



**PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y DEL
EQUIPO, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ADOLFREDO
ZUÑIGA S EN C.**

PRESENTADO POR: MELISSA CARDENAS ORTEGA.

JULIANA DEL CAMPO ROMERO.

MARIA JOSE DIAZ FONTALVO.

UNIVERSIDAD DEL SINÚ

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. 2019



PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y DEL EQUIPO, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ADOLFREDO ZUÑIGA S EN C.

POR: MELISSA CARDENAS ORTEGA.

JULIANA DEL CAMPO ROMERO.

MARIA JOSE DIAZ FONTALVO.

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial.

Asesor Disciplinar: Luisa Betancourt

Asesor Metodológico: German Herrera Vidal

UNIVERSIDAD DEL SINÚ

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. 2019

Acta de calificación y aprobación

Nota de aceptación _____

Director de Escuela

Director de Investigaciones

Firma del Jurado

Firma del Jurado Cartagena de Indias, 2019

Cartagena de Indias, de 2019.

Sr. OSCAR ANDRES ANGEL ALVAREZ

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad del Sinú.

Cordial saludo.

La presente comunicación es con el fin de manifestar mi conocimiento y aprobación del trabajo de grado titulado “PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y DEL EQUIPO, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ADOLFREDO ZUÑIGA S EN C”, elaborada por los estudiantes MELISSA CÁRDENAS ORTEGA identificada con la cedula de ciudadanía No.1.051.359.237 de Calamar, Bolívar, JULIANA DEL CAMPO ROMERO identificada con la cedula de ciudadanía No.1.047.483.080 de Cartagena de Indias y MARÍA JOSE DÍAZ FONTALVO identificada con la cedula de ciudadanía No.1.052.094.000 de El Carmen de Bolívar, presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Industrial.

Cordialmente,

Asesor del trabajo de grado

Cartagena de Indias, de 2019.

Sr. OSCAR ANDRES ANGEL ALVAREZ

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial

Universidad del Sinú

Cordial saludo.

Por medio de la presente se hace entrega oficial del trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial titulado “PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y DEL EQUIPO, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ADOLFREDO ZUÑIGA S EN C”, elaborada por los estudiantes MELISSA CÁRDENAS ORTEGA identificada con la cédula de ciudadanía No.1.051.359.237 de Calamar, Bolívar, JULIANA DEL CAMPO ROMERO identificada con la cédula de ciudadanía No.1.047.483.080 de Cartagena de Indias y MARÍA JOSE DÍAZ FONTALVO identificada con la cedula de ciudadanía No.1.052.094.000 de El Carmen de Bolívar.

Nombre del investigador

AGRADECIMIENTOS

A Dios por concederme la vida y la salud, por brindarme discernimiento, sabiduría y fortaleza en cada instante de mi vida.

A mis padres por ser mi pilar fundamental, por la confianza depositada y apoyo incondicional durante mi crecimiento personal y profesional.

A mi hermano que siempre ha estado junto a mí brindándome su comprensión, amor y confianza.

A mi abuelita y a toda mi familia que con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A nuestros asesores por su guía, acompañamiento y colaboración constante para alcanzar las metas propuestas.

A mis amigas Melissa Cárdenas y Juliana Del Campo, por su compañía durante mi paso por la universidad y compartir momentos inolvidables, a todas las personas que conocí en el camino que siempre me dejaron grandes enseñanzas.

MARÍA JOSE DÍAZ FONTALVO

Agradezco a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos logré llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanas por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi abuelita y a toda mi familia que han sido mi apoyo durante todo este tiempo, gracias a sus aportes, a su amor, su inmensa bondad, sus oraciones, consejos y palabras de aliento.

A todos los profesores que nos apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

A mis amigas Melissa Cárdenas y María José Díaz, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

A la empresa Adolfo Zúñiga por abrirnos las puertas para la ejecución del proyecto.

JULIANA DEL CAMPO ROMERO.

“Todo se inicia con un propósito, todo propósito para cumplir un objetivo, estos darán cumplimiento a una meta y esta meta a una agradable satisfacción”

Principalmente quiero agradecer al Padre Celestial por su acompañamiento en este proceso de aprendizaje, a Jesucristo por siempre sostenerme de su mano y al Espíritu Santo por ser mi guía y consejero fiel.

