

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA OPTIMIZAR LAS  
CONDICIONES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA GUIDO TAPICERÍA EN LA  
CIUDAD DE SANTA MARTA**



Nombre autor (es). Sergio David González Palacio, José Alejandro  
Granados Mercado.  
Abril y 2022.

Universidad Antonio Nariño.  
Facultad de Ingeniería Industrial.

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA OPTIMIZAR LAS<sup>2</sup>  
CONDICIONES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA GUIDO TAPICERÍA  
EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA**

Sergio David González Palacio, José Alejandro Granados Mercado

Abril 2022

Universidad Antonio Nariño.

Facultad de Ingeniería Industrial.

**Notas del autor**

Sergio González Palacio, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Santa Marta.

José Granados Mercado, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Santa Marta.

**Dedicatoria**

Este proyecto va dedicado aquellas personas que hicieron parte indirectamente, gracias a la confianza de apoyarnos es todo tipo de dificultades que presentamos a la hora de realizar este proyecto, este proyecto va dedicado a nuestros padres y abuelos que sin el apoyo de ellos nada de esto hubiera sido posible, nuestro proyecto empezó en el año 2019 y finalizo en el año 2022

## **Agradecimientos**

4

Para empezar, queremos darles las gracias a nuestros profesores, compañeros y lo más importante nuestros padres de familia gracias por confiar en nosotros y apoyarnos en todos los ámbitos...

Debido al diseño inadecuado de la planta, hay mucho manejo inadecuado de materiales por parte de los trabajadores aumentando el costo de producción, carece de espacio suficiente la planta y se mantienen los desechos en cualquier lugar y en los puestos de trabajo, debido a los productos en procesos y terminados ubicados en cualquier parte del proceso le da mal aspecto a la planta, además las condiciones de trabajo de los trabajadores no son las adecuadas ya que están realizando sus funciones sin la debida capacitación y desarrollo de capacidades, no hay una departamentalización ni demarcación de áreas de trabajo establecidas. , en nuestro proyecto se busca realizar una propuesta de distribución en planta que permita optimizar la ordenación de los equipos, flujos de materiales y áreas de trabajo en la empresa “Guido tapicería” a un costo óptimo, además, Por medio de nuestros objetivos se obtuvo una mejora del 19% que esto le permite a la empresa destacar en campo laboral y competitivo.

**Abstract:**

6

Due to the inadequate design of the plant, there is a lot of improper handling of materials by workers increasing the cost of production, the plant lacks sufficient space and waste is kept anywhere and in the workstations, due to the products in process and finished products located anywhere in the process gives bad appearance to the plant, also the working conditions of workers are not adequate as they are performing their duties without proper training and skills development, there is no departmentalization or demarcation of established work areas. In our project we seek to make a plant distribution proposal that allows optimizing the arrangement of equipment, material flows and work areas in the company "Guido Tapicería" at an optimal cost, in addition, through our objectives we obtained an improvement of 19% that allows the company to stand out in the labor and competitive field.

## Tabla de contenido:

7

### Contenido

<u>Introducción</u>	1
<u>Línea de Investigación</u>	2
<u>Semillero de Investigación:</u>	2
<u>Planteamiento del problema</u>	3
<u>Descripción del Problema:</u>	5
<u>Formulación del problema:</u>	6
<u>Justificación:</u>	7
<u>Objetivos:</u>	10
<u>General:</u>	10
<u>Específicos:</u>	10
<u>Marco Referencial:</u>	11
<u>Antecedentes:</u>	11
<u>Marco Teórico</u>	15
<u>Marco Conceptual</u>	30
<u>Marco Geográfico</u>	32
<u>Marco Académico</u>	34
<u>Relación con las líneas de investigación de la Facultad</u>	34
<u>Relación con la misión del programa de Ingeniería Industrial</u>	34
<u>Relación con la visión del programa de Ingeniería Industrial</u>	35
<u>Relación con los Objetivos del programa de Ingeniería Industrial</u>	35
<u>Asignaturas del programa aplicadas en el trabajo de grado</u>	35
<u>Competencias que se demuestran en el desarrollo del trabajo de grado</u>	38
<u>Diseño Metodológico</u>	38
<u>Tipo y Enfoques de Investigación</u>	38
<u>VARIABLES DE MEDICIÓN:</u>	39
• <u>Variable Independiente:</u>	39
• <u>VARIABLES DEPENDIENTES:</u>	39
<u>Recolección y Análisis de Datos:</u>	39
<u>Unidad de Estudio o Muestra:</u>	40
<u>Hipótesis:</u>	40
<u>Fases y Actividades Metodológicas:</u>	40
1. <u>Realizar una evaluación de la planta mediante la herramienta Read a Plant Fast con el propósito de diagnosticar el estado actual del sistema productivo.</u>	42
<u>Cronograma de Avances de Actividades</u>	46
<u>Método CRAFT</u>	46
<u>Paso 1: Desarrollar una distribución inicial y estimar el costo actual</u>	46
<u>Paso 2: Iteración de alternativas.</u>	50
<u>Paso 3: Comparación entre iteraciones, y elegir la mejor solución método CRAFT.</u>	67
<u>Objetivo específico 3.</u>	68
<u>Simular con el software flexSim la nueva propuesta de distribución de planta con el fin de demostrar la factibilidad del sistema propuesto.</u>	68

<u>Anexos</u>	79
<u>Objetivo específico 4.</u>	81
<u>Evaluar con base en la relación costo/beneficio la nueva propuesta de distribución en planta con el objeto de determinar su factibilidad económica.</u>	81
<u>Conclusiones</u>	89



**Lista de tablas:**

<a href="#"><u>Tabla 1. Cuestionario de la RPA contiene 20 preguntas de tipo dicotómicas (si/no) para determinar si la planta utiliza las mejores prácticas en esta categoría</u></a>	42
<a href="#"><u>Tabla 2. Hoja de evaluación</u></a>	44
<a href="#"><u>Tabla 3. Clasificación.</u></a>	47
<a href="#"><u>Tabla 4. Distribución inicial.</u></a>	49
<a href="#"><u>Tabla 5. Iteraciones de comparación de costos.</u></a>	51
<a href="#"><u>Tabla 6. Alternativa 1</u></a>	51
<a href="#"><u>Tabla 7. Alternativa 2</u></a>	53
<a href="#"><u>Tabla 8. Alternativa 3</u></a>	54
<a href="#"><u>Tabla 9. Alternativa 5</u></a>	56
<a href="#"><u>Tabla 10. Alternativa 6</u></a>	58
<a href="#"><u>Tabla 11. Alternativa 7</u></a>	59
<a href="#"><u>Tabla 12. Alternativa 8</u></a>	61
<a href="#"><u>Tabla 13. Alternativa 9</u></a>	62
<a href="#"><u>Tabla 14. Mejor alternativa.</u></a>	66
<a href="#"><u>Tabla 15. Reubicación de oficina</u></a>	81
<a href="#"><u>Tabla 16. Reubicación de máquinas de embalaje y de instalación de patas</u></a>	81
<a href="#"><u>Tabla 17. Flujo de caja anual</u></a>	82
<a href="#"><u>Tabla 18. RCB</u></a>	83

**Lista de figuras:**

<a href="#"><u>Figura 1. Ubicación satelital Guido Tapicería a partir de Google Maps</u></a>	34
<a href="#"><u>Figura 2. Distribución inicial.</u></a>	48
<a href="#"><u>Figura 3. Mejor alternativa.</u></a>	65
<a href="#"><u>Figura 4. Throughput</u></a>	69
<a href="#"><u>Figura 5. State Bar</u></a>	70
<a href="#"><u>Figura 6. Properties</u></a>	73
<a href="#"><u>Figura 7. El plano mejorado de la empresa throughput</u></a>	74
<a href="#"><u>Figura 8. State Bar</u></a>	76
<a href="#"><u>Figura 9. Properties</u></a>	78
<a href="#"><u>Figura 10. Anexo 1</u></a>	84
<a href="#"><u>Figura 11. Anexo 2</u></a>	85
<a href="#"><u>Figura 12. Anexo 3</u></a>	86
<a href="#"><u>Figura 13. Anexo 4</u></a>	87
<a href="#"><u>Figura 14. Anexo 5</u></a>	88

## Introducción

En la actualidad, la planificación inicial del diseño de una instalación requiere inversiones y decisiones importantes. Implica compromiso a largo plazo en la planificación de los tipos de productos a producir, el número de departamentos, las limitaciones del tamaño de la empresa y la posibilidad de expansión futura. Las decisiones tomadas durante la planificación podrían tener un gran impacto en las operaciones. Un diseño optimizado de las instalaciones no solo mejora la eficiencia de la producción, sino que también proporciona un entorno más seguro para los trabajadores.

Además, un mejor diseño podría ayudar a la empresa a cumplir con los cambios en las regulaciones ambientales y legales. Por ejemplo, la realineación de la línea de producción podría reducir la necesidad de transferir la producción entre departamentos. Diferentes tipos de producciones tendrían diferentes tipos de diseños. En general, hay tres tipos diferentes de Diseños: diseño de proceso, diseño de producto y diseño de posición fija. Todos estos diseños tienen sus ventajas y desventajas.

El propósito de la presente investigación es elaborar una propuesta de distribución en planta que permita optimizar la ordenación de los equipos, flujos de materiales y áreas de trabajo en la empresa “Guido tapicería” a un costo óptimo, buscando con la optimización del diseño de la planta colocar las cosas en su posición adecuada para facilitar futuras expansiones, efectividad en el manejo de materiales en términos de costo y tiempo, uso adecuado del espacio, seguridad y limpieza, condiciones de trabajo adecuadas, apariencia adecuada, utilización del equipo, mayor pago, retorno y rentabilidad.

### Línea de Investigación

La presente investigación se enmarca en la línea de investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial Gestión de la Productividad.

### Semillero de Investigación:

No Pertenece a ningún semillero de investigación

## Planteamiento del problema

Desde la segunda mitad del siglo XX, el problema del diseño de las instalaciones en las organizaciones ha sido un tema científico ampliamente discutido debido a que ha sido considerado uno de los problemas clásicos más importantes de gestión de operaciones e ingeniería industrial.

Algunas revisiones bibliográficas con enfoque hacia las pymes lo han tratado con mayor o menor profundidad. La mayoría de autores se han centrado en dimensiones específicas del problema, pero otros los han abordado de manera más general. A pesar de una cobertura científica tan amplia, la investigación sobre muchos aspectos del diseño de las instalaciones aún se encuentra en sus inicios (Hosseini y Nasab, 2018).

El problema del diseño de instalaciones implica el proceso de disponer físicamente todos los factores de producción que componen los sistemas de producción para que puedan cumplir de manera adecuada y eficiente con los objetivos estratégicos de la organización. Como parte de las estrategias operativas comerciales, el diseño de las instalaciones se considera una de las decisiones de diseño más importantes. También afecta significativamente la eficiencia de los sistemas de producción y su nivel de productividad.

Un diseño de instalaciones eficiente debe asegurar que los cronogramas de producción se cumplan en el corto, mediano y largo plazo y a un menor costo, utilizando adecuadamente el espacio y garantizando, a su vez, cierta flexibilidad para futuros

layouts y mínimos riesgos de salud/seguridad en trabajo. Por el contrario, los diseños ineficientes pueden conducir simultáneamente a cuellos de botella, congestión y espacio mal utilizado, y se puede acumular demasiado trabajo en curso, mientras que los puestos de trabajo pueden quedar inactivos o sobrecargados.

Todo esto puede acarrear ansiedad y malestar para los trabajadores, accidentes de trabajo y dificultar el control de las operaciones y la gestión del personal (Pérez y Gosende, 2016). Además, si no existe un buen nivel de cercanía entre los centros de trabajo de la organización, no se puede aprovechar al máximo la jornada laboral en las actividades de transporte, lo que no aporta ningún valor. Esta es una de las principales razones por las que los tiempos de producción aumentan y los niveles de productividad del trabajo disminuyen.

A pesar de su importancia, el diseño de las instalaciones no es un problema fácil de resolver. La generación y selección de diseños de instalaciones más convenientes para una organización implica un proceso complejo e iterativo que depende de la calificación de los elementos que configuran el sistema de producción de bienes/servicios.

De acuerdo con la teoría de la complejidad computacional, el diseño de las instalaciones se considera un problema de optimización (problema difícil no polinomial) porque no existen algoritmos de solución que proporcionen una solución óptima en un tiempo polinomial razonable (Gobelny y Michalski 2017). A pesar de su alto grado de complejidad, varios autores han abordado estos problemas aportando soluciones aceptables en tiempos de cálculo realistas.

Se destaca que cuando el diseño de las instalaciones se planifica asumiendo que la demanda se mantiene constante a lo largo del horizonte de planificación, este problema se conoce como estático o de un solo período. Sin embargo, en muchos sistemas de producción, considerar un diseño único puede no ser práctico porque es poco probable que el flujo de material permanezca invariable con el tiempo. Por el contrario, cuando la demanda es estacional o varía mucho, podría valer más la pena considerar un diseño de las instalaciones diferente para cada período de tiempo, en cuyo caso el enfoque de planificación es dinámico o multiperíodo (Pournaderi, Ghezavati y Mozafari, 2019).

