores del Ifo y Ifs se obtiene un Índice de desempeño del layout (IDL= 44,49%), el sistema productivo objeto de estudio posee una situación totalmente

desfavorable en relación al posicionamiento de la distribución espacial actual, lo que considera que el sistema actual posee unas reservas de mejora del layout del 55.51% ($1 - IDL \times 100 = 55.51\%$).

Actualmente la empresa está trabajando bajo un escenario anti-ideal, por tal motivo es necesario una redistribución espacial que permita corregir los problemas del escenario actual de sistema productivo, y mejorando la dinamización del flujo de materiales entre los centros de actividad, optimizando tiempos de fabricación, reduciendo costos y recorrido de materiales, y que estos cambios fomenten una mejor administración de los procesos por parte del personal operativo traduciéndose en mayor productividad y reducción en la generación de desechos, considerando las restricciones de espacio, capital y sucesión de operaciones.

4.4 Cursogramas de tiempos y movimientos

Se realizó un Cursograma de tiempos y movimientos por cada actividad para los procesos de elaboración de fundas de polietileno y protectores, los cuales se muestran en las figuras 12 el de fundas de polietileno y en la figura 13 el de elaboración de protectores.

DIAGRAMA N°1					HOJA N° 1/1							
RESUMEN					TIPO DE DIAGRAMA							
					<input type="checkbox"/> OPERADOR <input type="checkbox"/> PRODUCTO <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPO							
ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	SITUACION								
OPERACIÓN 	5			OPERACIÓN: ELABORACIÓN DE FUNDAS DE POLIETILENO								
INSPECCIÓN 	1											
TRANSPORTE 	5											
DEMORA 	2											
OP. COMBINADA 	1											
ALMACENAMIENTO TEMPORAL 	1											
ALMACENAMIENTO 	1											
DISTANCIA (METROS)	108			ELABORADO POR: AUTORES								
TIEMPO (MINUTOS)	312,8											
#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCI A (m)	TIEMPO (min)								OBSERVACIONES
1	Ejecución de Orden de producción			5								
2	Requerimiento de Materia Prima			25								Desorden en el apilamiento de
3	Transporte de materia prima hacia el área de mezcla		18	0,8								
4	Mezclado			30								
5	Transporte de mezclado hacia tolva de extrusora	128 kg	43	1,3								
6	Extrusion	110kg		150								1 rollo de 110 Kg
7	Inspección peso de rollo			0,5								
8	Transporte de rollo hacia área de acabado de fundas		2	0,2								
9	Espera de rollos en cola			7,5								
10	Acabado de fundas			91								
11	Transporte hacia almacén de producto terminado		45	1,5								
12	Almacenamiento de producto terminado			-								

Figura 12 Cursograma analítico del proceso de elaboración de fundas de polietileno

Elaborado por: Autores

DIAGRAMA N°2					HOJA N° 2/1							
RESUMEN					TIPO DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> OPERADOR <input type="checkbox"/> PRODUCTO <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPO							
ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA									
OPERACIÓN ○	5			ANÁLISIS								
INSPECCIÓN □	1								DISTRIBUCION ACTUAL			
TRANSPORTE ⇨	5			OPERACIÓN								
DEMORA ∩	2											
OP. COMBINADA ⊙	1											
ALMACENAMIENTO TEMPORAL ▽	1											
ALMACENAMIENTO ∇	1			ELABORACIÓN DE PROTECTORES								
DISTANCIA (METROS)	99											
TIEMPO (MINUTOS)	522,6			ELABORADO POR: AUTORES								
#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	○	□	⇨	∩	⊙	▽	∇	OBSERVACIONES
1	Ejecución de Orden de producción			5								
2	Requerimiento de Materia Prima	128kg		20	●							2 operadores
3	Transporte de materia prima hacia el área de mezcla		18	0,8			●					1 operador
4	Mezclado			30	●							
5	Transporte de mezclado hacia tolva de la laminadora		43	1,3			●					1 operador
6	Laminado	14,5kg		8,4	●							
7	Inspección peso de rollo		2	0,8			●					1 operador
8	Transporte de rollo hacia área de acabado de protectores		15	0,4			●					1 operador
9	Espera de rollos en cola			10						●		
10	Acabado de protectores	29kg		23,5	●							4-6 operadores
11	Transporte de protectores hacia almacenamiento temporal		6	2			●					1-3 operadores
12	Almacenamiento temporal			420						●		7 horas
13	Transporte hacia almacén de producto terminado		15	0,4			●					
14	Almacenamiento de producto terminado			-						●		

Figura 13 Cursograma analítico del proceso de elaboración de protectores de foami

Elaborado por: Autores

4.5 Diagrama Causa-Efecto

Con el objetivo de identificar las posibles causas que generan la deficiente distribución de planta actual, se realizó un diagrama Ishikawa o causa-efecto, mediante el cual podremos esclarecer cuales son los verdaderos factores que afectan negativamente al trabajo y a las partes interesadas.

La naturaleza gráfica de esta herramienta permite agrupar ciertos atributos a un problema en específico y determinar las posibles causas que influyen en la magnitud de la problemática general.

Para definir las causas se utilizó la información recolectada de la toma de encuestas a los trabajadores, observación directa de los procesos y operaciones, el análisis de la situación inicial permitió definir de forma acertada los problemas existentes, evaluando criterios cualitativos y cuantitativos.

De esta forma se determinaron las 6 causas principales de la deficiencia del layout actual, tal como se muestra en la figura 14.