A mis padres quiero agradecer por siempre creer en mí, por ese apoyo incondicional tanto moral, financiero y emocional, porque de ellos siempre he aprendido que vale la pena el esfuerzo si este cumple su propósito con los resultados propuestos desde el inicio; a mis hermanos por su firme ánimo entusiasta, invitándome a seguir adelante; y aquellos amigos incondicionales que con sus buenos consejos, aportes y palabras de aliento nunca me dejaron de lado.

A los docentes por sus sabios conocimientos transmitidos, tanto básicos, conceptuales y experiencias laborales, que dieron ánimo a visionar de manera más clara nuevos horizontes.

Y sin dejar de lado a grandes luchadoras como lo han sido también en este arduo, provechoso y maravilloso proceso, a mis amadas compañeras de batalla, Juliana Cristina Del Campo Romero y María José Díaz Fontalvo, a ellas por sus enseñanzas y también porque con gran paciencia acogieron a esta su amada “Pechy”

MELISSA CÁRDENAS ORTEGA

TABLA DE CONTENIDO

1. EL PROBLEMA	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. REVISIÓN LITERARIA	22
4.1 MARCO TEÓRICO	22
4.1.1 Distribución de planta	22
4.1.2 Tipos de distribución en planta	24
4.1.3 Distribución por producto	25
4.1.4 Distribución por proceso	25
4.1.5 Distribución por posición fija	27
4.1.6 Método Craft	27
4.1.7 Lista de chequeo	29
4.1.8 Simulación	30
Herramientas de modelado Flexsim	32
4.1.9 Diagrama de relaciones de actividades.	33
4.2 ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	33
4.2.1 Antecedentes	33
4.3 MARCO CONCEPTUAL.	35
5. DISEÑO	37
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	40
5.2.1. Muestra	40
5.3 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	40
6. GENERALIDADES DE LA EMPRESA ADOLFREDO ZUÑIGA E HIJOS.	42
6.1 UBICACIÓN DE LA EMPRESA.	42
6.2 RESEÑA HISTÓRICA.	43
6.3 FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL.	43
6.4 ORGANIZACIÓN INTERNA	45
6.5 PRODUCTOS Y SERVICIOS.	46

Adolfredo Zúñiga e hijos	46
6.6.1 Segmentos de clientes	49
6.7 DIAGNÓSTICO ACTUAL	50
7. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LA PLANTA	53
7.1 PLANOS DE LA EMPRESA	55
7.2 MAQUINARIA Y EQUIPO	56
8. DIAGRAMA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES	59
9. APLICACIÓN DEL MÉTODO CRAFT	64
9.1 DATOS CON LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL	69
9.2 COMBINACIÓN 1.	71
9.3 COMBINACIÓN 2.	73
9.4 COMBINACIÓN 3	76
9.5 ANÁLISIS DE DATOS	79
10. SIMULACIÓN	81
10.1 85	
11. 86	
12. 87	
13. BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	100
Anexo 1. Lista de chequeo	100
Anexo 2. Herramientas de recolección de información.	104
Anexo 3. Listado de equipos	106
Anexo 4. Medidas de las áreas del taller.	108
Anexo 5. Formato hoja de ruta	108

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Criterios para la distribución de la planta	21
Tabla 2. Relación de antecedentes	28
Tabla 3. Fases de implementación.	31
Tabla 4. Catálogo de maquinaria y equipo de producción	45
Tabla 5. Ponderaciones	46
Tabla 6. Razones de cercanía.	46
Tabla 7. Datos generales del proceso para la ejecución de las actividades.	49
Tabla 8. Número de recorridos entre áreas.	50
Tabla 9. Distancia recorrida en metros.	51
Tabla 10. Costo por metros recorridos.	51
Tabla 11. Datos generales del proceso para la ejecución de 21 ordenes de trabajo.	51
Tabla 12. Distancia en metros entre áreas.	52
Tabla 13. Numero de recorridos entre áreas para la ejecución de 21 órdenes de trabajos.	52
Tabla 14. Distancia recorrida en metros para la ejecución de 21 órdenes de trabajo.	53
Tabla 15. Costo por metros recorridos para la para la ejecución de 21 órdenes de trabajo.	53
Tabla 16. Distancia en metros entre áreas	54
Tabla 17. Numero de recorridos entre áreas.	54
Tabla 18. Total metros recorridos.	54
Tabla 19. Costo por desplazamiento.	54
Tabla 20. Distancia en metros entre áreas.	55
Tabla 21. Numero de recorridos entre áreas.	55
Tabla 22. Total metros recorridos.	55
Tabla 23. Costo por desplazamiento.	56
Tabla 24. Distancia en metros entre áreas.	56
Tabla 25. Numero de recorridos entre áreas.	56
Tabla 26. Total, metros recorridos.	56
Tabla 27. Costo por desplazamiento.	57
Tabla 28. Resumen del algoritmo Craft.	57