#### Descripción del Problema:

Debido al diseño inadecuado de la planta, hay mucho manejo inadecuado de materiales por parte de los trabajadores aumentando el costo de producción, carece de espacio suficiente la planta y se mantienen los desechos en cualquier lugar y en los puestos de trabajo, debido a los productos en procesos y terminados ubicados en cualquier parte del proceso le da mal aspecto a la planta, además las condiciones de trabajo de los trabajadores no son las adecuadas ya que están realizando sus funciones sin la debida capacitación y desarrollo de capacidades, no hay una departamentalización ni demarcación de áreas de trabajo establecidas.

Todas estas razones traen como consecuencia la baja productividad de la empresa, cuellos de botellas en los procesos, incumplimientos en las entregas de los trabajos, insatisfacción en los trabajadores, factores de riesgos laborales altos.

De no atender esta problemática la empresa dejará de ser competitiva en el tiempo y no podrá superar las expectativas de crecimiento ya que no tendrá capacidad de atender más clientes por falta de espacio e instalaciones que lo faciliten.

Formulación del problema:

¿Cuál es la mejor propuesta de distribución en planta que permita optimizar la ordenación de los equipos, flujos de materiales y áreas de trabajo en la empresa “Guido tapicería” a un costo óptimo?



#### Justificación:

La creciente importancia de las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes) por la generación de empleo y de ingresos, ha llevado a varios gobiernos y organizaciones internacionales a apoyar su desarrollo y expansión (Ramcharran, 2017).

Según cifras del DANE en 2019, las Mipymes en el país, éstas representan más de 90% del sector productivo nacional y generan el 35% del PIB y el 80% del empleo de toda Colombia. Entre los principales retos que enfrentan actualmente las Mipymes, se destacan: mejorar la productividad, innovar, y ampliar los mercados para ser sostenibles y competitivas, en sus respectivos sectores.

La productividad de las empresas en colombiana se ha mantenido estancada durante las últimas dos décadas. Basados en las estimaciones de The Conference Board, entre 2000 y 2019 el crecimiento promedio anual de la productividad total de los factores (PTF) fue negativo (-0,42). Además, la productividad laboral en Colombia se ha mantenido sin cambios en los últimos años y la brecha frente a otros países se está ampliando.

La productividad laboral colombiana se concentra en pocos sectores. Los sectores más productivos en Colombia, medidos por la productividad laboral, son minería y servicios. En general, la productividad laboral en Colombia es menor que el promedio de la OCDE, Chile y México en todos los sectores, excepto en servicios. A pesar de la importancia de los sectores de agricultura y construcción en Colombia, estos muestran una baja productividad laboral en comparación con otros países.

Colombia muestra bajos niveles de diversificación y una marcada diferencia regional del sector productivo. La estructura productiva del país está fuertemente concentrada en el sector servicios (67 % de PIB), seguido por la industria manufacturera (12 %), agricultura (7 %), construcción (7 %) y minería (6 %) (DANE, 2020). Además, comparada con otras economías, Colombia está clasificada en la posición 56 de 133 en el Índice de Complejidad Económica (ICE) debido a la baja diversificación de sus exportaciones (Harvard's Growth Lab, 2020). En el país, hay un desarrollo productivo heterogéneo. Seis de los 32 departamentos más la capital del país (Cundinamarca, Bogotá, Bolívar, Caldas, Valle del Cauca y Antioquia) tienen el ICE más alto en 2017 y concentraron cerca del 60 % de PIB de Colombia en 2018 (Datlas, 2020).

Los bajos niveles de productividad se explican principalmente por factores que afectan las decisiones y el desempeño de las empresas. Desde la perspectiva de las firmas, los bajos niveles de productividad entre las unidades productivas colombianas se asocian con deficientes instalaciones productivas, locaciones poco estratégicas, bajos niveles de transferencia y adopción de tecnología, innovación, mala gestión de calidad, así como bajo interés por la calidad de los productos en el proceso productivo.

Muchas de las empresas en la ciudad de Santa Marta también enfrentan problemas de productividad y muchos de ellos asociados con la falta de espacio en sus instalaciones. Es así, como nace la necesidad imperiosa en la Tapicería Guido de mejorar el diseños de sus instalaciones para que sean más óptimas y, que permitan generar y contribuir con sus centros de trabajos a la mejora continua y a la productividad empresarial, a raíz de ésta problemática, nace el interés de los autores de la presente investigación de diseñar una propuesta de optimización de las instalaciones productivas de Guido Tapicería con el fin de proponer mejoras en su planta de producción y hacer más productiva la organización. Lo anterior justifica la presente investigación.

Objetivos:

**General:**

- I. Realizar una propuesta de distribución en planta que permita optimizar la ordenación de los equipos, flujos de materiales y áreas de trabajo en la empresa “Guido tapicería” a un costo óptimo.

**Específicos:**

- I. Realizar una evaluación de la planta mediante la herramienta Read a Plant Fast con el propósito de diagnosticar el estado actual del sistema productivo.
- II. Proponer una mejor distribución de planta a través de algoritmo heurístico tipo constructor con el fin de optimizar la ordenación de los equipos, flujo de materiales y áreas de trabajo.
- III. Simular con el software flexSim la nueva propuesta de distribución de planta con el fin de demostrar la factibilidad del sistema propuesto.
- IV. Evaluar con base en la relación costo/beneficio la nueva propuesta de distribución en planta con el objeto de determinar su factibilidad económica.

Marco Referencial:

**Antecedentes:**

Las diversas referencias y trabajos de investigación que pertenecen a la optimización del diseño de la planta en la industria manufacturera se estudiaron durante el trabajo de investigación y se consideraron para la revisión. Algunos de estos son:

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA EN LA EMPRESA ESTEFAN & CIA LTDA.** Daniela Muñoz Estefan, Juan Villamil Sáenz. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomas, (2020). El objetivo de la presente investigación se centró en diseñar una propuesta de distribución en planta para mejorar las condiciones productivas de la empresa, evidenciándose grandes falencias en la producción y un claro desconocimiento de la importancia y de los beneficios que conllevan la planificación de un nuevo orden en la planta. La investigación obedece a un estudio de casos de tipo exploratoria con un enfoque cuantitativo, el diseño de la muestra estuvo enfocado en los procesos de producción y operarios de la planta para un total de 7 empleados. Para poder realizar el diseño de

redistribución se aplicaron distintos métodos como gamas ficticias y Corelap, el software FlexSim afirma que el nuevo diseño de distribución aumenta la productividad en un 66,6% en comparación con el actual, es decir mayor rentabilidad. Se concluye que el proyecto es viable.

**SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DINÁMICO PARA INSTALACIONES DE ÁREAS IGUALES MEDIANTE BUSQUEDA TABÚ Y ALGORITMO GENÉTICO.** Daniel Andrade Peña, Luís Rodríguez Jiménez. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander UIS, (2016). El propósito de la investigación fue desarrollar un algoritmo que diera solución al problema de distribución de planta dinámica mediante búsqueda tabú y algoritmo genético. La metodología de la investigación obedeció a un diseño de experimentos. Los resultados obtenidos con el algoritmo fueron bastante satisfactorios debido a que no solo obtuvieron soluciones cercanas a las encontradas en la literatura, pero también se logra mejorar algunas soluciones presentadas por destacados autores del tema, reflejando eficiencia en el modelo planteado. Se evidenció que gracias a este tipo de herramientas se pueden obtener soluciones sin incurrir en altos costos. Se concluye que existen métodos exactos para encontrar solución óptima para el DFLP siendo estos métodos viables para instancias pequeñas, las metaheurísticas son la mejor decisión.

**REDISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN EN UN EMPRESA DEL SECTOR ELECTRICO INDUSTRIAL EN BARRANQUILLA.** Juan Herrera Vega, Germán Herrera Vidal, Darwin Ramos Franco, Arlin García Cordero, Hugo Hernández Palma, Cesar Alvarino. Fundación Universitaria Tecnológico de Confenalco – Corporación Universitaria Latinoamericana, (2017). La investigación estuvo encaminada a definir la mejor distribución de planta para la línea de ensamble de su producto fusible de rosca, para optimizar los espacios, obtener mejoras en la productividad, reducción del tiempo de ciclo y aumento en la cantidad de productos terminados. La metodología comprendió cuatro fases, una primera fase que corresponde al diagnóstico de la situación actual, la segunda fase el desarrollo de la metodología SLP, la tercera fase la aplicación del algoritmo CRAFT como método de evaluación y la cuarta la simulación del diseño propuesto. Los resultados evidenciaron una disminución en el costo total de transporte equivalente a un 18,6%, obtener mejoras en la productividad, reducción de distancias entre las áreas, reducción del tiempo de ciclo en un 25,7% y aumento en la cantidad de productos terminados en un 0,62%. Se pudo concluir un escenario favorable y confiable para que la empresa lleve a cabo el rediseño de su planta de producción.

**PROPUESTA PARA UN DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA UNA EMPRESA DE ALIMENTOS CÁRNICOS, EVALUADA MEDIANTE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN – FLEXSIM.** Helmer Paz Orozco, Julian Cañar Truque, Luz Adriana Plazas Pemberthy, Héctor Angulo Sinisterra. La investigación tuvo como finalidad optimizar la distribución de las maquinas, recursos humanos, materiales y servicios auxiliares. La investigación consistió en el diagnóstico,

análisis e identificación de oportunidades de mejora en la distribución en planta del proceso de separado de chorizos calibre 26 y en la propuesta de una alternativa de mejoramiento de distribución en planta. La metodología fue evaluada en simulación mediante el software FlexSim. Los resultados proponen un escenario de distribución en planta donde se mejoran considerablemente las distancias recorridas por los operarios y los porcentajes de inactividad de máquinas y trabajadores, proyectando una disminución de cuellos de botella, la optimización de la mano de obra, la reducción del riesgo para la salud y el aumento de la seguridad del recurso humano.

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LAS INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE BIOPINTURAS MEDIANTE TÉCNICAS DE INGENIERÍA.** Jeimy Roa Gámez, Jeimy Rivera Camargo. Universidad de la Salle, Bogotá (2017). El objetivo de la investigación fue proponer un diseño y distribución en planta para la planta de producción de BioPinturas, bajo un enfoque de mejoramiento en los procesos de flujo y transporte de materiales, almacenamiento y formulación de políticas de ordenamiento de puestos de trabajo, con técnicas de ingeniería. La metodología estuvo inspirada en el desarrollo propuesto por Hernández y Woithe (Hernández & Woithe, 1986) en la etapa de distribución en planta, Bartholdi y Hackman (Bartholdi & Hackman, 2014) en el diseño de almacenes, y Hiroyoki Hirano (Hirano, 1990) para la propuesta de acciones de la metodología empleada. Los resultados de la investigación permiten establecer que, aplicando los métodos de evaluación por adyacencia de departamentos y costo por manejo de material, se determinó que es conveniente realizar el diseño y distribución en planta bajo la



propuesta seleccionada. De acuerdo a los cálculos de maquinaria y mano de obra se determinó que no es necesario adquirir recursos adicionales a los que ya tiene la empresa por lo que no se incide en costos adicionales.

#### Marco Teórico

Para Tompkins, White, Bozer, Tanchoco (2011), la distribución de plantas consiste en determinar la mejor disposición de departamentos, máquinas, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento, pasillos y espacios comunes dentro de una instalación productiva.

Según Krajewski, Malhotra, Ritzman (2015), la distribución en planta o layout, es el proceso de ordenamiento de los elementos que conforman el sistema productivo en el espacio físico, de manera que se alcancen los objetivos de producción de la forma más adecuada y eficiente posible.

Por su parte, Domínguez (1995) define a la distribución de planta como el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible.

En cambio, Chase (2009), plantea que las decisiones con respecto a la distribución consisten en determinar dónde se colocarán los departamentos, los grupos de trabajo de los departamentos, las estaciones de trabajo y los puntos donde se guardan las existencias dentro de una instalación productiva.

Del mismo modo, Heizer (2007), plantea que el layout de las operaciones tiene muchas implicaciones estratégicas, ya que establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costos.

El diseño de una instalación, es un arreglo de todo lo necesario para la producción de bienes o la prestación de servicios. Una instalación es una entidad que facilita la realización de cualquier trabajo. Puede ser una máquina, herramienta, un centro de trabajo, una célula de fabricación, un taller de máquinas, un departamento, un almacén, etc. (Heragu, 1997).

Debido a la variedad de consideraciones encontradas en los artículos, los investigadores no se ponen de acuerdo sobre una definición común y exacta de los problemas de diseño. Las formulaciones más encontradas están relacionadas con problemas de diseño estático. Koopmans y Beckmann fueron de los primeros en considerar esta clase de problemas y definieron el problema de diseño de instalaciones como un problema industrial común en el que el objetivo es configurar las instalaciones para minimizar el costo de transporte de materiales entre ellas.