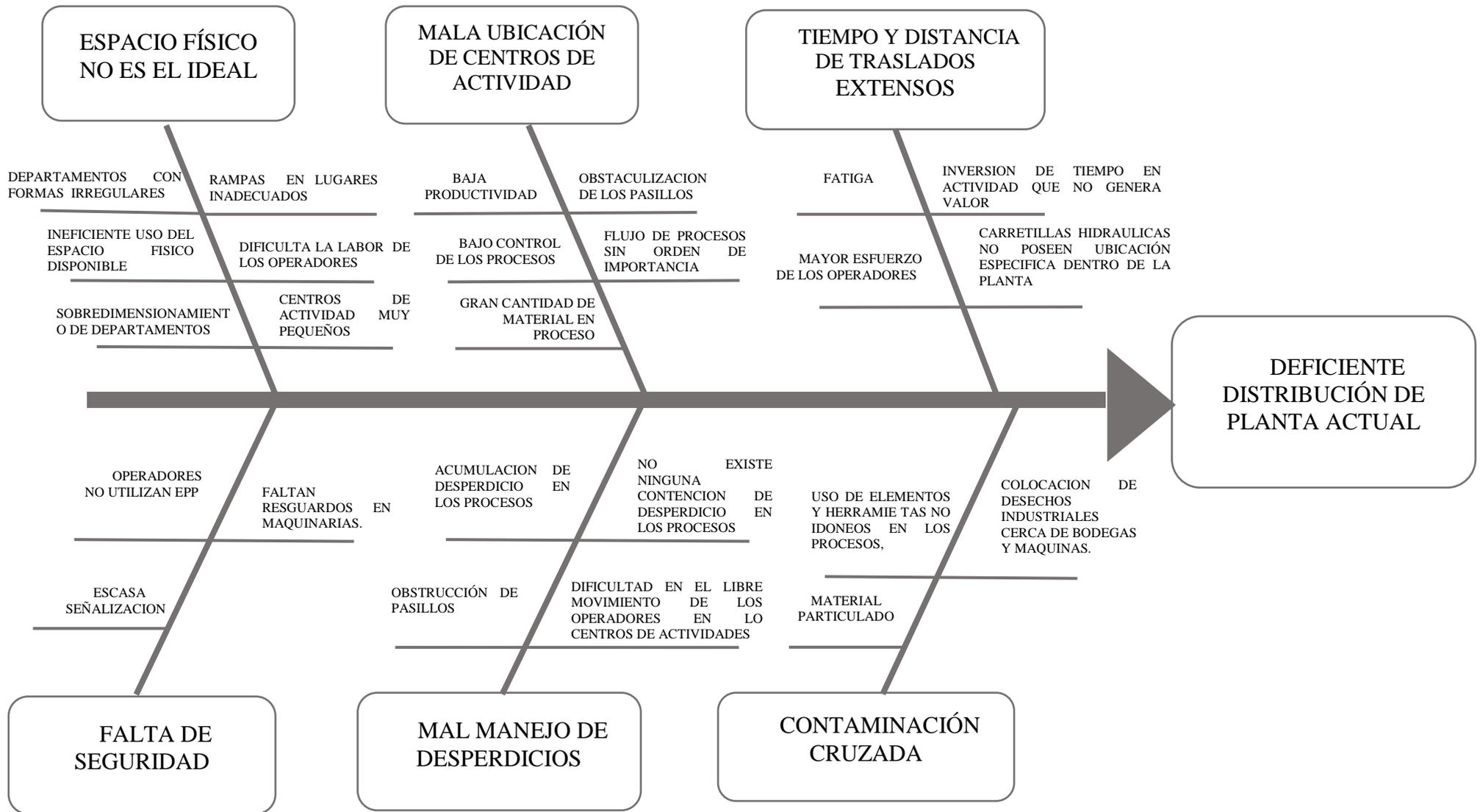


Figura 14 Diagrama Causa – Efecto
Elaborado por: Autores

4.6 Propuestas de mejoras.

Las alternativas de mejora de layout propuestas en este apartado están alineados a los problemas encontrados mediante el análisis de la situación inicial y a las limitaciones del sistema en función del estudio de los factores que intervienen en el sistema productivo.

Definir una alternativa óptima que resuelva eficientemente los problemas de sobredimensionamiento de áreas, limitaciones de espacio y el conflicto arraigado en la ubicación de los centros de actividad sin considerarse los flujos involucrados en la producción, son la base para establecer un correcto manejo de las cargas productivas, tiempos, movimientos, flujos operativos y limitaciones propias de las instalaciones de la planta, y es a partir de ello que se diseña una solución óptima que disminuya los inconvenientes críticos analizados y sus causas.

Cada propuesta de mejora de layout esta analizada y valorada en función de los criterios establecidos en el método IDL, y a partir de ello se desarrolla la mejor solución real tanto a nivel global como a nivel detallado, considerando cada uno de los elementos de trabajo que influyen de forma directa e indirecta en el producto final, a su vez se focalizarán los esfuerzos en mantener un flujo en el proceso que sea lo más uniforme y continuo posible, optimizando los recursos, eliminando ciertas etapas que no generen un valor agregado. A continuación se establecen las alternativas de layout.

4.6.1 Alternativa 1

La alternativa que se propone dentro de este apartado considera como premisa fundamental para corregir los problemas que se han identificado, una distribución de planta en función de los flujos de materiales de los centros de actividad que mantienen una mayor utilización de sus capacidades tanto de transformación como de almacenaje, considerando vital la rotación de la materia prima hasta su despacho. El rediseño de layout está orientado a darle un uso organizado a las entradas y salidas de los procesos donde el factor priori es el volumen de producción, realizando la separación respectiva de procesos principales y subprocesos se define un flujo de operaciones en U, cada uno de los centros de actividad que conforman el conjunto productivo posee ciertos factores que no deben ser ajenos a su estudio, es el caso de la información cualitativa que se obtuvo de la toma de encuestas, uno de los mayores problemas de la empresa recae en la seguridad que le brindan a los trabajadores dentro de cada uno de sus puestos de trabajo, y es por ello que esta alternativa tiene como objetivo contrastar tanto los problemas operativos como los relacionados al trabajador, siendo este un indicador para describir detalladamente un centro de actividad (Figura 15).

La alternativa de mejora de layout propuesta mediante el uso del método SLP y analizada mediante el método IDL nos otorga un desempeño del layout de un 76,39%, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 14 *Resumen de resultados de la alternativa propuesta 1*

α	$\Sigma \Sigma T \times X$	$\Sigma \Sigma T$	Ifo	$\Sigma \Sigma R \times X$	$\Sigma \Sigma R$	Ifs	IDL
0,75	2799,55	3739,12	74,87%	85	105	80,95%	76,39%

Elaborado por: Autores

4.6.2 Alternativa 2

El enfoque de esta alternativa de mejora está planificado en base a 5 factores de rediseño del layout, considerando el espacio físico del cual dispone la planta y maximizando el uso por m² de cada centro de actividad, los factores que intervienen en este estudio son las herramientas manuales y eléctricas que son manejadas por los operadores (principalmente se da dentro del área de acabado para ambas líneas de producción), equipos destinados al tratamiento de la materia prima o materiales reciclados, el flujo constante que existe mensualmente entre cada operación, riesgos de ruidos u olores que puedan afectar la calidad del producto final y sin duda la relación hombre-máquina.

Con este rediseño de planta se busca mantener una organización del trabajo ligado a reducción de transportes totales y el uso real de los lugares destinados para almacenamiento. Poder acoplar los requerimientos operativos y subjetivos del estudio, sin eliminar innecesarios, fue una idea conflictiva para las aspiraciones de mejora, por tal motivo el índice operativo en este apartado está por encima de la información cualitativa que se ha recopilado (Figura 16).

La alternativa de mejora de layout propuesta mediante el uso del método SLP y analizada mediante el método IDL nos otorga un desempeño del layout de 89,30%, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 15 Resumen de resultados de la alternativa propuesta 2

α	$\Sigma\Sigma T \times X$	$\Sigma\Sigma T$	Ifo	$\Sigma\Sigma R \times X$	$\Sigma\Sigma R$	Ifs	IDL
0,75	3443,11	3739,12	92,08%	85	105	80,95%	89,30%

Elaborado por: Autores

4.6.3 Alternativa 3

La disposición física dispuesta en la alternativa 3 se basa principalmente en el principio de mínima distancia recorrida entre los centros de actividad que mantienen una dependencia directa con el flujo de materiales hasta su transformación final, por tal motivo dentro de esta propuesta de layout se consideran los materiales, la mano de obra, el reproceso, la movilidad dentro de cada centro de trabajo y sobre todo que el conjunto total del sistema productivo sea flexible a futuras modificaciones sin que ello afecte la distribución previamente establecida. Introduciendo nuevos conceptos de diseño, espacio y dimensiones de todos los elementos que forman el conjunto de la planta industrial, se hace hincapié en que la mayor parte de las actividades de transformación de la materia prima posee como mínimo dos direcciones de transporte ligados al almacenamiento temporal, almacenamiento final, material desechado o reprocesos y a los procesos siguientes de transformación, provocando que las partes involucradas en la manipulación de las operaciones creen un ambiente laboral muy desorganizado generando cuellos de botella como se ha mencionado anteriormente y una pérdida del espacio físico disponible, de tal manera un complemento para la disposición final de los centros de actividad recae en responder a los problemas observados e indicados por parte del personal que labora en planta y que sin duda la planificación de la alternativa 3 pretende poner en práctica un modelo que organice de acuerdo al flujo de datos cuantitativos y cualitativos la distribución final, que beneficie no solo a los productos, personas o materiales involucrados, sino que vele por una respuesta eficiente y óptima de cada una de sus partes (Figura 17).