Lista de Figuras

Figura 1. Distribuciones en planta por producto.	21	
Figura 2. Distribuciones en planta por proceso.	22	
Figura 3. Ubicación empresa Adolforedo Zúñiga e hijos s en c.	33	
Figura 4. Organigrama Adolforedo Zúñiga.	36	
Figura 5. Segmentación de clientes	39	
Figura 6. Resultado de la lista de chequeo.	40	
Figura 7. Imágenes área de producción	Figura 8. Imágenes área de producción	41
Figura 9. Imágenes área de producción	42	
Figura 10. Planos de la empresa	43	
Figura 11. Diagrama de relación de actividades	46	

INTRODUCCIÓN

ADOLFREDO ZUÑIGA E HIJOS S EN C., es una empresa dedicada al servicio de mantenimiento y reparación de vehículos automotores a gasolina y/o diésel, se encuentra ubicada en el barrio Lo Amador de la ciudad de Cartagena de indias.

El presente trabajo es un proyecto de distribución de instalaciones de la empresa ADOLFREDO ZUÑIGA E HIJOS que busca generar una mejor ubicación de los elementos que conforman el sistema de producción de la organización a fin de crear un ambiente de trabajo más eficiente, ordenado, seguro y cómodo.

La distribución de planta es una tarea fundamental en la reducción de costos y el incremento de la productividad, el objetivo primordial que persigue es hallar un ordenamiento de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo, la más segura y satisfactoria para los operarios.

Durante el desarrollo del proyecto se trabaja con la aplicación de la metodología Craft para la distribución de planta, dado que ha sido la técnica más implementada para la solución de este tipo de problemas obteniendo buenos resultados para las organizaciones.

Para ello se consideró la situación actual de los procesos productivos de la empresa, estableciendo de manera factible los puntos a cambiar y realizar un esbozo de la distribución apropiada para la empresa, en base a su distribución actual.

Para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto se establecerán dos etapas: en la etapa inicial se realizará un diagnóstico general del taller a través del análisis de una lista de chequeo, con el fin de determinar el estado actual de los procesos y establecer en qué punto está presentando mayor inconveniente la empresa evaluada.

La segunda fase consistente en la aplicación de dos herramientas fundamentales como lo son el algoritmo Craft y el simulador Flexsim, con la metodología Craft se buscará determinar la mejor distribución de planta con la cual se pueda disminuir el costo por desplazamientos, el software Flexsim ayudará a comprobar la distribución de planta que resulte mejor para el óptimo desarrollo de las actividades, debido a que este software arroja datos cuantitativos como tiempo de proceso, cantidad de producto terminado, cantidad de material en proceso etc. Además muestra los indicadores de productividad de los operarios, que es un factor importante para todo proceso.

1. EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ADOLFREDO ZUÑIGA E HIJOS S EN C., es una empresa dedicada al servicio de mantenimiento y reparación de vehículos automotores a gasolina y/o diésel y empresas del sector público y/o privado. Abrirse paso en los mercados nacionales no es tarea fácil, competir con empresas dedicadas a realizar sus mismos servicios, su amplia experiencia en el mercado y mantener la fidelidad de los clientes son los objetivos por los que trabaja la compañía. No cabe duda que el prestar un servicio con calidad, buena garantía y la atención al cliente se pueden considerar como tres de los aspectos que más influencia tiene en la organización y el alcance de las metas.