Por su parte Drira y Pierreval (2007), consideraron que el problema del diseño de las instalaciones consiste en encontrar una disposición ortogonal plana no superpuesta de

“n” instalaciones rectangulares dentro de un sitio de planta rectangular dado para minimizar la distancia basada en la medida.

Azadivar y Wang (2000), definieron que el problema de disposición de las instalaciones es la determinación de las ubicaciones relativas para, y asignación del espacio disponible entre un número determinado de instalaciones.

Lee y Lee (2002), informaron que el problema del diseño de las instalaciones consiste en disponer “n” instalaciones de áreas desiguales de diferentes tamaños dentro de un espacio total determinado, que puede limitarse a la longitud o al ancho del área del sitio de manera que se minimice el manejo total de materiales. Costo y costo del área de holgura.

Shayan y Chittilappilly (2004), definieron el problema del diseño de las instalaciones como un problema de optimización que intenta hacer que los diseños sean más eficientes teniendo en cuenta varias interacciones entre las instalaciones y los sistemas de manejo de materiales al diseñar los diseños.

De hecho, los problemas abordados en los trabajos de investigación difieren dependiendo de factores tales como: las características del taller (p. ej., todo, las especificidades de los sistemas de fabricación, las formas de las instalaciones, el sistema de manejo de materiales y la evolución del diseño), cuál es el problema abordado (por ejemplo, formulación del problema, objetivos y restricciones) y los enfoques utilizados para resolverlo (enfoques de resolución). En la literatura se abordan varios tipos de talleres. De hecho, los problemas de diseño abordados dependen en gran medida de las características específicas de los sistemas de fabricación estudiados.

Varios factores y problemas de diseño diferencian claramente la naturaleza de los problemas a abordar, en particular: la variedad y el volumen de producción, el sistema de manejo de materiales elegido, los diferentes posibles flujos permitidos para las piezas, el número de pisos en los que se pueden asignar las máquinas, las formas de las instalaciones y la recolección y lugares de entrega. Por su importancia, estos factores se detallan a continuación:

- Variedad y volumen de productos

El diseño generalmente depende de la variedad de productos y los volúmenes de producción. Según Kevin (2008), se refieren cuatro tipos de organización en artículos existentes, a saber, diseño de producto fijo, diseño de proceso, diseño de producto y diseño celular. Estas organizaciones clave son a veces discutidas de manera diferente según los autores.

En el diseño fijo de productos, los productos generalmente circulan dentro de las instalaciones de producción (máquinas, trabajadores, etc.); en este tipo particular de diseño, el producto no se mueve, son los diferentes recursos que se mueven para realizar las operaciones en el producto. Este tipo de diseño se encuentra comúnmente en industrias que fabrican productos de gran tamaño, como barcos o aviones.

El diseño del proceso agrupa las instalaciones con funciones similares (recursos del mismo tipo). A menudo se informa que esta organización es adecuada cuando hay una amplia variedad de productos. El diseño se utiliza para sistemas con altos volúmenes de producción y poca variedad de productos. Las instalaciones están organizadas de acuerdo con la secuencia de las sucesivas operaciones de fabricación.

En el diseño celular, las máquinas se agrupan en celdas para procesar familias de partes similares. Estas celdas también deben colocarse en el piso de la fábrica. Por lo tanto, a uno también le preocupan generalmente los llamados problemas de diseño de máquinas intraceldas, con la búsqueda de la mejor disposición de máquinas en cada celda.

- Formas y dimensiones de las instalaciones

A menudo se distinguen dos formas de instalaciones diferentes, regulares, es decir, generalmente rectangulares e irregulares, es decir, generalmente polígonos que contienen ángulos.

Una instalación puede tener unas dimensiones dadas, definidas por una longitud fija ( $X_i$ ) y una anchura fija ( $Y_i$ ). En este caso, las instalaciones se denominan bloques fijos o rígidos. Una instalación también se puede definir por su área, su relación de aspecto:  $a_i = X_i/Y_i$ .

- Sistemas de manejo de materiales

Un sistema de manejo de materiales asegura la entrega del material a las ubicaciones apropiadas. El equipo de manejo de materiales puede ser transportadores (cinta, rodillos, ruedas), vehículos de guiado automático (AGV), robots, etc. Tompkins (1996) estimó que del 20 al 50% de los costos de fabricación se deben al manejo de las piezas y luego una buena disposición de los dispositivos de manejo podría reducirlos para 10-30%.

Cuando se trata de un sistema de manejo de materiales, el problema consiste en disponer las instalaciones a lo largo del material. Se consideran dos problemas de diseño dependientes: encontrar el diseño de la instalación y seleccionar el equipo de manejo.

El tipo de dispositivo de manipulación de materiales determina el patrón que se utilizará para el diseño de la máquina y que el diseño de la instalación también repercute en la selección del dispositivo de manipulación. Dada la dificultad de resolver ambos problemas de forma conjunta, se resuelven mayoritariamente secuencialmente. Entre los principales tipos de arreglos de diseño basados en el tipo de manejo de materiales, uno puede distinguir fila única diseño, diseño de filas múltiples, diseño de bucle y diseño de campo abierto (Drira, Pierreval, 2007).

El problema del diseño de una sola fila ocurre cuando las instalaciones tienen que ser colocado a lo largo de una línea. A partir de esta situación básica se pueden considerar varias formas, como la línea recta, semicircular o en forma de U. El problema de diseño de bucle se ocupa de la asignación de  $m$  instalaciones a ubicaciones candidatas  $1. . . m$ , en una red de anillo cerrado, alrededor de la cual se transportan en una dirección. El diseño del bucle incorpora una estación de Carga/Descarga (L/U), es decir, una ubicación desde la cual se parte entra y sale del bucle. Esta estación es única y se supone que está ubicada entre la posición  $m$  y  $1$ . Las filas múltiples el diseño implica varias filas de instalaciones (Hassan, 1994).

- Disposición de varios pisos

Hoy en día, cuando se trata de construir una fábrica en zona urbana, la oferta de suelo es generalmente insuficiente y costosa. La limitación del espacio horizontal

disponible crea la necesidad de utilizar una dimensión vertical del taller. Entonces, puede ser relevante ubicar las instalaciones en varios pisos, de modo que las partes puedan moverse horizontalmente en un piso determinado (dirección de flujo horizontal), pero también de un piso a otro piso ubicado en un nivel diferente (dirección de flujo vertical).

El movimiento vertical de piezas requiere un dispositivo de transporte vertical: ascensor. En tales situaciones, tanto la posición en el piso como los niveles deben determinarse para cada instalación, por lo que los problemas relacionados se denominan problemas de diseño de pisos múltiples y parecen estar entre los primeros en abordar un problema de diseño de pisos múltiples. Se ocupó del problema de definir las ubicaciones relativas de las instalaciones en un edificio de varios pisos.

Más tarde, otros investigadores se centraron en tener en cuenta los movimientos verticales de las piezas de un piso a otro. Los ascensores son a menudo el sistema de manejo de materiales informado. Su número y ubicación son conocidos o se determinarán mediante optimización. El número de plantas puede ser conocido (Lee, 2005) o por determinar, dependiendo de cada superficie y del número y dimensiones de las instalaciones.

- Retroceso

El retroceso y el desvío son dos movimientos particulares que pueden ocurrir en los diseños de líneas de flujo, que afectan el flujo de los productos. El retroceso es el movimiento de una pieza, de una instalación a otra que la precede en la secuencia de instalaciones en la disposición de la línea de flujo.

El número de estos movimientos tiene que ser minimizado. Este problema de Formación de Líneas de Producción (PLFP), que consiste en determinar los pedidos (parciales o totales) de las máquinas para minimizar la suma ponderada de flechas cuya dirección es contraria al flujo global de productos, teniendo en cuenta las restricciones en el rango de máquinas.

El desvío ocurre cuando una parte salta algunas instalaciones durante su movimiento hacia la disposición de la línea de flujo. Se notó que se presentaron varios procedimientos para tratar y minimizar el retroceso, pero no se sugirió ningún procedimiento en la literatura para abordar el desvío.

- Ubicaciones de recogida y entrega

A menudo es necesario determinar la ubicación desde la cual las piezas entran y salen de las instalaciones, denominadas puntos de recogida y entrega (P/D). Aunque potencialmente pueden ubicarse en varios lugares, varios investigadores restringieron su posible posición para reducir la complejidad.

El objetivo puede ser determinar un diseño para cada período en el horizonte de planificación, mientras se minimiza la suma de los costos de manejo de materiales, para todos los períodos, y la suma de los costos de reorganización entre períodos de tiempo. Se deben considerar los costos de reorganización cuando es necesario trasladar las instalaciones de un lugar a otro.



Por su parte, un diseño de planta correctamente diseñado proporciona una sinergia ideal entre las materias primas, los procesos de fabricación, el espacio disponible y la producción. Asegura la utilización eficiente de todo el espacio disponible y flexibilidad de arreglos y operaciones de fabricación, optimizar el movimiento de inventario en toda la planta de fabricación sin contratiempos ni demoras innecesarias, mantener una rotación adecuada de materiales, reducir el tiempo de entrega y el costo del manejo de materiales, y también garantizar la seguridad, comodidad y conveniencia de los trabajadores.

Singh (2012), afirma que un buen diseño de distribución de la planta “facilita el proceso de producción, minimiza el manejo de materiales, el tiempo y el costo, y permite la flexibilidad de las operaciones, facilita el flujo de producción, hace un uso económico del edificio, promueve la utilización eficaz de la mano de obra y prevé la conveniencia, la seguridad, el confort en el trabajo de los empleados, la máxima exposición a la luz y la ventilación naturales”.

Según Strategosinc (2014), el diseño de la planta procede a través de una secuencia lógica de pasos. En cada paso, los diseñadores hacen concesiones entre requisitos conflictivos o limitaciones técnicas, hacerlo bien requiere un conocimiento profundo y profundo de los elementos, sus funciones y sus interacciones. Un diseño de planta bien diseñado ofrece una ventaja competitiva a una empresa de fabricación, ya que tiene la capacidad de operar a bajo costo, reducir el tiempo de entrega, facilitar nuevos productos frecuentes y también garantizar la fabricación de productos de alta calidad.

Dentro de los beneficios de un diseño de planta bien diseñado, están los siguientes: utilización eficiente de la mano de obra, reducción de costos de manejo de

inventario, facilidad de fabricación y mantenimiento, reducción de accidentes y peligros, productividad mejorada, flexibilidad de fabricación, así como la utilización efectiva de personal, máquinas, materiales y equipamiento.

Algunos de los objetivos al realizar un diseño de la planta son: lograr una cantidad mínima de manejo de materiales, reducir los cuellos de botella, minimizar la interferencia de la máquina y también mejorar la flexibilidad, el rendimiento, la seguridad y la moral de los empleados.

Niebel (2009) afirma que el objetivo principal de la distribución eficaz de una planta consiste en desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número deseado de productos con la calidad que se requiere ya bajo costo.

Muther (1977) propuso que la distribución de planta se enfoca a unos objetivos específicos que son la base de los principios de la distribución, estos objetivos son: disminución del riesgo para la salud y elevación de la seguridad de los trabajadores, aumento de la moral y satisfacción del obrero, incremento de la producción, disminución de los retrasos en la producción, ahorro de área ocupada (áreas de producción, de almacenamiento y de servicio), reducción del material en proceso, acortamiento del tiempo de fabricación, reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general, logro de una supervisión más fácil y mejor, disminución de la congestión y confusión.

Para lograr una eficacia óptima del diseño al diseñar una planta, es necesario considerar seriamente muchos factores de operación. Este principio incluye lo siguiente:

- Espacio para futuros ajustes y expansiones:

Al principio, los diseños de la planta deben diseñarse para cambiarse o expandirse fácilmente de acuerdo con las necesidades cambiantes de la fabricación. Esto asegurará que se logre flexibilidad en la instalación para reducir el tiempo de configuración requerido en la fabricación de diferentes productos y también lograr el rendimiento requerido.

- Máxima flexibilidad:

Un buen diseño de la planta debe modificarse fácilmente para cumplir con las demandas en constante cambio del cliente y el mercado.

- Rendimiento:

Los diseños de la planta deben diseñarse para ayudar a la empresa a alcanzar su producción en el menor tiempo posible, con el fin de asegurar la repetición del patrocinio y la satisfacción del cliente.

- Utilización eficiente del espacio:

Esto implica la provisión de suficiente espacio alrededor de las máquinas y los carriles de tránsito, así como garantizar que haya espacios adecuados disponibles para los puntos de almacenamiento dentro de la instalación.

- Facilidad de comunicación:

Los diseños de la planta deben diseñarse para mejorar la comunicación y facilitar el flujo de información entre los distintos departamentos/unidades, así como entre los clientes.

- Valor promocional:

Un diseño bien diseñado mejora la imagen y la reputación de una empresa, por lo que sirve como un buen factor promocional.