La alternativa de mejora de layout propuesta mediante el uso del método SLP y analizada mediante el método IDL nos otorga un desempeño del layout de un 89,97%, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16 Resumen de resultados de la alternativa propuesta 3

α	$\Sigma \Sigma T \times X$	$\Sigma \Sigma T$	Ifo	$\Sigma \Sigma R \times X$	$\Sigma \Sigma R$	Ifs	IDL
0,75	3357,8	3739,12	89,80%	95	105	90,48%	89,97%

Elaborado por: Autores

4.6.4 Distribución gráfica cuadrada de las alternativas



Figura 15 Distribución gráfica cuadrada de la primera alternativa de mejora del layout.

Elaborado por: Autores



Figura 16 Distribución gráfica cuadrada de la segunda alternativa de mejora del layout.

Elaborado por: Autores



Figura 17 Distribución gráfica cuadrada de la tercera alternativa de mejora del layout.

Elaborado por: Autores

4.7 Validación de la propuesta de mejora.

Luego de analizar cada uno de los criterios base que conforman los lineamientos de la situación actual de cada uno de los centros de actividad y procesos que se llevan a cabo dentro de las instalaciones, se procedió a desarrollar tres alternativas para encontrar una distribución de planta óptima, que pueda ser aplicada a la naturaleza del proceso productivo.

El uso de los métodos IDL y SLP, permitieron demostrar un nuevo panorama que satisface eficientemente los problemas encontrados detallados en el análisis Causa-Efecto, incluyendo un factor de calidad y seguridad en las decisiones a tomar que relaciona la parte cuantitativa y cualitativa que intervienen en la administración de las operaciones.

Como se muestra en la tabla 17 de resultados de mejora de Layout, la mejor alternativa posible para el caso de objeto de estudio es la Alternativa 3, la cual obtuvo un IDL=89,97%, que se traduce en el uso eficiente del espacio físico disponible y mayor cercanía entre los centros de actividad de acuerdo al flujo de procesos.

Tabla 17 Resultados de las alternativas de mejora de layout.

PROPUESTAS DE MEJORA	A	$\Sigma \Sigma T \times X$	$\Sigma \Sigma T$	Ifo	$\Sigma \Sigma R \times X$	$\Sigma \Sigma R$	Ifs	IDL
Alternativa 1		2799,6	3739,12	74,87%	85	105	80,95%	76,39%
Alternativa 2	0,75	3443,1	3739,12	92,08%	85	105	80,95%	89,30%
Alternativa 3		3357,8	3739,12	89,80%	95	105	90,48%	89,97%

Elaborado por: Autores

Dentro del análisis de la Alternativa 3 se encontró que el índice de flujo operativo propuesto es de 89,80%, es menor a comparación de la Alternativa 2 que es de 92,08% lo cual indicaría un manejo más eficiente del flujo de materiales, pero en base a la

realidad de la empresa es necesario una distribución de planta que no influya negativamente en el crecimiento a futuro, o en la inserción de nuevos equipos y maquinarias. Para lo cual la Alternativa 3 es la que se acerca más al cumplimiento de las necesidades antes mencionadas ya que no requiere de ampliaciones y las dimensiones de los centros de actividad están acorde a las normativas y requerimientos de la empresa, mismos que brindan flexibilidad a cambios dentro de la distribución.

En base a los criterios expuestos por los trabajadores en el análisis cualitativos que se realizó (encuesta), se pudo apreciar que la ejecución de las labores en su jornada no poseen un buen control ni una secuencia lógica dentro del proceso de elaboración de los productos, ya que todos los trabajadores intervienen en cada operación del proceso productivo lo cual genera un ambiente de incertidumbre y desorganización. Al tener un $I_{fs} = 90,48\%$ permite resolver los problemas y necesidades que actualmente vive el personal como por ejemplo, las exigencias operativas que recaen exclusivamente en ciertos trabajadores, lo cual aumenta su nivel de responsabilidad y disminuye el nivel de desempeño en sus funciones.

Uno de los enfoques directos de los cuales forma parte la nueva distribución corresponde a la eliminación de innecesarios como el almacenamiento temporal, menor diversificación de puestos de trabajos y mayor enriquecimiento del trabajador en sus labores, otorgando una mejor disponibilidad de espacio y una estructura organizada dentro de la empresa, fomentado así la calidad y seguridad que carece actualmente.

Se descarta la Alternativa 1, principalmente porque requiere una ampliación del espacio actual, aunque en primera instancia esta alternativa de rediseño se consolidaba

como una solución viable y rápida para los problemas, principalmente por el gran espacio real del cual dispone la planta, pero debido a la inversión y a los trabajos que se deben realizar para ampliar las instalaciones los gerentes de planta no encontraron esta propuesta viable.

4.8 Análisis de las oportunidades de mejora

4.8.1 Determinación de los requerimientos de espacio

Cada centro de actividad posee ciertos elementos y necesidades de espacio que deben ser evaluados y ajustados a la realidad operativa, con la finalidad de ser más eficientes, seguros y procuren lograr una mejor utilización del espacio físico disponible.

Al momento de evaluar cada centro de actividad se consideró los siguientes aspectos:

- Dimensiones de máquinas, equipos y mesas de trabajo
- Espacio requerido por el operador.
- Pasillos de seguridad
- Ubicación de los EPP (Si aplica)
- Espacio dispuesto para el mantenimiento de las máquinas,
- Nivel de Producción
- Almacenamiento de materia prima y producto terminado.
- Uso de equipos de apoyo (Ustillaje)

De acuerdo a James Tompkins⁵ en su libro Planeación de Instalaciones, independientemente de la configuración en la ejecución de las actividades productivas, las áreas en la distribución en planta deben tener una forma regular, por el principio de mayor aprovechamiento del espacio y flujo eficiente de las operaciones manuales y automatizadas, es decir las áreas con un valor de F entre 1 y 1,40 poseen una mejor forma y diseño, cuando F tiende a 1 su forma es semejante a la forma de un cuadrado, mientras si F es superior a 1,40 el departamento se aleja del escenario ideal, siendo un área muy irregular y carente de homogeneidad.

Para el cálculo del Factor F se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$F = \frac{P}{4\sqrt{A}}$$

Donde:

F= Factor de forma del área

P= Perímetro

A= Área

En la tabla 18 se presentan los cálculos del Factor F para la validación de la forma de los centros de trabajo o departamentos en la propuesta de mejora del layout.

⁵ James Tompkins (2011). Planeación de Instalaciones 4 edición.

Tabla 18 Validación de la forma y dimensiones de los centros de actividad de la nueva distribución propuesta.