A través de visitas efectuadas al taller y en sus distintas áreas de acuerdo a la listas de chequeo, se logró hacer un análisis general de su proceso productivo, en el que se notó deficiencias en las operaciones efectuadas en el taller y de las q se logró observar que no cuenta este con un adecuado diseño de la ubicación de sus áreas; junto con una entrevista realizada a la persona responsable de los sistemas de gestión de la organización y un acercamiento directo con las personas encargadas de las distintas operaciones, como el jefe del taller y trabajadores fijos, y en lo que fue posible evidenciar que actualmente en la empresa se presentan:

- Incumplimientos en las entregas de los artículos:

Se evidencian los incumplimientos presentados por parte de la empresa, pues actualmente se están presentando constantes quejas por parte de algunos clientes relacionados con la demora en el despacho de órdenes requeridas y fallas en sus procesos.

- Falta de sistematización en sus procesos:

Para poder sacar el máximo rendimiento a sus recursos, es necesario conocer a fondo todos los procesos, pues solo así podrá identificar qué puntos necesitan mejoras, cuáles funcionan bien y aquellos que hay que eliminar.

Por otra parte, es clave fortalecer las vías de comunicación entre los trabajadores, los directores de área y los gerentes. De este modo, se pueden aplicar de forma coordinada los cambios y a la vez se mantienen abiertos los canales de diálogo para evaluar sus resultados.

- Mala utilización de los recursos.

La utilización de los recursos no está siendo aprovechada al máximo por consiguiente se presenta una serie de desperdicios de material sin control alguno e incrementos constantes en los costos de producción.

- Desperdicios de material sin control:

El sistema de almacenaje es deficiente, se presentan problemas correspondientes es necesario tomar en consideración las características del material como su tamaño, peso, durabilidad.

- Mala organización de los flujos de los recursos.

Es necesario adoptar estrategias de mejora para el almacén de suministros del taller en el proceso de despacho y en el control de los inventarios generaría mejorar no solo el área como tal sino el desempeño de los diferentes procesos de la organización, al entregar materiales de manera oportuna se generaría un impacto de efecto dominó que se traduciría en mejor competitividad frente a otros talleres, reducción de costos y mejor desempeño del proceso logístico.

- Falta de espacios para los recursos:

La definición de áreas con la que cuenta actualmente la empresa, se debe corregir con la finalidad de asegurar el bien del personal y el buen estado del equipo para obtener buenos resultados durante la aplicación de los procesos. Es también importante, ya que el manejo adecuado de la materia prima dentro de las instalaciones, influirá directamente en la reducción del tiempo de producción.

- Falta de unidad de almacenamiento para las herramientas

Se presenta la pérdida de algunos materiales como consecuencia del desorden en el almacén, pues alrededor del 80% de los materiales que son ingresados por parte de recepción no tienen una ubicación asignada en las estanterías lo que causa traumatismos en el inventario y pérdida de credibilidad en el departamento de logística de suministros.

Dado lo anterior se puede deducir que el problema radica en la desorganización de la planta, el cual se viene generando desde que la empresa empezó a desarrollar sus operaciones, viéndose más crítica con el paso del tiempo a raíz de los cambios que se presentan en el mercado.

Dicho problema genera una serie de consecuencias como:

- Baja eficiencia en los espacios utilizados.

La distribución de planta debe permitir que el proceso general de reparación funcione de manera “secuencial”, evitando así, cuellos de botella y contraflujos entre los procesos y la identificación de líneas de producción según el nivel de daño (Leve, Medio o Fuerte).

- Altos costos de producción.

Si se tiene una planeación que evalúe anticipadamente los recursos necesarios para el cumplimiento, se optimizan los costos de producción y tiempos del proceso de reparación.

Lo anterior destaca la importancia de la observación de los procesos para encontrar sus fallas y sus puntos críticos, contribuyendo de esta manera con el mejoramiento integral de su sistema de producción, a través de un eficiente uso de los recursos y el cumplimiento de las cuotas de producción.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo redistribuir la planta física del área de producción de la empresa ADOLFREDO ZUÑIGA de forma eficaz, y económica mediante la aplicación del algoritmo Craft y el software Flexsim?