- Seguridad:

Dado que no se debe enfatizar demasiado la importancia de la seguridad en todos los esfuerzos humanos, se debe diseñar un buen diseño de planta para que funcione de manera eficiente y garantizar que los accidentes y sus causas se reduzcan al mínimo.

- Máxima accesibilidad:

Las secciones de reparación y mantenimiento deben ser fácilmente accesibles. Esto implica que los equipos y máquinas no deben colocarse contra las paredes para garantizar que las operaciones de mantenimiento y servicio se realicen fácilmente.

Las fábricas modernas están diseñadas para tener diseños de planta avanzados y sofisticados. Los tres tipos básicos de diseños mediante los cuales se organizan las secciones de producción en una planta, que se definen por el tipo de flujo de trabajo, son: el diseño del proceso, el diseño del producto y el diseño de posición fija. El cuarto tipo de diseño de planta que ha ganado una amplia aceptación y que a menudo se considera un diseño híbrido se denomina diseño celular. Sin embargo, algunas empresas de fabricación tienen una combinación de más de un tipo de diseños.

- Diseño por proceso

También conocido como diseño funcional, los diseños de procesos son muy adecuados para aplicaciones en las que los productos que se obtienen de las materias primas y el trabajo en curso implican grandes variaciones durante el procesamiento de las operaciones individuales.

El diseño que está diseñado para generar el procesamiento de actividades que necesitan muchas adiciones de valor se adopta ampliamente, si el sistema de operación requiere una gran cantidad de productos en pequeños volúmenes.

Es muy útil en situaciones donde el proceso de producción se estructura en lotes ya que los diferentes productos se organizan para pasar de un área a otra, en base a la sucesión de operaciones previamente establecida.

Small Business (2013), explicó que el diseño por proceso “agrupa los centros de trabajo de acuerdo con las actividades que se realizan, independientemente de los productos en los que esté trabajando cada centro de trabajo”. Aquí las máquinas y trabajadores necesarios para realizar una función similar se agrupan en el mismo lugar, además la distancia entre secciones debe ser muy cercana para reducir el desperdicio de movimientos y manejo de materiales. El taller de máquinas es un buen ejemplo de un diseño por proceso, ya que tiene diferentes departamentos para las operaciones que realiza.

Las características del diseño por proceso incluyen rapidez en el proceso, tiempo de entrega según producción establecida, alta tasa de inventario de trabajo en curso, flexibilidad del equipo de manejo de materiales, requisito de trabajadores altamente calificados, supervisión técnica y equipo de propósito general.

Para diseñar un diseño por proceso funcional se requiere lo siguiente: la necesidad de la cercanía de los centros de trabajo o secciones, el área requerida para las diferentes secciones, las limitaciones de las secciones, así como la dirección del flujo entre las secciones.

El diseño por proceso es principalmente adecuado para procesos de producción donde: el equipo y las máquinas son muy costosos, los productos no están estandarizados, los productos se producen en lotes, se requieren volúmenes de producción más bajos y también alteraciones frecuentes del estilo y diseño del producto.

- Diseño por producto

También conocidos como diseños de línea de producción, los diseños de productos que tienen un ciclo de fabricación pequeño con un manejo reducido de materiales es un tipo de diseño de planta donde las máquinas, los equipos y los trabajadores se organizan en una línea según la progresión de la operación necesaria para un producto. Aquí se agrupan máquinas y equipos, lo que permite que los inventarios fluyan sucesivamente de una manera clara y fácil de controlar de una máquina a otra a medida que se les agregan valores.

Un buen ejemplo de distribución por productos es la línea de ensamblaje de vehículos, que implica el movimiento de casi todos los tipos de modelos similares en las mismas secuencias de operación. Las decisiones que se deben tomar antes de diseñar el diseño de un producto incluyen la cantidad del tiempo de ciclo requerido, el número y la

disposición de los diversos procesos de fabricación, cómo abordar las variaciones de tiempo para los diferentes procesos y la necesidad de equilibrar efectivamente el diseño.

Los diseños de productos se emplean para lograr un flujo constante y sin fallas de una gran cantidad de materias primas o trabajo en curso a través de la planta; logra una mayor utilización del volumen de equipo y mano de obra. Aquí se logra un flujo continuo a medida que se forma todo el proceso de producción para reducir los problemas asociados con cuellos de botella desagradables.

Transtutors (2015), enumeró los siguientes como algunos de los beneficios del diseño por producto: “menos inventario de trabajo en proceso (WIP) ya que el flujo de material es continuo a lo largo de una línea, en comparación con el diseño por proceso, requiere menos espacio para el mismo volumen de la producción, el manejo de materiales por cinta transportadora o la automatización en el manejo de materiales es rentable ya que el flujo de material es bien conocido”.

El flujo continuo de inventario que implica una pequeña cantidad de trabajo en curso, equipos fijos para el manejo de materiales, cambios costosos y demorados, poca o ninguna inspección directa, requisitos de máquinas y equipos de uso general y reducción del tiempo de entrega son algunas de las características del tipo de diseño por producto. Se recomienda para procesos de producción repetitivos y simples, productos con exigencias muy altas y producción en masa de productos.

- Diseño por posición fija

El diseño de posición fija no es aplicable para proyectos o productos pequeños, ya que es el tipo de diseño de planta donde las máquinas, el equipo y la mano de obra se

transportan al sitio del producto principal que se va a producir. Se utiliza en la construcción de proyectos voluminosos o frágiles como puentes, cohetes espaciales, barcos, aeronaves, represas, pasos elevados, construcción de carreteras y edificios.

- Diseño de planta celular

El diseño de planta celular se puede definir como un tipo de diseño en el que las máquinas y los equipos se organizan correctamente para mejorar el movimiento constante e ininterrumpido de materiales y herramientas, a través del proceso de producción sin paradas ni pérdida de tiempo.

Levinson y Rerick (2002) observaron que “solo relacionando cada máquina con las demás de tal manera que la producción siga en línea recta sin confusión, se puede lograr la operación más económica”. El diseño de planta celular no permite una fácil acumulación de inventario ya que los materiales se procesan inmediatamente uno tras otro.

La importancia de la aplicación del diseño celular es que hace que el diseño electrónico sea menos complicado, lo que permite equipos de transporte económicos como los transportadores, a diferencia del diseño funcional que requiere montacargas y una automatización muy costosa.

El principal beneficio del diseño celular es que ayuda a las organizaciones a reducir los costos generales, ya que un trabajador individual puede monitorear y administrar una serie de máquinas y equipos en un canal de producción. También fomenta la fabricación flexible y reduce el desperdicio de espacio en el taller.

### **Marco Conceptual**



- Centro de trabajo: Cualquier entidad que ocupa espacio; por ejemplo, una persona, un área, una máquina, una estación de trabajo, un departamento, un pasillo.
- Célula de trabajo: Célula formada al menos por una persona en la que un trabajador opera varias máquinas diferentes al mismo tiempo para producir un flujo en línea.
- Diseño de planta: Proceso de ordenación física de los elementos industriales de para que constituyan un sistema.
- Distribución de posición fija: Sistema que aborda los requerimientos de distribución para proyectos estacionarios.
- Distribución por proceso: Distribución que trata con la producción de bajo volumen y alta variedad, donde se agrupan máquinas y equipos similares.
- Flexibilidad de la distribución: La propiedad de una instalación de seguir siendo atractiva después de ser sometida a cambios significativos o de poder adaptarla con facilidad y a precio económico en respuesta a los cambios.
- Heurística: Resolución de problemas usando procedimientos y reglas en vez de optimización matemática.
- Layout: Es la manera en que están distribuidos los elementos y las formas dentro de un diseño.
- Lotes de trabajo: Grupos o lotes de partes que se procesan juntos.
- Matriz de cercanía: Tabla que da una medida de la importancia relativa de cada par de centros que se localizan cerca uno de otro.

- Planificación de la distribución: Planificación que incluye decisiones sobre la disposición física de los centros de actividad económica que necesitan los diferentes procesos de una instalación.
- Plano de bloques: Plano en el que se asigna espacio y se indica la posición de cada departamento.
- Programa de distribución física (ALDEP): Paquete de software para computadora con el que se puede construir una buena distribución física desde el principio, agregando un departamento a la vez.
- Técnica de asignación relativa de recurso (CRAFT): Método heurístico que comienza con la matriz de cercanía y una distribución inicial de bloques, y hace una serie de intercambios de pares de departamentos para encontrar un mejor plano de bloques.
- Tecnología de grupo: Opción para lograr distribuciones de flujo en línea con procesos de bajo volumen.
- Systematic Layout Planning (SLP): herramienta utilizada para organizar un lugar de trabajo en una planta mediante la ubicación de áreas y cercanías entre sí.

### Marco Geográfico

El Distrito de Santa Marta se ubica en el Departamento de Magdalena, a una altura de 2 metros sobre el nivel del mar y al mismo tiempo, en un terreno predominantemente montañoso correspondiente a la Sierra Nevada de Santa Marta, con

elevaciones que alcanzan los 5.700 metros sobre el nivel del mar. Fue fundada por Rodrigo de Bastidas el 29 de julio de 1525.

Su cabecera se localiza a los 11° 5´ de latitud Norte y 74 ° 13´ de longitud al Oeste del Meridiano de Greenwich a una altura de 6 metros sobre el nivel del mar, ciudad del norte de Colombia, capital del Departamento de Magdalena.

Santa Marta, Distrito turístico cultural e histórico, tiene una extensión territorial de 239.335 ha, para un total de 2,393.35 Km<sup>2</sup>, el área urbana: 55.10 Km<sup>2</sup> y la rural: 2,338.25 Km<sup>2</sup>.

Santa Marta se encuentra dividido en 3 localidades, la No. 1 Tayrona San Pedro Alejandrino, compuesta por las comunas 1, 6 y 9, los Corregimiento de Bonda y Guachaca, la Localidad No. 2 Histórica Rodrigo de Bastidas, compuesta por las comunas 2, 3, 4, y 5, el Corregimiento de Taganga y las zonas de parque y la Localidad No. 3 Turística – Perla del Caribe, compuesta por las comunas 7 y 8 y el Corregimiento de Minca.

Santa Marta en 2021 contó con una población de 546.979 habitantes, de los cuales el 89,86% reside en la zona urbana y el 10,14% habitan en la zona rural. El grado de urbanización del distrito de Santa Marta es de 89,86%, con un promedio de 5 personas por hogares según Sisben.

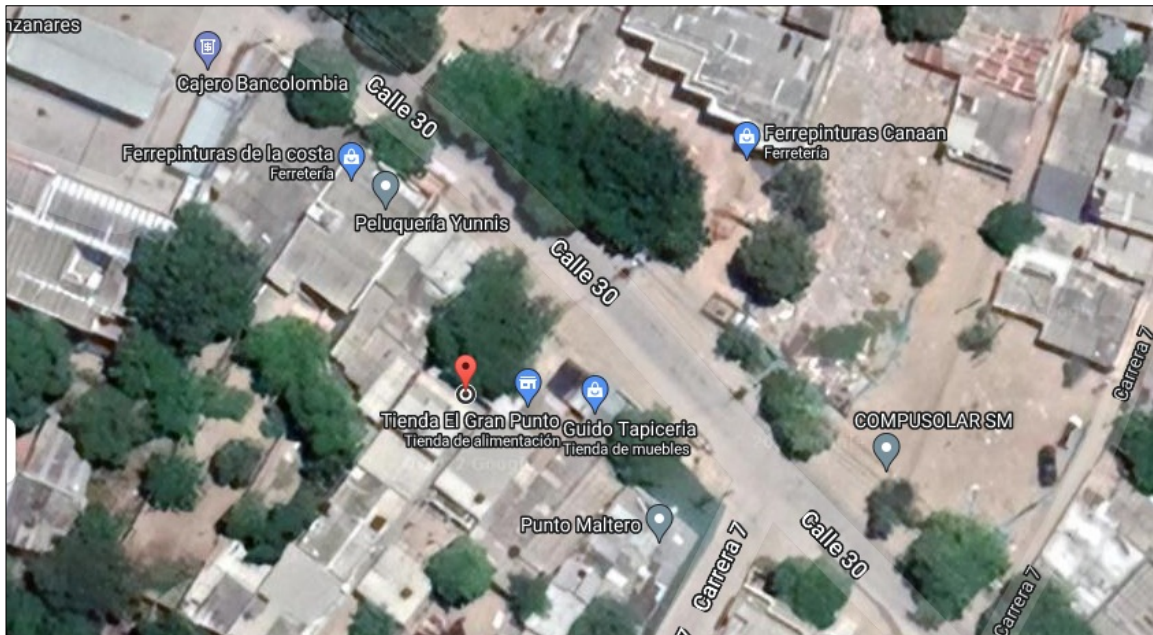
Según el DANE, el valor agregado municipal nace en el marco de la Ley 1551 de 2012 y es un indicador que determina el grado de importancia económica municipal. Este se construye, para el 2019, a precios corrientes base 2015 para el total y desagregado por

las tres grandes actividades económicas (primarias, secundarias y terciarias).El valor agregado del municipio de Santa Marta es del 45,6%, como peso relativo.