VALIDACIÓN DE CENTROS DE ACTIVIDAD (NUEVA DISTRIBUCIÓN)				
CENTROS DE ACTIVIDAD		AREA REQUERIDAS		F
		AREA (m2)	PERIMETRO (m)	
1	Almacén De Materia Prima	81,6	37,6	1,0406
2	Área De Mezclado	28	22	1,039
3	Área De Extrusión Y Enrollado	192	64	1,155
4	Área De Acabado	90,1	38,2	1,006
5	Área De Elaboración De Protectores	176,4	64,4	1,212
6	Área De Reciclaje	452,77	104,84	1,232
7	Área De Peletizado	166,26	53,56	1,03845
8	Área De Recepción Y Despacho	70,2	34,6	1,0324
9	Área De Corte Y Empaquetado De Corbatines	27,38	22,2	1,061
10	Área De Bombona De Gas	-	-	-
11	Oficina Del Supervisor De Producción	1	4	1
12	Área De Corte De Protectores	40,25	30	1,182
13	Almacén De Reproceso	135	48	1,0328
14	Almacén De Producto Terminado	288	82	1,20797
15	Almacén De Recepción De Material Reciclado	-	-	-

Elaborado por: Autores

Las mejoras que se logran unificando las operaciones centrales y secundarias en la fabricación de los protectores permitieron maximizar la utilización por metro cuadrado del espacio total, eliminando dentro del esquema actual el espacio dispuesto para almacenamiento temporal.

Una de las consideraciones de este proceso es el parámetro del calor que la máquina emana, y en función a esta característica se demuestra mediante la ley de Stefan-boltzman que la radiación térmica (ionizante) emitida no es dañina ni peligrosa para el personal, a continuación se muestran los cálculos:

Radiación térmica de laminado

Donde:

P = Potencia de radiación neta

e = emisividad

σ = Constante de Stefan-boltzman

A = Área

t = Temperatura (90°C = 363,15k)

te = Temperatura Inicial (22°C =303,15k)

$$P = e\sigma A(t^4 - te^4)$$

$$P = (0,8) \left(5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 k^4} \right) (0,75 m^2) (363,15 k^4 - 303,15 k^4)$$

$$P = 304,35 w$$

$$P = 0,30435 kw = 261,69 kcal$$

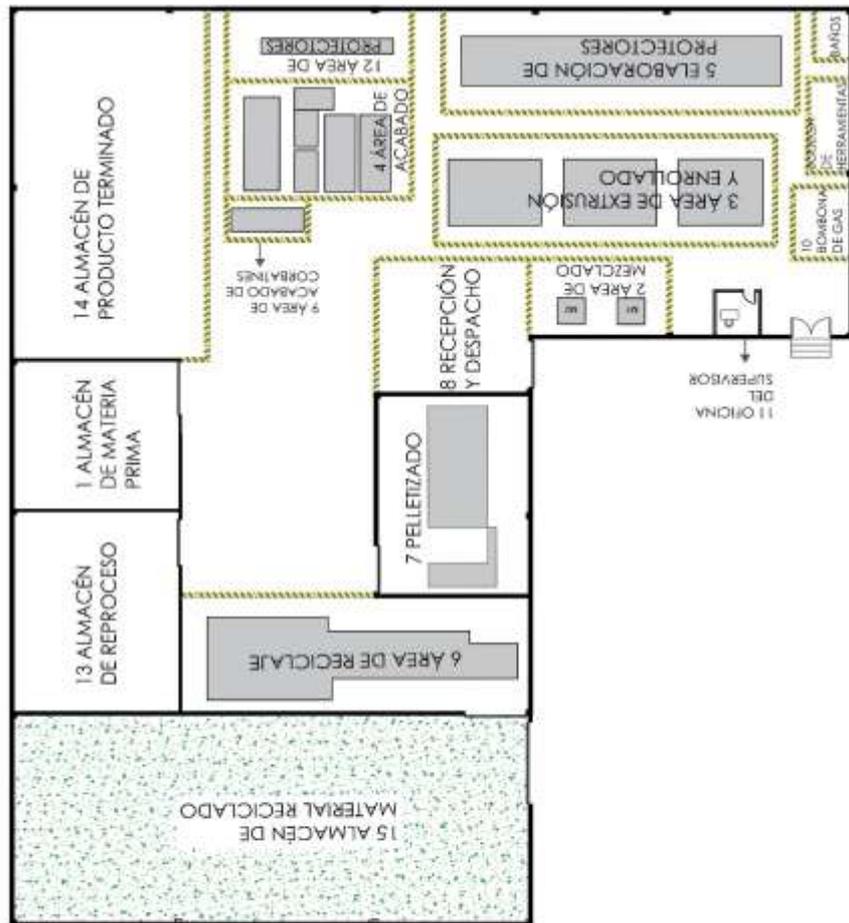
Como se muestran en los cálculos la radiación térmica del proceso de laminado es de 261,69kcal/h lo cual relacionándolo con el art 54 del decreto ejecutivo 2393, se define

esta clase de radiación ionizante de clase moderada, y por tal razón dentro de la redistribución de planta se ha colocado a un costado del galpón.

4.8.2 Propuesta de diseño para la planta SERVIPAXA S.A. en AutoCAD

A continuación se presenta el plano del diseño propuesto en este proyecto para la planta SERVIPAXA S.A., luego del análisis de los flujos operativos entre cada uno de los centros de actividad detallado en la matriz cuadrada de la alternativa 3.

Se procedió a evaluar cada una de las dimensiones, especificaciones técnicas y uso corriente de todos los recursos de los cuales dispone la planta como se muestra en el anexo 6, para de esta manera definir una distribución óptima y flexible a adecuaciones futuras.



TÍTULO	Plano propuesta empresa SERVIPAXA S.A.		
ESCALA	INDICIA	FECHA	2/2
MOCHALE	AUTORES	REGISTRADO POR	
FORMATEO	44	CONTENIDO	PLANTA ARQUITECTÓNICA

4.9 Cursogramas de tiempos y movimientos del diseño de planta propuesto

DIAGRAMA N°3					HOJA N° 1/2							
RESUMEN					TIPO DE DIAGRAMA							
ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	<input type="checkbox"/> OPERADOR	<input checked="" type="checkbox"/> PRODUCTO	<input type="checkbox"/> EQUIPO						
OPERACIÓN 	5	5	0	SITUACION								
INSPECCIÓN 	1	1	0	DISTRIBUCION ACTUAL								
TRANSPORTE 	5	5	0	OPERACIÓN:								
DEMORA 	2	2	0									
OP. COMBINADA 	1	1	0									
ALMACENAMIENTO TEMPORAL 	1	1	0									
ALMACENAMIENTO 	1	1	0									
DISTANCIA (METROS)	108	52,5	55,5	ELABORACIÓN DE FUNDAS DE POLIETILENO								
TIEMPO (MINUTOS)	312,8	311,44	1,36	ELABORADO POR: AUTORES								
#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA A (m)	TIEMPO (min)								OBSERVACIONES
1	Ejecución de Orden de producción			5								
2	Requerimiento de Materia Prima			25								Desorden en el apilamiento de materia
3	Transporte de materia prima hacia el área de mezcla		41,5	1,84								
4	Mezclado			30								
5	Transporte de mezclado hacia tolva de extrusora	128 kg	5	0,15								
6	Extrusion	110kg		150								1 rollo de 110 Kg
7	Inspección peso de rollo			0,5								
8	Transporte de rollo hacia área de acabado de fundas		3,5	0,35								
9	Espera de rollos en cola			7,5								
10	Acabado de fundas			91								
11	Transporte hacia almacén de producto terminado		2,5	0,1								
12	Almacenamiento de producto terminado			-								

Figura 18 Cursograma analítico del proceso de elaboración de fundas de polietileno en la distribución espacial propuesta
Elaborado por: Autores

En la ejecución de la orden de producción no existe ninguna variación de tiempo o movimiento en este apartado, debido a que la generación de la orden de producción es un proceso netamente administrativo.