2. JUSTIFICACIÓN

A lo largo de los años, el hombre ha desarrollado diferentes técnicas que han brindado eficiencia en el desarrollo de sus labores, y han permitido el aprovechamiento óptimo de los recursos para obtener un alto rendimiento, no solo en la producción, sino en el desempeño de las personas que realizan las actividades. Siendo un factor clave la correcta distribución, organización y adecuación de los espacios físicos que proporcionan buenas condiciones de higiene, seguridad y eficiente flujo de material.

En esto radica la importancia de la elaboración de este proyecto de grado, el cual pretende aumentar el fortalecimiento de la mejora continua en los procesos productivos de la empresa Adolfo Zúñiga, quienes tendrán como referencia las diferentes alternativas de distribución que se generen con el desarrollo de esta propuesta para continuar en la búsqueda de la excelencia.

El buen desarrollo de este proyecto le permitirá a la Universidad del Sinú demostrar al mercado laboral y a la sociedad que es una institución comprometida a formar jóvenes con las capacidades y competencias necesarias para triunfar como un profesional ético y comprometido con el crecimiento del país. El beneficio que recibirá el estudiante es la aplicación de los conocimientos en el área de diseño, distribución de planta y simulación adquirida durante una fase teórica obtenida en la universidad.

Asimismo, el presente trabajo tiene una intención social, los resultados del estudio ayudarán a la empresa Adolfo Zúñiga a llevar al mínimo porcentaje de error en sus operaciones brindando seguridad, estabilidad y un buen clima laboral al trabajador, generando un mayor aprovechamiento de los recursos optimizando costos.

Para la elaboración de la propuesta de la nueva distribución, se aplicará la metodología Craft, debido a que el eje principal de esta herramienta es reducir al mínimo el costo total de transporte de una distribución, esta metodología se ha aplicado en otras empresas, las cuales han dado buenos resultados, es posible

evidenciar que hay mejoras, esto se ve reflejado en los diferentes tipos de indicadores de productividad.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseño de una propuesta de distribución de planta en el área de producción de la empresa ADOLFREDO ZUÑIGA E HIJOS., mediante la aplicación del algoritmo Craft y simulación en la herramienta Flexsim, que favorezcan la utilización del espacio físico de forma eficaz, y económica.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico general a través de una lista de chequeo que permita el establecimiento de la situación actual de la empresa.
- Realizar un diagrama de relación de actividades entre las áreas que permita el establecimiento los criterios de cercanía.
- Plantear una alternativa de distribución de planta, por medio de la aplicación de la metodología Craft con el propósito de mejorar el flujo de procesos en la empresa.
- Validar los resultados obtenidos empleando la simulación a través del software Flexsim.

4. REVISIÓN LITERARIA

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Distribución de planta

La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores y todas las actividades. Para algunos autores, la distribución de Planta es "La decisión de distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico" o "La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio". (Chaese) (Richard, 1968)

La principal importancia en el diseño o distribución de plantas es que de vital importancia ya que por medio de ella se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el fin de minimizar tiempos, espacios y costes.

De acuerdo a ello su primordial objetivo es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo más segura y satisfactoria para los empleados. En los que, especificándolos, estos pueden cumplir ciertos atributos que ayudaran de manera más desglosada su participación en la optimización de espacios, costes y tiempos. (Richard, 1968)

- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Elevación de la moral y satisfacción del obrero.

- Incremento de la producción.
- Disminución en los retrasos de la producción.
- Ahorro de área ocupada.
- Reducción del material en proceso.
- Acortamiento del tiempo de fabricación.
- Disminución de la congestión o confusión.
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.

La importancia de este proyecto implica ventajas que ayudaran en su rediseño de áreas por medio de su redistribución de planta en el taller Automotriz Adolfo Zúñiga, entre las cuales se presentan:

- Disminución de las distancias a recorrer por los materiales, herramientas y trabajadores.
- Circulación adecuada para el personal, equipos móviles, materiales y productos en elaboración, etc.
- Utilización efectiva del espacio disponible según la necesidad.
- Seguridad del personal y disminución de accidentes.
- Localización de sitios para inspección, que permitan mejorar la calidad del producto.
- Disminución del tiempo de fabricación.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo.
- Incremento de la productividad y disminución de los costos.

Por medio de ello y haciendo una adecuada mezcla de sus características servirá como herramienta a los talleres automotriz de la delimitada zona del Barrio Lo Amador en la ciudad de Cartagena, siendo este una fuente de generación de empleo con estas pequeñas industrias.