La variación del año corrido del IPC 2021 a nivel nacional muestra una inflación anual de 5,62% dato que resulta superior al presentado en el año 2020 (1,6%) recuperándose de las sendas de la deflación. Este comportamiento es reflejo de la apertura económica y la disminución paulatina del desempleo. En cuanto al resultado obtenido en el municipio de Santa Marta, la variación anual se ubicó en 8,99% para el presente año, el cual es notablemente superior a la tasa observada a nivel nacional y superior a la inflación del año 2020 la cual fue de 2,11pps.

Por su parte, la unidad productiva objeto de estudio de la presente investigación, Guido Tapicería, se encuentra ubicada en el municipio de Santa marta, con domicilio en la Calle 30 # 5-110 y su actividad económica está relacionada con la tapicería de muebles nuevos y usados, reparación de mobiliarios en madera.

**Figura 1. Ubicación satelital Guido Tapicería a partir de Google Maps**



Marco Académico

### **Relación con las líneas de investigación de la Facultad**

Esta investigación tiene relación en la línea de gestión de la productividad y competitividad, ya que está enfocada a la organización de las instalaciones internas de una empresa de manufactura, en la cual se busca un mayor impulso dentro del mercado local y nacional.

### **Relación con la misión del programa de Ingeniería Industrial**

La relación que existe es directa en la formación general de la ingeniería industrial y propende por buscar contribuir en los espacios socioeconómicos del país, con capacidades científicas, interdisciplinarias y creativas, unidad a sus criterios éticos y responsables consolidados en el desarrollo de recursos humanos, técnicos y tecnológicos,

a través de habilidades y destrezas profesionales e investigativas, adquiridas en la formación sólida que brinda la facultad de ingeniería industrial.

### **Relación con la visión del programa de Ingeniería Industrial**

De acuerdo a la visión en la facultad de ingeniería industrial de la Universidad Antonio Nariño, la presente investigación busca generar un aporte nacional gracias a su desarrollo académico, e investigativo, la cual está definida gracias a la formación profesionalmente ética, crítica y competente recibida dentro de las instalaciones de la facultad, todo esto para asimilar los problemas que se encuentren en el entorno, así mismo posicionarnos dentro del medio empresarial e intelectual, gracias a nuestra calidad como estudiantes de ingeniería industrial, adquiridos y fortalecidos significativamente para el desarrollo industrial, económico y social en el país.

### **Relación con los Objetivos del programa de Ingeniería Industrial**

Nuestro deber es para contribuir directamente a mejorar en entorno productivo que nos rodea y la calidad de vida de la sociedad que nos rodea, por medio de la investigación, y la creación de estrategias de optimización en los sistemas productivos y operacionales adaptados a la competitividad y la rentabilidad en el entorno profesional, emitido con eficacia y eficiencia en cada uno de nuestros campos de profundización de sana convivencia con el medio ambiente.

### **Asignaturas del programa aplicadas en el trabajo de grado**

50453022 - Dibujo por computador: Aplicada para la elaboración de los planos de la empresa en formato digital.

17434101 - Probabilidad y estadística: Evaluar el tiempo de una o más acciones, y de esta forma realizar un análisis óptico acorde a la investigación de campo.

50413309 - Contabilidad administrativa: Administrar la información recogida destinada para el uso de la empresa.

50413306 - Estadística aplicada: Realizar el cálculo de probabilidades de un conjunto de datos suministrado de la empresa, y así determinar los métodos más factibles en manejo de producción, mantenimiento, gastos, etc.

50413414 - Organización y método: Analizar los problemas estructurales, y los procedimientos de la empresa.

50413421 - Procesos industriales: Identificar cada uno de los procesos de forma individual, los cuales ayudan en el desarrollo diario de acciones dentro de la empresa.

50412439 - Administración industrial: Estudiar los aspectos específicos dentro del entorno logístico de la empresa, en términos de compra, y venta.

50412436 - Control de inventarios: Administrar las mercancías obtenidas en la empresa.

50413310 - Costos de Producción: Administrar el destino económico de la empresa.

50412423 - Diseño de planta: Hallar una ordenación de áreas de trabajo, distribución de máquinas, y de personal, para poder hacer más eficiente los costos, y al mismo tiempo que sea la más eficaz dentro de la organización.

50413429 - Investigación de operaciones I: Crear métodos avanzados, para obtener una mejor toma de decisiones, en todas las áreas tanto internas, como externas de la empresa.

50413433 - Producción I: Aportar mecanismo de suministración de bienes y servicios dentro de la empresa, que ayuden a mejorar las distintas actividades de la empresa entorno a la producción.

50413437 - Control de calidad: Es la función principal para los mecanismos, acciones, y herramientas que hacen presencia en la empresa, y evitar errores a largo, y corto plazo.

50413311 - Finanzas: Para la obtención de capital para las inversiones de bienes económicos y productivos en la empresa.

50413307 - Gestión ambiental: Transporte y buen manejo de los manejos de materiales peligrosos, y/o desechos, generados por la empresa, para no hacer daño al medio ambiente.

50413430 - Investigación de operaciones II: Manejar con exactitud la toma de decisiones, para la maximización, y la minimización de costos dentro de la empresa.

50413434 - Producción II: El objetivo general es la planeación para equilibrar los requerimientos y los recursos de la producción.

50413431 - Modelos matemáticos: Generar un recurso analítico de la empresa, realizado a través de ecuaciones, funciones, o fórmulas matemáticas, entre distintas variables generadas en la empresa.



50413305 - Gestión logística: Administrar un buen uso en las cadenas de suministros que se manejan dentro de la empresa.

### **Competencias que se demuestran en el desarrollo del trabajo de grado**

Las competencias que se demuestran en la investigación, son competencias técnicas relacionadas con el diseño de sistemas productivos y estudio del trabajo. Competencias investigativas relacionadas con el propósito fundamental de seguir un método sistemático para realizar este proyecto.

Diseño Metodológico

### **Tipo y Enfoques de Investigación**

Según el nivel de la investigación, que se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (Arias, 2006, p. 23), la presente investigación es de tipo descriptiva, ya que su objetivo central es obtener un panorama más preciso de las características, propiedades y magnitud del problema o situación específica o cualquier fenómeno que se someta a un análisis, con el fin de establecer su comportamiento (Arias, 2006; Hernández Sampieri et al, 2014).

Según el diseño de la investigación, es el plan, la estructura, la estrategia general, de carácter flexible, que orienta y guía al investigar para responder al problema planteado (Arias, 2006; Ñaupas Paitán et al., 2014), la presente investigación es de campo o diseño de campo, la cual consiste en tomar los datos directamente de los sujetos investigados o

la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios) sin manipular o controlar las variables de estudio (Arias, 2006; Martins; Palella, 2012).

Según el propósito, la presente investigación es aplicada, también conocida como dinámica o activa (Gallardo, 2017), práctica o empírica (Murillo, 2008) y se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en la investigación (Murillo, 2008).

El enfoque acorde para este tipo de investigación, es el cuantitativo, su finalidad es explicar, predecir, verificar y controlar los fenómenos (González-Morales, 2003; Sánchez-Santamaría, 2013). Para Hernández Sampieri y colegas (2014, p. 4), “usa la recolección de datos para probar conjeturas, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento.

#### **Variables de Medición:**

- **Variable Independiente:** Diseño de planta.
- **Variables Dependientes:** Metodología de revisión rápida de la plata, Metodología SLP, Algoritmo Constructor, Simulación de layout.

#### **Recolección y Análisis de Datos:**

La recolección de datos se llevará a cabo siguiendo un plan preestablecido en donde se especifican los objetivos para tal fin. La recolección de datos se realizará a través de varios instrumentos tales como: Instrumento de la herramienta de revisión rápida (RPA), cursograma analítico, diagramas de operaciones y diagramas de recorrido.

También se utilizará la observación directa en el área de trabajo para identificar y describir la problemática específica objeto de estudio. La interacción con los trabajadores del área de producción y el gerente de la empresa Guido Tapicería.

Los datos serán recogidos en una vez en tiempo siguiendo la metodología de los diseños de investigación de campo de corte transversal.

Los datos serán analizados utilizando herramientas tecnológicas como el Excel.

### **Unidad de Estudio o Muestra:**

La muestra está comprendida por una parte de la población, es decir, de la empresa, en este caso en concreto, la muestra está definida por el personal o trabajadores del área de producción de Guido tapicería, que corresponde a cinco (5) trabajadores en el área operaciones.

### **Hipótesis:**

La mejor propuesta de distribución de las instalaciones de la planta permitirá optimizar la ordenación de los equipos, el flujo de materiales y las áreas de trabajo en la empresa Guido tapicería a un costo óptimo.

### **Fases y Actividades Metodológicas:**

Fase 1, Evaluación y Diagnóstico:

- Aplicación de la herramienta Read a Plant Fast (RPD)

Fase 2, Elaboración de propuesta de mejora:

- Metodología SLP:
  - análisis de productos y cantidades,

- relaciones entre las áreas funcionales,
  - diagrama relacional de áreas funcionales,
  - definición de espacios disponibles,
  - diagrama relacional de superficies,
  - alternativas de diseño.
- Aplicación de algoritmo constructor (ALDEP o CORELAB))

Fase 3, Simulación de la propuesta de mejora:

- Aplicación de software de simulación en diseño de planta para evaluar la propuesta de mejora.

Fase 4, Determinación de la Viabilidad:

- Establecer relación costo beneficio a partir de la inversión y mejora.
  - Presupuesto
  - Relación costo beneficio.

**1. Realizar una evaluación de la planta mediante la herramienta Read a Plant Fast con el propósito de diagnosticar el estado actual del sistema productivo.**

**Tabla 1. Cuestionario de la RPA contiene 20 preguntas de tipo dicotómicas (si/no) para determinar si la planta utiliza las mejores prácticas en esta categoría**

El número total de síes en esta pregunta es un indicador de la delgadez de las plantas: cuantos más síes, más magra es la planta. Cada pregunta debe responderse afirmativamente solo si la planta, obviamente, se adhiere al principio implícito en la pregunta. en caso de duda, responda no

	YES	NO
1- ¿Se muestran las calificaciones de la satisfacción del cliente y la calidad del producto?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
2- ¿Se da la bienvenida a los visitantes y se les brinda información sobre el diseño de la planta, la fuerza laboral, los clientes y el producto?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3- ¿La instalación es segura, limpia, ordenada y bien iluminada? ¿La calidad del aire es buena y los niveles de ruido son bajos?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4- ¿Un sistema de etiquetado visual identifica y ubica las herramientas, los procesos y el flujo del inventario?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5- ¿Todo tiene su propio lugar, y todo está almacenado en su lugar?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
6- ¿son objetivos operativos actualizados y medidas de rendimiento para esos objetivos publicados de manera destacada?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

7- ¿son materiales de producción llevados y almacenados al lado de la línea en lugar de en áreas separadas de almacenamiento de inventario?

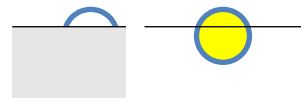
---



---

8- ¿son las instrucciones de trabajo y las especificaciones de calidad del producto visibles en todas las áreas de trabajo?

---



---

9- ¿son gráficos actualizados sobre productividad, calidad, seguridad y resolución de problemas visibles para todos los equipos?

---



---

10- ¿Se puede ver el estado actual de la operación desde una sala de control central, en un tablero de estado, en una pantalla de computadora?

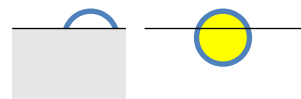
---



---

11- ¿son líneas de producción programadas en un solo proceso de ritmo, con niveles de inventario apropiados en cada etapa?

---



---

12- ¿Se mueve el material una sola vez a la distancia más corta posible? ¿El material se mueve de manera eficiente en la etapa apropiada?

---



---

13- ¿La planta está dispuesta en flujos de línea de productos continuos más que en las tiendas?

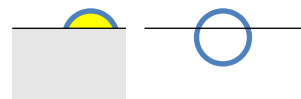
---



---

14- ¿son equipos de trabajo capacitados, empoderados e involucrados en la resolución de problemas y mejoras continuas?

---



---

15- ¿Los empleados parecen comprometidos con la mejora continua?

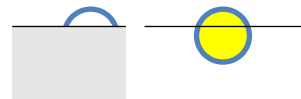
---



---

16- ¿es un calendario publicado para el mantenimiento preventivo de equipos y la mejora continua de herramientas y procesos?

---



---

17- ¿Existe un proceso efectivo de gestión de proyectos, con metas de costo y tiempo, para la puesta en marcha de nuevos productos?

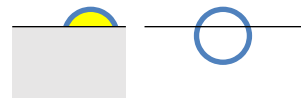
---



---

18- ¿es el proceso de certificaciones de proveedores, con medidas de calidad, entrega y desempeño de costos, visualización?

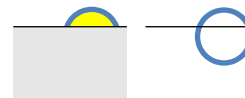
---



19- ¿se han identificado las características clave del producto y se utilizan métodos a prueba de fallas para prevenir la propagación de defectos?