Disminuye el tiempo y movimiento en el proceso de requerimiento de materia prima porque se corrige la forma de apilado, clasificación y organización de los insumos considerando su utilización. La nueva disposición de la bodega posee el espacio suficiente para colocar los elementos de apoyo como son los pallets y las carretillas hidráulicas, permitiendo de esta manera una mejor movilidad, esfuerzos efectivos y directos eliminando todo lo innecesario.

Es notorio el aumento de la distancia entre los centros de actividad que intervienen en el transporte de la materia prima hasta el área de mezcla, pero a continuación se demuestra que este incremento no afecta en lo absoluto la mínima distancia recorrida entre los procesos centrales y de apoyo.

En el proceso de mezclado, no varía el tiempo debido a la limitación que existe en la capacidad de carga (128kg) y velocidad de mezcla de las máquinas.

La distancia a recorrer en este transporte de materia prima desde el área de mezcla hacia la tolva de la extrusora disminuye considerablemente de 43m a tan solo 5m; es decir, tenemos un ahorro de tiempo de 0,8min.

El tiempo que toma la extrusión puede disminuir o aumentar, debido a que el arranque de la extrusora depende mucho de la mano de obra del operador, se requiere de habilidad al momento de formar el globo para evitar demoras y disminuir el porcentaje de reproceso.

Es un proceso necesario la inspección de los rollos para agregar valor y calidad al producto final, y no requiere de mucho tiempo.

En el transporte del rollo hacia el área de acabado de fundas aumenta la distancia y el tiempo de traslado, pero al igual que en el transporte de la materia prima hasta el área de mezcla esto no afecta en nada la mínima distancia de recorrido que se busca en este estudio, ya que el aumento de espacio para pasillos y la separación entre máquinas que se proponen, mejora la movilidad del personal y el material dentro del centro de actividad.

No varía el tiempo que se mantienen los rollos en cola debido a que el proceso de acabado es netamente manual, lo que genera acumulación de rollos a espera de ser procesados.

El aumento o disminución del tiempo en el proceso de acabado de fundas, depende de la agilidad de los trabajadores para realizar las operaciones que intervienen en este centro de actividad.

La distancia de transporte desde el área de acabado hasta el almacén de producto terminado disminuye en un 94,4% en la distribución espacial propuesta, adicional a esto se evitan los obstáculos que actualmente existen durante el recorrido para que el producto llegue hasta su lugar de destino.

DIAGRAMA N°4					HOJA N° 2/2							
RESUMEN					TIPO DE DIAGRAMA							
ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	<input type="checkbox"/> OPERADOR <input checked="" type="checkbox"/> PRODUCTO <input type="checkbox"/> EQUIPO								
				OPERACIÓN 	5	4	1	ANÁLISIS				
INSPECCIÓN 	1	1	0	DISTRIBUCION ACTUAL								
TRANSPORTE 	5	4	1				OPERACIÓN					
DEMORA 	2	1	1									
OP. COMBINADA 	1	1	0									
ALMACENAMIENTO TEMPORAL 	1	0	1									
ALMACENAMIENTO 	1	1	0	ELABORACIÓN DE PROTECTORES								
DISTANCIA (METROS)	99	65	34									
TIEMPO (MINUTOS)	522,6	100,24	422,36	ELABORADO POR: AUTORES								
#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)								OBSERVACIONES
1	Ejecución de Orden de producción			5								
2	Requerimiento de Materia Prima	128kg		20								2 operadores
3	Transporte de materia prima hacia el área de mezcla		41,5	1,84								1 operador
4	Mezclado			30								
5	Transporte de mezclado hacia tolva de laminadora		15,5	0,5								1 operador
6	Laminado	14,5kg		8,4								
7	Inspección peso de rollo		2	0,8								1 operador
8	Transporte de rollo hacia área de acabado de protectores		3	0,1								1 operador
9	Espera de rollos en cola			10								
10	Acabado de protectores	14,5kg		23,5								4-6 operadores
11	Transporte hacia almacén de producto terminado		3	0,1								
12	Almacenamiento de producto terminado			-								

Figura 19 Cursograma analítico del proceso de elaboración de protectores de foami en la distribución espacial propuesta
Elaborado por: Autores

En la figura 18 se observa que aumenta la distancia de traslado de material de 18m a 41,5m desde la bodega de materia prima hasta el área de mezclado; lo que provoca un aumento de tiempo de 1,04min en esta actividad, esto no afecta el resultado que se obtuvo de reducción de tiempos y distancias al final del estudio, lo que forma parte de los objetivos propuestos en el mismo.

La distancia a recorrer en el transporte de materia prima desde el área de mezcla hacia la tolva de la laminadora disminuye considerablemente 27,5m; también se logra una reducción de distancia de 12m en el traslado de material hasta el área de acabado, esto indica que tendremos un ahorro de tiempo de 1,1min.

Al colocar la bodega de producto terminado cercana al área de acabado, logramos eliminar el almacenamiento temporal, que actualmente ocupaba espacio que puede ser aprovechado y en ocasiones sirve de obstáculo para el paso de las carretillas hidráulicas de un centro de actividad a otro, a su vez la distancia de transporte desde el área de acabado hasta el almacén temporal no existiría más; con lo anteriormente mencionado se reduce considerablemente el tiempo total de fabricación de protectores de 522,6min a 100,24 min.

4.10 Presupuesto de inversión para rediseño de la planta SERVIPAXA S.A

El costo de inversión que representaría el rediseño de la planta SERVIPAXA S.A acorde al plano presentado de la distribución espacial ideal que se muestra en el estudio realizado, se puede observar en la tabla 19.

Los valores fueron obtenidos mediante el asesoramiento de funcionarios de empresas contratistas dedicadas a la construcción en la ciudad de Quevedo.

Tabla 19 Presupuesto de inversión para rediseño de la planta

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN PARA REDISEÑO DE LA PLANTA					
SERVIPAXA S.A.					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
1	DERROCAMIENTOS				
1.1	Demolición de cerramiento, muro y elementos estructurales existentes	m2	1.050,00	\$ 5,00	\$5.250,00
2	PISO				
2.1	Relleno compactado	m2	2.430,00	\$25,00	\$60.750,00
3	ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN				
3.1	Replanteo de hormigón simple f'c=180 kg/cm2	m2	415,00	\$26,00	\$10.790,00
3.2	Columnas de hormigón armado f'c=210 kg/cm2	u	21,00	\$310,00	\$6.510,00
3.3	Vigas de amarre de hormigón armado f'c=210 kg/cm2	m	200,00	\$50,00	\$10.000,00
4	ALBAÑILERÍA				
4.1	Mampostería de bloque de hormigón de 10 cm, mortero 1:3	m2	1.548,80	\$23,25	\$36.009,60
4.2	Blanqueado de paredes	m2	1.548,80	\$7,43	\$11.499,84
5	REUBICACIÓN DE MAQUINAS				
5.1	Desarmado, Reubicación y armado de Extrusoras	u	3,00	\$500,00	\$1.500,00
5.2	Desarmado, Reubicación y armado de Laminadora	u	1,00	\$1.000,00	\$1.000,00
5.3	Desarmado, Reubicación y armado de Recicladora	u	1,00	\$1.000,00	\$1.000,00
5.4	Desarmado, Reubicación y armado de Peletizadora	u	1,00	\$600,00	\$600,00
6	PORTONES				
6.1	Puertas corredizas de tubo galvanizado	U	5,00	\$350,00	\$1.750,00
				SUB-TOTAL	\$144.909,44
				IVA 12%	\$ 17.389,13
				TOTAL	\$162.298,57

CONCLUSIONES

Los tiempos de duración de las actividades que intervienen en el proceso de producción y las distancias entre los centros de actividad reflejadas en los cursogramas iniciales muestran la necesidad que existe de mejorar la distribución espacial de la planta SERVIPAXA S.A.