A continuación, en la tabla 1, se presentan criterios para la implementación del proyecto.

Tabla 1. Criterios para la distribución de la planta

Criterios	Descripción
1. Funcionalidad:	Que las cosas queden donde se puedan trabajar efectivamente.
2. Económico:	Ahorro en distancias recorridas y utilización plena del espacio.
3. Flujo:	Permitir que los procesos se den continuamente y sin tropiezos.
4. Comodidad:	Cree espacios suficientes para el bienestar de los trabajadores y el traslado de los materiales.
5. Iluminación:	No descuide este elemento dependiendo de la labor específica.
6. Ventilación:	En procesos que demanden una corriente de aire, ya que comprometen el uso de gases o altas temperaturas etc.
7. Accesos libres:	Permita el tráfico sin tropiezos.
8. Flexibilidad:	Prevea cambios futuros en la producción que demanden un nuevo ordenamiento de la planta.

Fuente: Distribución de planta. Richard Muther, (1981).

4.1.2 Tipos de distribución en planta

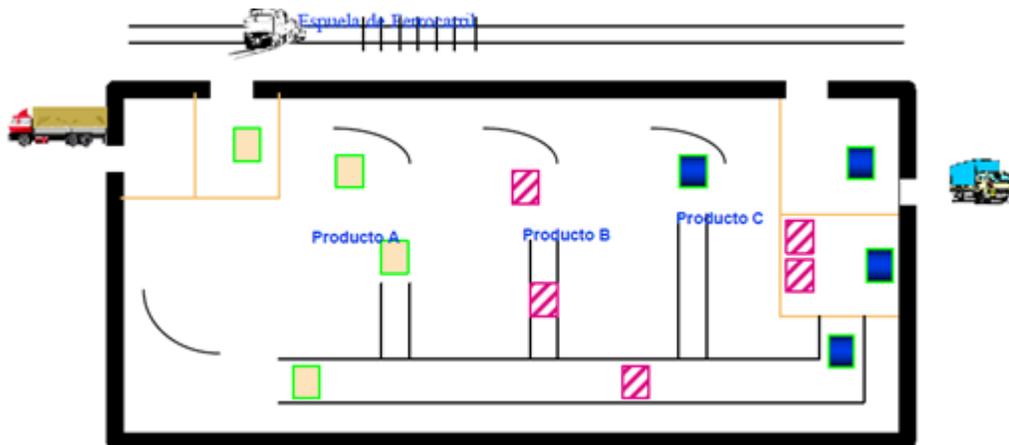
Existen tres formas básicas de distribución en planta: las orientadas al producto y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas, las orientadas al proceso y asociadas a configuraciones por lotes, y las distribuciones por posición fija, correspondientes a las configuraciones por proyecto. (Muther)

4.1.3 Distribución por producto

Llamada también distribución de Taller de Flujo. Es aquella donde se disponen el equipo o los procesos de trabajo de acuerdo con los pasos progresivos necesarios para la fabricación de un producto. La distribución en planta por producto es la adoptada cuando la producción está organizada, bien de forma continua, bien repetitiva, siendo el caso más característico el de las cadenas de montaje. Ref..

Por ejemplo: Manufactura de pequeños aparatos eléctricos: tostadoras, planchas, batidoras; Aparatos mayores: lavadoras, refrigeradoras, cocinas; Equipo electrónico: computadoras, equipos de discos compactos; y Automóviles.

Figura 1. Distribuciones en planta por producto.