20- ¿Compraría los productos que produce esta operación?



TOTA número de SI

5

La hoja de calificación de la RPA presenta 11 categorías para evaluar la delgadez de una planta.

## Tabla 2. Hoja de evaluación

### RPA Hoja de evaluación

Miembros del equipo la hoja de calificación RPA para evaluar una planta en 11 categorías en una escala de "pobre" (1) a "excelente" (9) a "mejor en su clase" (11). el puntaje total para todas las categorías estará entre 11 (pobre en todas las categorías) y 121 (el mejor del mundo en todas las categorías). En este artículo se describe un puntaje promedio de 55 factores a considerar para calificar una planta en cada categoría.; una lista más detallada de factores evaluativos aparece en la web en xxxxxx y se relacionan específicamente con cada categoría. Cuando las plataformas se califican cada año, las calificaciones de la mayoría tienden a mejorar. Las calificaciones generalmente se comparten con las plantas, y los gerentes motivados primero mejoran sus plantas en las categorías que reciben las calificaciones más bajas.

<i>Categorías</i>	Pregunta relacionada en el cuestionario RPA	pobre (1)	por debajo del promedio (3)	promedio (5)	por encima del promedio (7)	excelente (9)	mejor en la clase (11)	puntuación de la categoría
<b>1</b> Satisfacción del cliente	1,2,20							7
<b>2</b> Seguridad, medio ambiente, limpieza y orden	3-5,20							1
<b>3</b> Sistema de gestión visual	2,4,6-10,20							1
<b>4</b> Sistema de clasificación	11,2							1
<b>5</b> Uso del espacio, movimiento de materiales y flujo de la línea de productos	7,12,13,20							1
<b>6</b> Niveles de inventario y trabajo en proceso	7,11,20							1
<b>7</b> Trabajo en equipo y motivación	6,9,14,15,20							5
<b>8</b> Condiciones y mantenimiento de equipos y herramientas	16,2							1
<b>9</b> Gestión de la complejidad y la variabilidad	8,17,20							3
<b>10</b> Integración de la cadena de suministro	18,2							3



**11**  
Compromiso con la calidad

15,17,19,20							5

Puntaje total de las 11 categorías \_\_\_\_\_ **29**  
(máximo=121)

## Resultado

Con el resultado de nuestra herramienta aplicada, podemos concluir que la planta está fallando, en la seguridad de los trabajadores ya que no cuentan con los EPP necesarios para cumplir su labor, la limpieza y el orden de la planta no es la adecuada, no están bien distribuidos para ser mejor uso de sus espacios, el flujo de sus materiales no es óptimo. con todas estas fallas identificadas podemos decir que nuestra propuesta es necesaria para la

**Proponer una mejor distribución de planta a través de algoritmo heurístico tipo constructor con el fin de optimizar la ordenación de los equipos, flujo de materiales y áreas de trabajo.**

### Método CRAFT

#### Paso 1: Desarrollar una distribución inicial y estimar el costo actual

Iniciando el desarrollo del método CRAFT, comenzamos apoyándonos en un plano realizado con la ayuda de AutoCAD, cómo se ve en la figura # 1. A partir de esto,

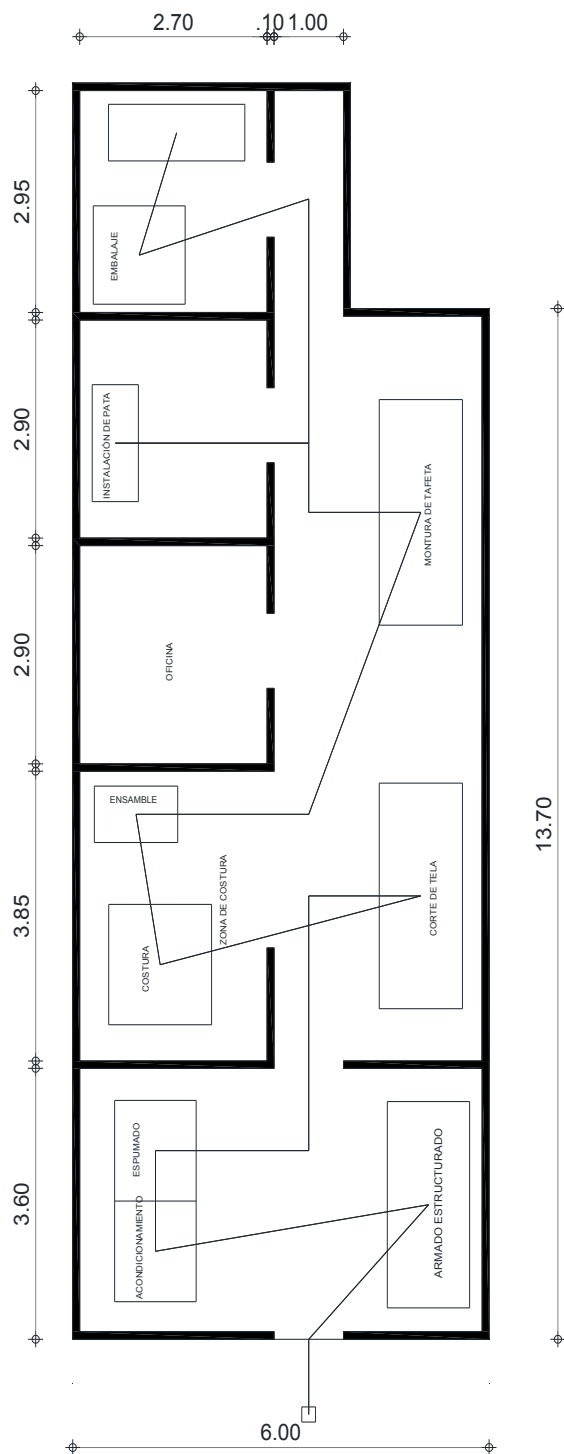
se puede comprender el sistema de distribución al ver dónde se ubican las diferentes zonas y cómo se interconectan. Una tabla #1 enumera las ocho zonas que componen el plan de distribución del método CRAFT.

Para determinar qué distribución es la opción más rentable se desarrolla una estimación de costos, primero es necesario calcular la carga sobre la distribución inicial. El índice de costo, flujo y distribución en cada paso del método CRAFT se usan juntos para determinar el costo total final para cada paso.

**Tabla 3. Clasificación.**

<b>SIMBOLO</b>	<b>ZONA</b>
A	INICIO
B	ARMADO ESTRUCTURA
C	ACONDICIONAMIENTO
D	ESPUMADO
E	CORTE DE TELA
F	COSTURA
G	EMSAMBLE
H	MONTURA DE TAFETA
I	INSTALACION DE PATA
J	EMBALAJE
K	ALMACENAMIENTO

**Figura 2. Distribución inicial.**



En la figura 2 Vemos el plano realizado de la empresa guido tapicería, en dónde nos indica el flujo de actividades y su distribución actual dentro de más actividades que se realizan dentro de la empresa.

Indicamos con sus respectivos nombres el área de cada zona en el que se desarrolla el proceso de producción, y por lo tanto con líneas rectas la distribución de su distancia entre estas oficinas de trabajo.

**Tabla 4. Distribución inicial.**

<b>COSTO</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>FLUJOS</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>DISTRIBUCIÓN</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>

<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	6,9	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8,6	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,7
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>COSTO TOTAL</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,33	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	6,9	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8,6	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,7
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
44,4											

Después de calcular los costos y las distribuciones en todos los ámbitos, nos dimos cuenta de que la distribución actual tiene un costo total de 44,4. véase en la tabla #

1.1

### **Paso 2: Iteración de alternativas.**

Conociendo el valor de costo total de la distribución actual, se realizaron 9 iteraciones compuestas utilizando los diagnósticos desarrollados en el primer objetivo específico, las cuales mostraron que la detección de variables ambientales y materiales no era aceptable.



<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>DISTRIBUCIÓN</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	6,9	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,0	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,9	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	7,8
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>COSTO TOTAL</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	6,9	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,0	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,9	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	7,8
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
43,3											

Las zonas que se le hizo un cambio fueron la zona J, colocándola más cerca de la zona I

**Tabla 7. Alternativa 2**

<b>COSTO</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>FLUJOS</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>DISTRIBUCIÓN</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-







<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
43,8												

Las zonas que se le hizo un cambio fueron la zona I, J y K, y cambiando de lugar la oficina.

**Tabla 9. Alternativa 5**

<b>COSTO</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>FLUJOS</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>DISTRIBUCIÓN</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>

<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	6,9	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	4,8	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	7,8	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	4,0
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>COSTO TOTAL</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	6,9	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	4,8	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	7,8	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	4,0
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
45,2											

Las zonas que se le hizo un cambio fueron la zona H, I, J y K, cambiando de lugar la oficina.

**Tabla 10. Alternativa 6**

<b>COSTO</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-

<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>FLUJOS</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>DISTRIBUCIÓN</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	5,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	2,6	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8,6	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,7
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>COSTO TOTAL</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-

<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	5,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	2,6	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8,6	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,7
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
43,1											

La zona que se le hizo un cambio fue la zona G

**Tabla 11. Alternativa 7**

<b>COSTO</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>FLUJOS</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-







<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	6,7	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	6,9	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8,6	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,7
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
44,5											

Las zonas que se le hizo un cambio fueron la zona B, C y D.

**Tabla 13. Alternativa 9**

<b>COSTO</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>FLUJOS</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-

<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>DISTRIBUCIÓN</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,4	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	4,0	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,2	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	7,4	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8,6	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,7
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>COSTO TOTAL</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,4	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	4,0	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,2	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	7,4	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8,6	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,7
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
45,3											

Las zonas que se le hizo un cambio fueron la zona F y G

En la nueva alternativa, ver la figura 3, se hace evidente el traslado de diferentes zonas, las cuales hacen visible una reducción en el flujo, y en la distribución original, en la cual se hace uso del área de oficina en la cual se desarrollaba el área administrativa de

la empresa, de esta manera generando más fluidez y ahorrando mucho más tiempo en las operaciones de producción.

Las zonas a las que se les aplicó un cambio de manera necesaria son la I, y la J en una misma área de la empresa, las cuales se trasladan hacia la de oficinas, y está se convierte en una habitación de producción activa, con esta remodelación la zona K, se establece en la habitación en la cual originalmente se encontraba el área I de operaciones dentro de la empresa, haciendo de la última habitación la nueva oficina, aprovechando el acercamiento de estas zonas I, J y K, con relación a la zona H, y dándonos resultados favorables y evidentes, que nos muestran una disminución positiva en el costo total de la iteración.

**Figura 3. Mejor alternativa.**

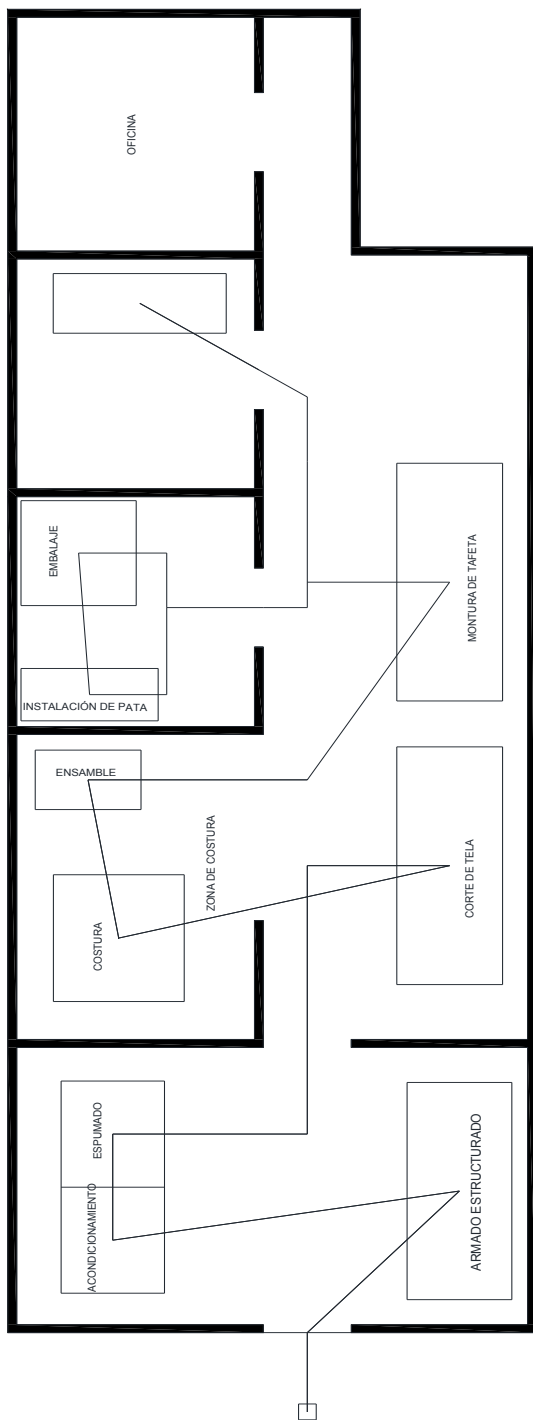


Tabla 14. Mejor alternativa.