Mediante el estudio de los criterios obtenidos en base a cuestionarios que se realizaron a los expertos de la planta, las intensidades de transporte de materiales y las relaciones cuantitativas de adyacencia se observaron los siguientes problemas dentro del flujo operativo:

- Tiempos y distancias de transporte de materiales extensos.
- Mala ubicación de los centros de actividad.
- Bajo nivel de seguridad para el personal de planta.
- Uso ineficiente del espacio físico disponible.
- Mal manejo de los desperdicios.
- Contaminación cruzada.

Durante la evaluación de la distribución espacial actual de la planta, expuesta en el Capítulo IV, se obtuvo un IDL del 44,49%, lo que indica que el sistema productivo objeto de estudio posee una situación desfavorable en cuanto a la distribución espacial existente, es decir, no es la idónea para el correcto desarrollo de las actividades que intervienen en los procesos.

Mediante la metodología de planeación sistemática de layout (SLP), se obtuvieron tres alternativas para la nueva distribución espacial de la planta SERVIPAXA S.A., de las cuales concluimos que la que se acerca a la distribución ideal es la Alternativa 3

(Figura 16), con un IDL de 89,97%, en la que se consideran los materiales, la mano de obra, el reproceso, la movilidad dentro de cada centro de actividad y sobre todo que el conjunto total del sistema productivo sea flexible a futuras modificaciones sin que ello afecte la distribución previamente establecida.

Se realizó un presupuesto de obra estimado, para dar a conocer el valor en efectivo que se necesita invertir en el rediseño de la planta SERVIPAXA S.A, el cual es de \$162.298,57, en el que se toma en cuenta ampliación, derrocamientos, corrección del nivel del piso entre otros.

RECOMENDACIONES

Es necesario y de gran aporte para la empresa SERVIPAXA S.A. implementar la propuesta que presenta este proyecto técnico, ya que mejora de manera considerable la distribución de la planta, lo que representa un sin número de beneficios dentro del proceso de producción que realiza como:

- Disminución del tiempo y la distancia de transporte de productos de un centro de actividad a otro.
- Centros de actividad con un área de forma regular.
- Aprovechamiento de espacios.
- Centros de actividad correctamente ubicados, acorde a la necesidad de cercanía que estos requieran.
- Flujo eficiente de las operaciones.

Se recomienda crear una cultura organizacional en el personal que labora en planta, delegar funciones específicas a cada colaborador, disminución de carga laboral para determinados empleados para así mantener un buen ambiente laboral.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguaysa, P. A. (2013). *Distribución de planta y su influencia en el proceso de producción del área de manufactura en la empresa tenería INCA S.A de la ciudad de Ambato*. Ambato.
- Baca, G. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Mexico: GRUPO EDITORIAL PATRIA.
- Carvajal, G. (2018). *Catálogo del Empaque*. Obtenido de <http://www.catalogodeempaques.com/ficha-producto/Polietileno-de-baja-densidad-lineal-metaloceno+111040>
- David de la fuente García, I. F. (2012). *Distribución de Planta* .
- Española, A. d. (2018). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=IhYF1MA>
- Española, A. d. (2018). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=bCjZFak>
- Forero, H. G. (2011). *Presupuesto: Su control en un proyecto arquitectónico*. Bogotá.
- García, L. G. (2015). *ANÁLISIS Y REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ÁREA DE ENVASADO DE CAFÉ LIOFILIZADO EN UNA PLANTA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Giraldo, G. W. (2013). *Impacto de la Variabilidad Climática en la Producción de Banano en el Urabá Antioqueño*. 150.

Marthell, M. G. (2012). *Distribucion de planta. Definiciones, tipos y características*.
Torreon, Mexico.

Marthell, M. G. (2014). *Distribución de planta definiciones, tipos y características*.
Obtenido de <https://es.slideshare.net/MariaGpeRdzMarthell/distribucin-de-planta-15020464>

Muther, R. (1961). *Distribución en planta*. Boston,EEUU: Industrial Education
Institute.

Nair, N. G. (1996). *Production and operations management*. New Delhi: McGraw-
Hill.

Olivo, L. G. (2015). *Análisis y rediseño de la distribución de espacial del área de
envasado de café liofilizado en una planta de la ciudad de Guayaquil*.
Guayaquil.

Ortega, P. A. (2014). “*Systematic Layout Plannig SLP*” y “*Teoria de la Topogenesis*”
*como bases metodológicas para proponer un cambio de paradigma en la
concepción de diseño de un edificio industrial*”. Barcelona.

PC Banano . (2012). Obtenido de pcbanano:
http://pcbanano.onu.org.do/index.php?option=com_content&view=article&id=58

Perez, P. A. (2016). Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales
mediante un índice de desempeño. *RAE-REVISTA DE ADMINISTRACION DE
EMPRESAS*, 15.

Razura, I. A. (2012). *Costos y Presupuestos* .

Render, B., & Heizer, J. (2014). *Principios de administración de operaciones*. Pearson.

Rivera, Cardona, Vázquez & Rodríguez. (2012). Selección de alternativas de redistribución de planta: Un enfoque desde las organizaciones. *S&T*.

Romero, S; Romero, O; Muñoz, D. (2015). *Introducción a la ingeniería*.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación* . Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Social, I. E. (3 de Febrero de 1998). REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO . *DECRETO EJECUTIVO 2393*. Ecuador.

Vacas & Rojas. (2012). *Proyecto de factibilidad para instalación de una planta de reciclaje mecánico de plásticos para el cantón santo domingo de los colorados*. Riobamba.

Vargas, A., Valle, H., & González, M. (2012). Efecto del color y de la densidad del polietileno de fundas para cubrir el racimo sobre dimensiones, presentación y calidad poscosecha de frutos de banano y plátano. *Scielo*.

Wikipedia. (2018). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Estoc%C3%A1stico>

ANEXOS

Anexo 1 *Productos que se fabrican en la planta SERVIPAXA S.A.*



Daypas



Corbatines



Protectores rectangulares



Protectores semicirculares

Fundas de racimo



Anexo 2 Centros de Actividad



**Almacén de Materia
Prima**



Área de mezclado



**Área de extrusión y
enrollado**



Área de acabado



**Área de elaboración
de protectores**



Área de reciclaje



Área de Peletizado



Área de recepción y despacho



Área de acabado de corbatines



Área de Bombonas Gas



**Oficina del Supervisor
de Producción**



**Área de acabado de
protectores**



Almacén de reproceso



Almacén de producto terminado.