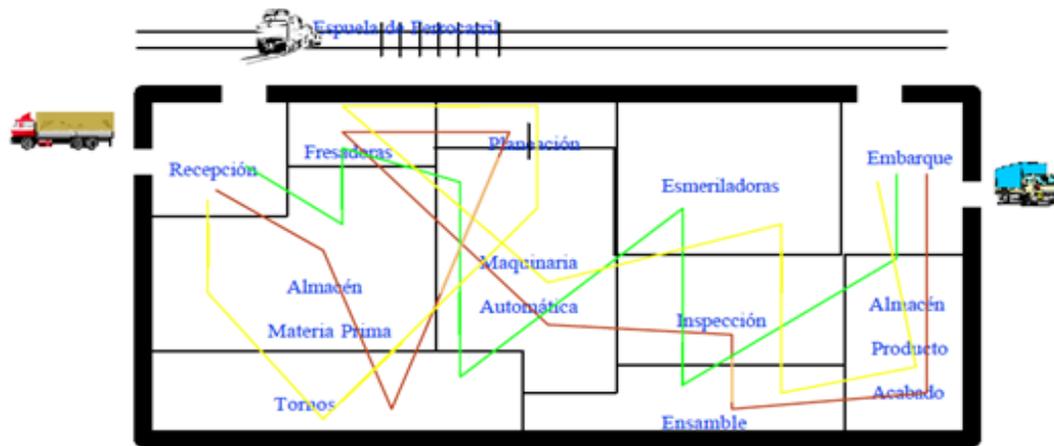
Fuente: Distribución de planta. Richard Muther, (1981).

4.1.4 Distribución por proceso

Llamada también Distribución de Taller de Trabajo o Distribución por Función. Se agrupan el equipo o las funciones similares, como sería un área para tomos,

máquinas de estampado. La distribución en planta por proceso se adopta cuando la producción se organiza por lotes (por ejemplo: muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.). El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área De acuerdo con la secuencia de operaciones establecidas. Otros ejemplos: hospitales: pediatría, maternidad, cuidados intensivos. (Muther, 1981)

Figura 2. Distribuciones en planta por proceso.



Fuente: Distribución de planta. Richard Muther, (1981).

4.1.5 Distribución por posición fija

El producto, por cuestiones de tamaño o peso, permanece en un lugar, mientras que se mueve el equipo de manufactura a donde está el producto. (Chaeese) (Richard, 1968)

4.1.6 Método Craft

Método Craft, este método fue introducido en 1963 por Armour, Buffa, y Vollman CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Techique) en español sería Asignación relativa computarizada de Instalaciones Técnica, es uno de los primeros algoritmos para la distribución de planta. (E.S, 1964) Utiliza una caja para los datos de entrada para el flujo entre departamentos. En donde los departamentos no se restringen a las formas rectangulares y la disposición se representa en una manera discreta.

El método Craft es un programa computarizado de mejoramiento de las distribuciones.

Su objetivo es reducir al mínimo el costo total del transporte de una distribución el cual es el resultado de la suma de todos los elementos de una matriz de flujos (matriz desde-hacia cada departamento) multiplicado por la distancia y por el costo por metro recorrido de un departamento a otro. La función del costo de transporte puede cambiarse por cualquier otra función que represente el costo de una "relación" entre cualquier par de departamentos.

El área de cada departamento. Medidas de relaciones de proximidad entre departamentos (qué tan deseable es que un departamento esté junto a otro) que se expresan en forma cualitativa o cuantitativa. Estas relaciones de proximidad pueden evaluarse cuantitativamente con, por ejemplo, costos de transporte y la cantidad de flujo entre departamentos.

El objetivo de CRAFT es reducir al mínimo el costo total de transporte de una distribución. El costo de transporte es el resultado de la suma de todos los elementos de una matriz de flujos (matriz desde – hacia cada departamento) multiplicado por la distancia y por el costo por unidad de distancia recorrida de un departamento a otro.

La función del costo de transporte puede cambiarse por cualquier otra función que represente el costo de una "relación" entre cualquier par de departamentos. El costo de transporte se puede definir como el costo de mover una carga unitaria del departamento.

CRAFT es más popular que los otros procedimientos de diseño basadas en ordenador. Es algoritmo de mejora y comienza con una disposición inicial y procede a mejorar el diseño intercambiando los departamentos de pares para reducir el costo total de transporte de material. No da el diseño óptimo; pero los resultados son buenos y casi óptimos, que puede ser corregida más tarde para adaptarse a la necesidad del planificador de diseño. (Domínguez, 1995)

Este algoritmo de mejora empieza con una disposición inicial y procede a mejorar el diseño intercambiando los departamentos de pares para reducir el costo total de transporte de material.