<b>COSTO</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>FLUJOS</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>DISTRIBUCIÓN</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>B</b>	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>C</b>	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
<b>D</b>	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
<b>E</b>	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
<b>F</b>	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
<b>G</b>	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-	-
<b>H</b>	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
<b>I</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,8	-
<b>J</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	7,8
<b>K</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>COSTO TOTAL</b>											

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	0	1,3	-	-	-	-	-	-	-
D	-	-	-	0	7,0	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	0	3,9	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	0	2,0	-	-	-	-
G	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-	-	0	5,5	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,8	-
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	7,8
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
42,3											

Al desarrollar la tabla de costo, flujo y distribución, al mover algunas zonas y reducir las distancias entre zonas, nos dimos cuenta de que el costo total de la alternativa 4, es de 42,3

**Paso 3: Comparación entre iteraciones, y elegir la mejor solución método CRAFT.**

Después de completar los pasos 1 y 2 del método CRAFT, se procede a crear una tabla de comparación, véase tabla #1, que distingue las 9 alternativas por su valor especificado en el costo total. Comparando las seleccionadas para así determinar cuál es la alternativa con el costo total más bajo.

Utilizando un plano diseñado en AutoCAD, gracias a los datos proporcionados y la manipulación de costos, procesos y distribuciones entre las áreas de la empresa. la alternativa más optimizada es la alternativa 4, que tiene un costo total de 42,3 lo que muestra una reducción en el costo total.

Objetivo específico 3.

**Simular con el software flexSim la nueva propuesta de distribución de planta con el fin de demostrar la factibilidad del sistema propuesto.**

FlexSim es un software de simulación que a su vez permite la solución de problemas y destaca la eficacia de un proceso. Además, la combinación de herramientas y funciones que este brinda permiten obtener un resultado dinámico.

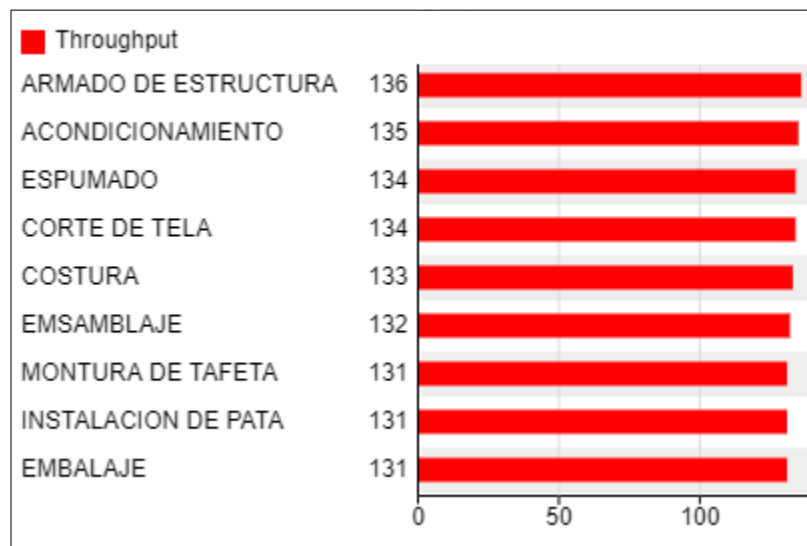
Para realizar esta simulación se llevaron a cabo una serie de pasos, el primero de estos fue la implementación de datos de tiempo de lo que tarda cada área de trabajo en realizar su proceso, anexo # 3.1

El segundo paso es introducir los datos estadísticos de tiempo que nos dio la empresa de los procesos en sus diferentes áreas, para luego colocarlos en el programa de Rstudio en la librería `riskDistributions` que nos permite saber la distribución más óptima en cada proceso y, además, colocar los resultados en el software de Flexsim, para realizar una simulación con los datos que se manejan en la empresa actualmente.

Finalmente, luego de realizar la simulación, nos damos cuenta de las diferencias entre el plano original y plano mejorado, además, por medio de las gráficas notamos que en el plano mejorado arrojó una salida del producto terminado y finalizado en un aumento del 19% esto quiere decir que la salida de productos fue de 163 a comparación del plano original que arrojó una salida de producto de 137 productos terminados y finalizados.

En el plano original

**Figura 4. Throughput**



En el plano original a la hora de poner en marcha la función dashboard1 se obtuvo resultado en las diferentes áreas trabajo. En primera instancia se obtuvo que en el armado de estructura arrojó un valor de 136, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En la gráfica se visualiza que en el acondicionamiento arrojó un valor de 135, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de espumado arrojó un valor de 134, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de corte de tela arrojó un valor de 134, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de costura arrojó un valor de 133, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.



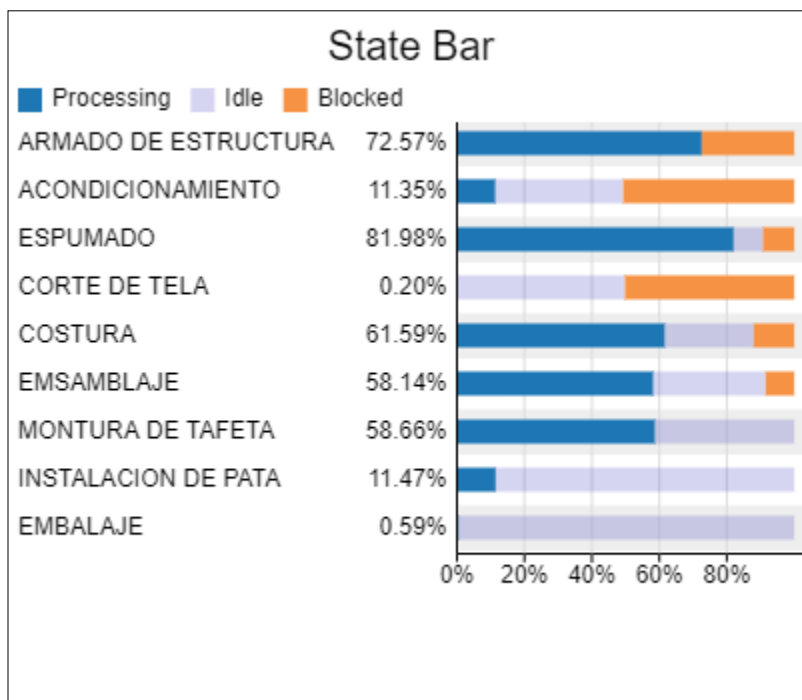
En el área de ensamblaje arrojó un valor de 132, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de montura de tafeta arrojó un valor de 131, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de instalación de pata arrojó un valor de 131, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de embalaje arrojó un valor de 131, que son el total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

**Figura 5. State Bar**



En el plano original a la hora de poner en marcha la función dashboard2, se obtuvo resultado en las diferentes áreas trabajo en donde el proceso de armado de estructura, arrojó un 72.57%, de tiempo que estuvo procesando, tuvo un bloqueo del 27.43% que se produce al terminar de procesar una pieza y no tener disponibilidad el proceso siguiente para recibirla.

En el área de acondicionamiento, al colocar en marcha la función dashboard2, en el proceso se obtuvo resultado de un 11.35%, de tiempo que estuvo procesando, tuvo una inactividad del 37.93%, la máquina está desocupada porque no le ha llegado material para procesar y un bloqueo de 50.71%, que se produce al terminar de procesar una pieza y no tener disponibilidad el proceso siguiente para recibirla.

En el área de espumado, al colocar en marcha la función dashboard2, en el proceso se obtuvo resultado de un 81.98%, de tiempo que estuvo procesando, tuvo una inactividad del 8.76%, la máquina está desocupada porque no le ha llegado material para procesar y un bloqueo de 9.26%, que se produce al terminar de procesar una pieza y no tener disponibilidad el proceso siguiente para recibirla.

En el área de corte de tela, al colocar en marcha la función dashboard2, en el proceso no arrojó ningún resultado porque este proceso es uno de los más rápidos, pero obtuvo resultado de un 49.59% en la inactividad, debido a que la máquina está desocupada porque no le ha llegado material para procesar y un bloqueo de 50.21%, que se produce al terminar de procesar una pieza y no tener disponibilidad el proceso siguiente para recibirla.

En el área de costura, al colocar en marcha la función dashboard2, en el proceso se obtuvo resultado de un 61.59%, de tiempo que estuvo procesando, tuvo una inactividad del 26.38%, la máquina esta desocupada porque no le ha llegado material para procesar y un bloqueo de 12.03%, que se produce al terminar de procesar una pieza y no tener disponibilidad el proceso siguiente para recibirla.

En el área de ensamblaje, al colocar en marcha la función dashboard2, en el proceso se obtuvo resultado de un 58.14%, de tiempo que estuvo procesando, tuvo una inactividad del 33.36%, la máquina esta desocupada porque no le ha llegado material para procesar y un bloqueo de 8.51%, que se produce al terminar de procesar una pieza y no tener disponibilidad el proceso siguiente para recibirla.

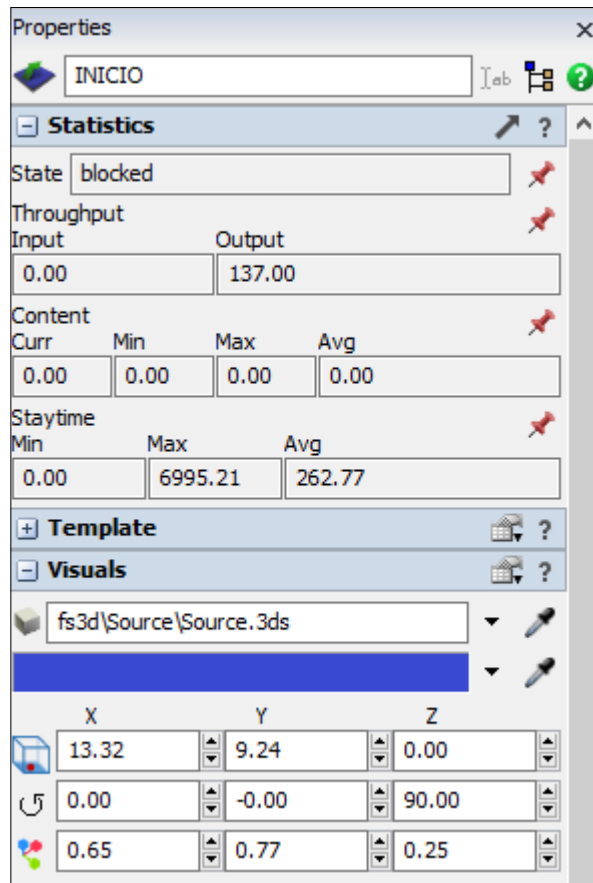
En el área de montura de tafeta, al colocar en marcha la función dashboard2, en el proceso se obtuvo resultado de un 58.66%, de tiempo que estuvo procesando, tuvo una inactividad del 41.33%, la máquina esta desocupada porque no le ha llegado material para procesar y no hubo bloqueo porque en este proceso no se presentó cuellos de botellas.

En el área de instalación de pata, al colocar en marcha la función dashboard2, en el proceso se obtuvo resultado de un 11.47%, de tiempo que estuvo procesando, tuvo una inactividad del 88.53%, la máquina esta desocupada porque no le ha llegado material para procesar, y no hubo bloqueo

En el proceso final que es el embalaje, al colocar en marcha la función dashboard2, se obtuvo resultado de inactividad del 99.41%, la máquina esta desocupada

porque no le ha llegado material para procesar, debido a que está esperando a que le envíen el producto para el finalizarlo.

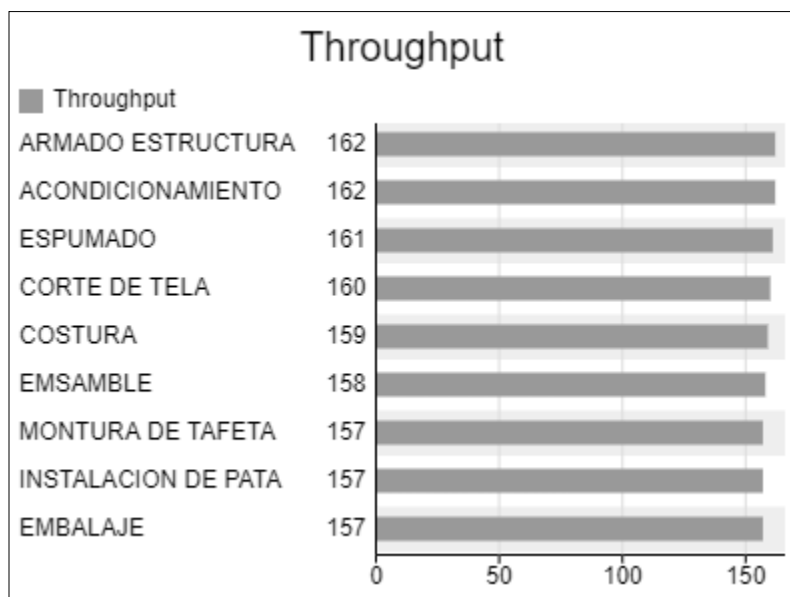
**Figura 6. Properties**



En este paso lo que se quería investigar era la salida del producto ya finalizado, en primera instancia lo que se hizo fue correr nuestro plano en el software, además lo que realizo fue colocarle los datos que ya nos había facilitado la empresa de los tiempos que se demoraba cada producto en cada área para colocarlos en el programa RStudio y esto

nos ayudó a saber qué tipo de distribución tenía cada área, en conclusión el software nos arrojó un valor de 137, que esto sería el valor finalizado de todas el proceso del producto.