Área de recepción de material reciclado

Anexo 3 Consumo de materia prima por mes y producto año 2016

Producto	Descripción	CONSUMO DE MATERIA PRIMA POR MES Y PRODUCTO AÑO 2016												TOTAL Kg	TOTAL Tn
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic		
1	Fundas con Bifentrina	18.805	21.442	18.726	23.455	16.804	8.524	25.956	5.293	5.428	6.982	6.997	7.343	165.755	165,8
2	Fundas Natural al vacío	-	-	-	1.718	11.212	-	6.000	-	2.009	14.924	6.107	8.188	50.158	50,2
3	Fundas al Natural	3.415	4.432	7.064	4.347	7.229	12.722	9.275	5.508	2.590	1.950	2.163	863	61.558	61,6
4	Fundas Natural con color	1.216	3.449	1.291	1.345	1.133	1.207	-	-	1.398	1.493	2.529	1.714	16.775	16,8
5	Corbatines	6.526	4.198	3.976	6.398	4.967	1.154	1.938	1.138	105	2.719	1.444	1.688	36.251	36,3
6	Protectores semicirculares	-	5.777	9.978	9.453	1.862	3.313	5.698	5.733	2.477	14.367	4.156	12.873	75.687	75,7
7	Protectores rectangulares	-	-	-	592	3.162	197	545	-	610	101	976	3.439	9.622	9,6
8	Daypas	-	-	-	-	-	-	-	1.268	-	1.662	880	831	4.641	4,6
TOTALES		29.962	39.298	41.035	47.308	46.369	27.117	49.412	18.940	14.617	44.198	25.252	36.939	420.447	420,4

Anexo 4 Flujo de Materiales entre centros de actividad

FLUJO DE MATERIALES ENTRE CENTROS DE ACTIVIDAD

	Almacén de Materia Prima	Mezclado	Extrusión	Acabado de fundas	Elaboración de Protectores	Reciclaje	Pelletizado	Recepción y Despacho	Acabado de corbates	Bombona de Gas	Oficina supervisor	Acabado de Protectores	Almacén de reproceso	Producto Terminado	Material Reciclado
Producto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	165,8	165,76	165,76	142,05			37,91	293,60					37,91	127,85	
2	50,16	50,16	50,16	45,14			9,53	90,79					9,53	40,63	
3	61,56	61,56	61,56	55,40			11,70	111,42					11,70	49,86	
4	16,78	16,78	16,78	15,10			3,19	30,36					3,19	13,59	
5	36,25	36,25	36,25				6,89	65,61	32,63				6,89	29,36	
6	75,69	75,69			75,69		25,36	126,02				71,90	25,36	50,33	
7	9,62	9,62			9,62		3,22	16,02				9,14	3,22	6,40	
8	4,64	4,64	4,64	4,18			0,88	8,40					0,88	3,76	
TOTAL		420,45	335,14	261,87	85,31	-	98,67	742,22	32,63	-	-	81,04	98,67	321,78	-

Anexo 5 Cuestionario sobre las relaciones de adyacencia cualitativas entre los centros de actividad de SERVIPAXA S.A.

Responda ¿qué tan importante o necesaria es la cercanía entre el centro de actividad i y la j? Justifique su respuesta en cada caso.

E = extremadamente importante

I = importante

O = ordinariamente importante,

D = indiferente

N = indeseable

CENTROS DE ACTIVIDAD:

Centros de actividad		¿Qué tan importante o necesaria es la cercanía entre la estación de trabajo i y la j.	Justificación
I	J		
1	2		
1	9		
1	7		
1	8		
2	3		
2	6		
3	4		
3	13		
3	11		
4	8		
4	11		
4	12		
5	14		
5	11		
5	13		
5	10		
6	15		
6	7		
6	13		
7	13		
8	12		
8	11		
9	12		
11	12		
13	14		

Anexo 6 Requerimiento espacial ideal para cada centro de actividad

#	CENTROS DE ACTIVIDAD	AREAS ACTUALES		REQUERIMIENTO DE ESPACIO IDEAL							DIMENSIONES REQUERIDAS		DETALLE		DESCRIPCION	
		AREA (m2)	PERIMETRO (m)	MAQUINAS Y EQUIPOS DEL AREA	MAQUINAS (m2)	MESAS DE TRABAJO (m2)	SEPARACION ENTRE MAQUINAS (m)	PASILLOS (m)	SEPARACION ENTRE PARED	MATERIA PRIMA/PROCESO/TERMINADA (m2)	LARGO	ANCHO	AREA (m2)	PERIMETRO (m)	ESTADO ACTUAL	REDISTRIBUCION
1	ALMACEN DE MATERIA PRIMA	81,6	37,6	PALLETS - CARRETIILLAS HIDRAULICAS	-	-	-	-	-	74,75	12	7	84	38	EL ESPACIO DISPONIBLE PARA EL ALMACENAMIENTO ES EL IDONEO, PERO NECESARIO RESPETAR LAS NORMATIVAS SOBRE ALMACENAMIENTO Y APILAMIENTO	E UBICA ESTRATEGICAMENTE JUNTO CON EL AREA DE RECEPCION Y DESPACHO PARA AGILITAR Y REDUCIR LOS TIEMPOS DE TRANSPORTE Y TRASLADO, Y A SU VEZ ELIMINAR TIEMPOS MUERTOS POR ALMACENAMIENTO TEMPORAL INNECESARIOS.
2	MEZCLADO	28	22	MEZCLADORA PARA FUNDAS CON VENENO MEZCLADORA PARA FUNDAS SIN VENENO	7,22	-	3	1,2	0,8	-	7,3	4,2	30,66	23	ESPACIO ACTUAL INSUFICIENTE, DIFICULTA LA LABOR DE LOS OPERADORES.	ADECUACION DE LOS ESPACIOS FISICOS DISPONIBLES, AUMENTO DE HOLGURA EN MOVILIDAD

3	EXTRUSION Y ENROLLADO	160	56	- 3 EXTRUSORA DE GLOBO - 3 BOBINADORAS - 3 IMPRESORAS	78,84	-	1,2	1,2	-	2,64	24	8	192	64	ACTUALMENTE EL ESPACIO FISICO DESTINADO PARA ESTE CENTRO DE ACTIVIDAD ES INSUFICIENTE, LO CUAL REDUCE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRABAJADORES Y EL USO INADECUADO DEL PASILLO POR MATERIA EN PROCESO.	SE ESTABLECE UN ESPACIO SUFICIENTE PARA LA EJECUCION SEGURA DE LAS LABORES, Y LA UTILIZACION DE ESPACIO TEMPORAL PARA MATERIA EN PROCESO.
4	ACABADO	90,1	38,2	- 2 CORTADORAS - 1 CORTADORA Y SELLADORA DE FUNDAS AL NATURAL - 1 PERFORADORA - 1 EMPAQUETAD O	-	25,66	1,2	1,2	1,2	3,3	10,4	7,5	78	35,8	SE AH SOBREDIMENSIONADO LAS DIMENSIONES DE ESTE CENTRO DE ACTIVIDAD, ES NECESARIO CORREGIR LAS DISTANCIAS ENTRE MESAS DE TRABAJO.	UNA CORRECTA DISPOSICION DE LAS MESAS DE TRABAJO DENTRO DEL AREA REDUJO CONSIDERABLEMENTE EL USO DE ESPACIO Y FACILITA LA MOVILIDAD DEL MATERIAL ENTRE ETAPAS.
5	ELABORACION DE PROTECTORES	171,5	63	- CONEXIÓN A BOMBA DE GAS - 1 LAMINADORA DE FOAM - 1 BOBINADORA - 2 TANQUES DE MEZCLA	171,5	-	-	1,5	-	1,32	27,5	7,6	209	70,2	ESPACION ACTUAL INSUFICIENTE LO CUAL OCASIONA EL USO DE PASILLOS, OBSTACULIZANDO LA MOVILIZACION DE MATERIAL	DEBIDO A LA RADIACION POR CALOR QUE PRODUCE LA LAMINADORA DE FOAM, ES NECESARIO DISPONER DE UN ESPACIO ADECUADO PARA REDUCIR EL CONTACTO CON EL PERSONAL Y CON MATERIALES INFLAMABLES.