**Figura 7. El plano mejorado de la empresa throughput**



En el plano en donde obtuvimos la mejora, cuando se puso en marcha la función dashboard1 se obtuvo resultado en las diferentes áreas trabajo. Aquí notamos una diferencia de mejora en todas las áreas.

En el área de armado de estructura se nota una diferencia porcentual del 19%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de acondicionamiento se nota una diferencia porcentual del 20%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de espumado se nota una diferencia porcentual del 20%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de corte de tela se nota una diferencia porcentual del 19%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de costura se nota una diferencia porcentual del 19%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

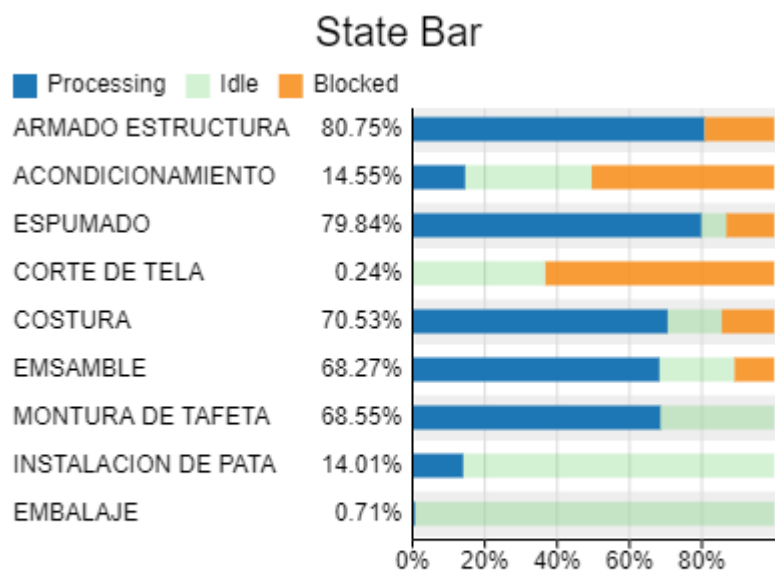
En el área de ensamblaje se nota una diferencia porcentual del 19%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de montura de tafeta se nota una diferencia porcentual del 19%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de instalación de pata se nota una diferencia porcentual del 19%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

En el área de embalaje se nota una diferencia porcentual del 19%, esto indica el aumento del total de las piezas finalizadas durante el día de trabajo en este proceso.

**Figura 8. State Bar**



En el plano en donde obtuvimos la mejora, cuando se puso en marcha la función dashboard2, se obtuvo resultado en las diferentes áreas trabajo como lo podemos notar en la gráfica en donde el proceso de armado de estructura, arrojó un valor porcentual que aumento en un 11%, de tiempo que estuvo procesando, se redujo en un 42% de bloqueo.

En la gráfica vemos en el proceso de acondicionamiento un aumento del 28%, de tiempo que estuvo procesando, en la inactividad se redujo en un 8.4% y se redujo el bloqueo en un 0.4%.

En la gráfica vemos en el proceso de espumado hubo una disminución de 26%, de tiempo que estuvo procesando, en la inactividad se redujo en un 26% y se aumentó el bloqueo en un 42%.

En la gráfica vemos en el proceso de corte de tela un aumento del 2%, de tiempo que estuvo procesando, en la inactividad se redujo en un 35% y aumento el bloqueo en un 25%.

En la gráfica vemos en el proceso de costura un aumento del 14%, de tiempo que estuvo procesando, en la inactividad se redujo en un 76% y aumento el bloqueo en un 20%.

En la gráfica vemos en el proceso de ensamblaje un aumento del 17%, de tiempo que estuvo procesando, en la inactividad se redujo en un 60% y aumento el bloqueo en un 28%.

En la gráfica vemos en el proceso de montura de tafeta un aumento del 16%, de tiempo que estuvo procesando, en la inactividad redujo en un 31%, en este proceso no hubo bloqueo

En la gráfica vemos en el proceso de instalación de pata un aumento del 22%, de tiempo que estuvo procesando, en la inactividad se redujo en un 29%, en este proceso no hubo bloqueo.

En la gráfica vemos en el proceso de embalaje un aumento del 20%, de tiempo que estuvo procesando, en la inactividad se redujo en un 0.1%, en este proceso no hubo bloqueo.



Figura

9.

The screenshot shows a 'Properties' window for an object named 'inicio'. The window is divided into several sections:

- Statistics:**
  - State: blocked
  - Throughput: Input 0.00, Output 163.00
  - Content: Curr 0.00, Min 0.00, Max 0.00, Avg 0.00
  - Staytime: Min 0.00, Max 3312.83, Avg 209.16
- Template:** (Collapsed)
- Visuals:**
  - Path: fs3d\Source\Source.3ds
  - Position (X, Y, Z): 13.35, 9.25, 0.00
  - Rotation (X, Y, Z): 0.00, -0.00, 90.00
  - Scale (X, Y, Z): 0.65, 0.77, 0.25

Properties

Como podemos observar en la gráfica tenemos un valor de la salida del producto terminado y finalizado que es de 163, esto comprándolo con el del plano original indica que hay un aumento considerado del 19%, esto significa que con el nuevo plano y con sus respectivas mejoras la empresa va a tener un aumento de producto finalizado.

## Anexos

PROCESOS OPERATIVOS	OPERACIÓN	DÍAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ARMADO ESTRUCTURA	1	200	141	232	66	244	95	148	228	130	116
ACONDICIONAMIENTO	2	30	23	46	57	32	45	12	26	16	19
ESPUMADO	3	80	143	156	209	90	234	209	176	158	103
CORTE DE TELA	4	176	203	114	85	231	148	107	182	225	170
COSTURA	5	130	223	176	145	193	113	236	163	117	205
EMSAMBLE	6	182	137	226	279	64	208	117	158	169	215
MONTURA DE TAFETA	7	110	124	220	181	168	88	209	210	216	138
INSTALACION DE PATA	8	10	34	32	45	56	21	14	34	53	21
EMBALAJE	9	15	24	31	45	49	34	21	15	18	29

PROCESOS OPERATIVOS	OPERACIÓN	DÍAS									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ARMADO ESTRUCTURA	1	199	173	241	117	213	278	172	302	234	99
ACONDICIONAMIENTO	2	42	21	43	34	44	27	19	33	40	19
ESPUMADO	3	149	157	80	143	156	209	90	234	209	176
CORTE DE TELA	4	99	108	226	243	176	99	130	155	280	206
COSTURA	5	189	149	130	182	167	118	155	160	112	139
EMSAMBLE	6	97	166	201	123	179	98	169	64	160	233
MONTURA DE TAFETA	7	123	116	137	236	150	97	234	99	170	118
INSTALACION DE PATA	8	22	45	19	23	16	27	46	16	34	54
EMBALAJE	9	17	37	35	28	21	16	48	32	53	42

PROCESOS OPERATIVOS	OPERACIÓN	DÍAS									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ARMADO	1	156	260	130	218	159	208	280	179	200	118

ESTRUCTURA											
ACONDICIONAMIENTO	2	51	27	35	22	34	43	13	56	33	21
ESPUMADO	3	158	103	149	157	80	143	156	209	90	234
CORTE DE TELA	4	113	227	132	184	102	212	132	252	218	171
COSTURA	5	115	208	227	100	196	80	218	168	176	79
EMSAMBLE	6	167	136	123	109	99	194	244	129	115	154
MONTURA DE TAFETA	7	93	76	168	236	138	219	130	237	189	89
INSTALACION DE PATA	8	43	17	24	31	53	34	56	27	17	39
EMBALAJE	9	23	26	38	25	43	23	45	14	24	39

Objetivo específico 4.

**Evaluar con base en la relación costo/beneficio la nueva propuesta de distribución en planta con el objeto de determinar su factibilidad económica.**

Metro cuadrado de cielo Razo = 50000

Puntos Eléctrico a 110 Voltios = 450000

Lámparas LED = 170000

**Tabla 15. Reubicación de oficina**

	Reubicacion de oficina	
	CANTIDAD	
M2	11,8	590000
Puntos Electricos a 110	3	135000
Lamparas Led	2	34000
	Total costo	759000

**Tabla 16. Reubicación de máquinas de embalaje y de instalación de patas**

	Reubicacion d maquinas de embalaje y de instalacion de patas	
	CANTIDAD	
M2	11,6	580000
Puntos Electricos a 110	2	90000
Lamparas Led	2	34000
	Total costo	704000

Total, costo de inversión = 1.463.000

Cotizando con contratistas y haciendo los respectivos cálculos de metros cuadrados, de puntos eléctricos y de la instalación de una mejor iluminación, pudimos llegar al costo de inversión de nuestro proyecto que es 1.463.000 (Millón cuatrocientos sesenta y tres mil pesos)

**Tabla 17. Flujo de caja anual**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
	(\$ 1.463.000)						
<b>Ingresos</b>							
ingresos operacionales		155.000.000	161.750.000	178.500.000	185.250.000	192.000.000	<b>872.500.000</b>
ingreso no operacionales							
<b>Total Ingresos</b>		\$ 155.000.000	\$ 161.750.000	\$ 178.500.000	\$ 185.250.000	\$ 192.000.000	\$ 872.500.000
<b>Egresos</b>							
Compra de materia prima		17.200.000	16.624.000	15.065.250	14.523.300	13.997.600	<b>77.410.150</b>
Gastos de ventas		12.150.000	13.150.000	13.800.000	14.150.000	15.300.000	<b>68.550.000</b>
Gastos administrativos		62.720.000	62.720.000	62.720.000	62.720.000	62.720.000	<b>313.600.000</b>
Gastos financieros		3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	<b>19.000.000</b>
Pago de impuestos		3.980.000	4.168.000	4.361.950	4.555.600	4.749.400	<b>21.814.950</b>
<b>Total, Egresos</b>		\$ 99.850.000	\$ 100.462.000	\$ 99.747.200	\$ 99.748.900	\$ 100.567.000	\$ 500.375.100

Flujo económico	<b>1.463.000</b>	<b>55.150.000</b>	<b>61.288.000</b>	<b>78.752.800</b>	<b>85.501.100</b>	<b>91.433.000</b>	<b>372.124.900</b>
-----------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------

**Tabla 18. RCB**

PERIODO	INGRESOS	EGRESOS
0	<b>-1.463.000</b>	
1	155.000.000	99.850.000
2	161.750.000	100.462.000
3	178.500.000	99.747.200
4	185.250.000	99.748.900
5	192.000.000	100.567.000

VNA INGRESOS	\$566.029.397
VNA EGRESOS	\$329.919.552
VNA EGRESOS + INVERSION	331.382.552
<b>RCB</b>	<b>1,71</b>

<b>TASA DE DESCUENTO</b>	<b>15,70%</b>
--------------------------	---------------

Evaluando la propuesta de distribución en planta con base a la relación costo/beneficio se pudo evidenciar que el proyecto en primera instancia es viable en términos financieros, ya que por cada \$1 invertido se obtendrá un beneficio de 71 centavos.

Como la relación costo/beneficio es mayor que 1 se afirma que la empresa seguirá siendo rentable en los próximos años.







**Figura 10. Anexo 1**



*Nota:* En este anexo se puede apreciar a uno de los trabajadores de la empresa realizando sus labores de trabajo mientras se evalúa la planta con la herramienta a Read a Plant Fast

Figura 11. Anexo 2



Figura 12. Anexo 3



Figura 13. Anexo 4



**Figura 14. Anexo 5**

## Conclusiones

Basado en el reconocimiento de la planta podemos concluir que el espacio utilizado para la producción se encuentra saturado de materiales, equipos y herramientas, lo cual a la hora de realizar la operación los trabajadores deben realizar desplazamientos innecesarios a la hora de realizar la operación. Además, se evidencia que ningún área de trabajo está definida de manera clara lo que genera incomodidad en los trabajadores debido a que no se cuenta con un espacio definido para el almacenamiento de los productos ya terminados, ocupan un espacio necesario para la continuidad de las operaciones de fabricación de los productos.

Para poder realizar nuestra distribución de planta se aplicó la metodología craft el cual fue escogido como el método más óptimo, porque evita que los operarios realicen recorridos innecesarios dentro de la empresa.

Con la ayuda del programa flexsim se puede afirmar que el nuevo diseño de distribución aumenta la productividad en un 19% en comparación con el que actualmente la empresa maneja, lo que generaría una mayor rentabilidad en la empresa.