6	RECICLAJE	540,6	86,46	- CARRETILLAS HIDRAULICAS - PALLETS - RECICLADORA	136,44	-	2,4	2	1	2	41,5	10,41	452,7 7	104,8	DEMASIADO ESPACIO SIN USARSE Y MUCHO DESCONTROL EN EL REPROCESO	MAYOR ORGANIZACIÓN EN LA RECEPCION Y TRATAMIENTO DEL MATERIAL RECICLADO.
7	PELLETIZADO	156,5	51,56	- PELLETIZADOR A - 1 TORRE DE AGUA	28,2	-	0,8	-	-	-	16	9,78	156,4 8	51,56	ESPACIO ACTUAL OPTIMO, MALA UBICACIÓN DE LOS MAQUINAS Y UTILLAJE DEL CENTRO DE ACTIVIDAD, OBJETOS AJENOS A LA ACTIVIDAD CERCA DE LOS PROCESOS.	SE ESTABLECE UNA SEPARACION ENTRE CADA ELEMENTO DE ACUERDO A LA NORMATIVA 2393,
8	RECEPCION Y DESPACHO	-	-	- CARRETILLA DE TRASLADO	10	-	-	1,2	-	-	10,8	6,5	70,2	34,6	EL CENTRO DE ACTIVIDAD DE RECEPCION Y DESPACHO POSEE GRAVES PROBLEMAS DE DIMENSIONAMIE NTO AL SER SOLO UN ESPACIO DELIMITADO DENTRO DE LA PLANTA, SIN CONSIDERAR SU VERDADERA IMPORTANCIA EN LA ROTACION DIRECTA DE MATERIA ENTRANTE Y SALIENTE DE LOS PROCESOS.	EN LA RESIDTRIBUCIO N SE PLANTEA UN AREA DE 10,8 X 6,5 CON LO CUAL SE PODRA ELIMINAR ESE DESORDEN QUE SE GENERABA EN LOS PASILLOS QUE REDUCIA LA MOVILIDAD DE LOS RECURSOS.

9	ACABADO CORBATINES	16,8	17,2	- CORTADORA	8,5	-	-	1,2	1,2	-	7,4	3,7	27,38	22,2	USO INEFICIENTE DEL ESPACIO FISICO DISPONIBLE, EXISTE UN GRAN ESPACIO DESTINADO PARA ESTE CENTRO DE ACTIVIDAD.	SE UBICA ESTRATEGICAMENTE JUNTO AL CENTRO DE ACTIVIDAD ACABADO, POR EXISTIR SIMILITUD EN LA EJECUCION DE OPERACIONES, PROMOVRIENDO LA MINIMA DISTANCIA RECORRIDA.
10	BOMBONA DE GAS	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LAS CONEXIONES DE LA BOMBONA DE GAS SOBRESALEN DEL PISO Y SON UN OBSTACULO EN EL ESPACIO DISPUESTO COMO PASILLO.	SE DEJA DE CONSIDERAR COMO CENTRO DE ACTIVIDAD, DISPONIENDO SU PRESENCIA COMO SIMPLE SUMISTRO DE GAS PARA LA LAMINADORA DE FOAM.
11	OFICINA DE SUPERVISOR	1	4		-	-	-	-	0,8	-	1,5	1,5	2,25	6	UBICACIÓN INSEGURA CERCA DE EXTRUSORAS DE GLOBO.	SE UBICA DE FORMA ESTRATEGICA DE FORMA QUE EL SUPERVISOR PUEDE VISUALIZAR LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS DE FORMA SEGURA Y ACORDE A LAS NECESIDADES DE UNA OFICINA.

12	ACABADO PROTECTORES	34,3	26,8	- CORTADORA - MESA DE EMPAQUETADO	-	10,01	-	1,2	1,2	4,84	11,5	3,5	40,25	30	<p>SE UBICA ACONTINUACION DE LA LINEA DE ELABORACION DE PROTECTORES, AUMENTANDO EL ANCHO ENTRE CADA MAQUINA, EL PASILLO DE SEGURIDAD Y UN ESPACIO DISPUESTO PARA EL MATERIAL EN PROCESO PARA QUE EL OPERADOR PUEDA REALIZAR SU LABOR SIN INTERFERIR EN EL ESPACIO DE LOS PASILLOS.</p> <p>ESPACIO ACTUAL INSUFICIENTE, ACTUALMENTE SE HACE USO DE LOS PASILLOS DE LAS INSTALACIONES PARA LA EJECUCION DEL TRABAJO, LO CUAL COMPLICA EL TRASLADO DE MATERIA PRIMA Y TERMINADA, SIENDO ASI UN CLARO FACTOR DE CAMBIO EN EL REDISEÑO DEL LAYOUT.</p>
13	ALMACEN DE REPROCESO	48,36	28		-	-	-	-	-	-	15	9	48,36	28	<p>SE UBICA CERCA DE LAS INSTALACIONES DE ACABADO PARA REDUCIR EL ESPACIO DE TRANSPORTE, ADEMAS COMO SUGERENCIA SE COLOCAN EN CADA MAQUINA SACOS PAA ALMACENAR EL REPROCESO Y EVITAR CONTAMINACION CRUZADA.</p> <p>EL ESPACIO FISICO ACTUAL ES EFICIENTE, AUNQUE LA FORMA DE ALMACENAR EL REPROCESO EN LOS PROCESOS DE TRANSFORMACION NO ES EL ADECUADO.</p>

14	ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO	496	159,7	-	-	-	-	-	-	-	32	9	288	82	<p>ACTUALMENTE EXISTE VARIAS ESPACIOS DESTINADOS PARA ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO, PERO SU USO NO ES EFICIENTE, EXISTEN MUCHOS ESPACIOS VACIOS, MIENTRAS EXISTE UN GRAN ESPACIO DISPUESTO COMO ALMACENAMIENTO TEMPORAL EN EL AREA DE PROTECTORES Y ACABADO DE FUNDAS DE RACIMO.</p> <p>SE DISPONE DE UN ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO, UBICADO CERCA DEL AREA DE ACABADO DE CADA PROCESO DE TRANSFORMACION, PARA ELIMINAR LOS ALMACENAMIENTO TEMPORALES Y EL USO INADECUADO DE PASILLOS DE SEGURIDAD.</p>
15	ALMACEN MATERIAL RECICLADO	1012	119,84	-	-	-	-	-	-	-	50,5	15	757,5	131	<p>DENTRO DEL ESPACIO FISICO DISPONIBLE EL MANEJO CORRECTO DE LOS RESIDUOS Y MATERIALES DE RECICLADO DEBEN SER UNA PRIORIDAD PARA ELIMINAR LA CONTAMINACION CRUZADA</p> <p>DESORGANIZACION EN LA RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL PROCEDENTE DE LA RECOLECCION DE RECICLAJE</p>