Aborda un diseño inicial con todos los departamentos formados por rejillas cuadradas individuales. Estima el mejor intercambio, departamento de dos vías asumiendo intercambio de departamentos centrados exactamente. Sólo se debe tener en cuenta el intercambio de departamentos adyacentes

Procedimiento adoptado para el uso de CRAFT:

- Determinar los centroides de departamento.
- Calcular distancia rectilínea b / w centroides.
- Calcule el costo de transporte para la distribución.
- Considere la posibilidad de intercambios de departamento de cualquiera de los departamentos de la igualdad de área o de departamentos que comparten frontera común.
- Determinar el costo de transporte de cada departamento de intercambio

El costo de transporte se puede definir como el costo de mover una carga unitaria del departamento i al departamento j, por la distancia entre los departamentos i y j.

Este costo total se puede visualizar mejor en la ecuación:

$$\text{Minimizar costo} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} F_{ij} D_{ij}$$

donde :

n = Número Total de Centros de Trabajo o Departamentos

i, j = Departamentos Individual es

F_{ij} = Número de movimientos desde el Departamento i hasta el Departamento j

D_{ij} = Distancia entre el Departamento i y el Departamento j

C_{ij} = Costo unitario de carga desde el Departamento i hasta el Departamento j

Distancia que separa los departamentos i y j, están dadas por la métrica rectilínea.

El método CRAFT parte de los siguientes supuestos:

- Los costos de transporte son independientes de la utilización del equipo.
- Los costos de transporte son directamente proporcionales a la distancia.
- No hay relaciones negativas o costos negativos.
- Todos los flujos comienzan y terminan en centroides de departamentos.

4.1.7 Lista de chequeo

La lista de chequeo es un tipo de ayuda de trabajo informativo. Obedece también a los nombres: Listas de control u hojas de verificación. La lista de chequeo, como herramienta metodológica está compuesta por una serie de ítems, factores, propiedades, aspectos, componentes, criterios, dimensiones o comportamientos, necesarios de tomarse en cuenta, para realizar una tarea, controlar y evaluar detalladamente el desarrollo de un proyecto, evento, producto o actividad.

Dichos componentes se organizan de manera coherente para permitir que se evalúe de manera efectiva, la presencia o ausencia de los elementos individuales enumerados o por porcentaje de cumplimiento u ocurrencia. (Oliva, 2009).

(Oliva, 2009) Anota que lo más importante para elaborar una lista de chequeo es:

1. Identificar los principales puntos contenidos dentro de la teoría y la metodología implícita con la que se quiere evaluar.
2. Priorizar los contenidos evaluativos.

4.1.8 Simulación

La simulación computacional de sistemas, o apenas simulación, consiste en la utilización de ciertas técnicas matemáticas, empleadas en computadores, las cuales permiten imitar el funcionamiento de prácticamente cualquier tipo de operación o proceso del mundo real, es decir, es el estudio del comportamiento de sistemas reales a través del ejercicio de modelos. (Pegden, 1990)

Existen diversas definiciones para simulación, dentro de las cuales podemos citar la de (Pegden, 1990) que dice “la simulación es un proceso de proyectar un modelo computacional de un sistema real y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender su comportamiento y evaluar estrategias para su operación”. De esta manera, podemos entender la simulación como un proceso amplio que engloba no sólo la construcción de un modelo, sino también todo un método experimental que se sigue, buscando:

- Describir el comportamiento del sistema.
- Construir teorías e hipótesis considerando las observaciones efectuadas.
- Usar el modelo para prever el comportamiento futuro, es decir, los efectos producidos por alteraciones en el sistema o por los métodos empleados en su operación.

Otros estudiosos del tema como Robert E. Shannon, definen simulación como:

“Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema”.

- **Ventajas de la simulación**

Aunque la técnica de simulación generalmente se ve como un método de último recurso, recientes avances de la tecnología de simulación y la gran disponibilidad de software que actualmente existe en el mercado, han hecho que la técnica de simulación sea una de las herramientas más ampliamente usadas en el análisis de sistemas.

Según Thomas H. Naylor ha sugerido que un estudio de simulación es muy recomendable porque presenta las siguientes ventajas.

- A través de un estudio de simulación se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo

del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.

- Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.
- La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones entre estas variables.
- La técnica de simulación puede ser utilizada para experimentar con nuevas situaciones, para las cuales se tiene poca o ninguna información. A través de esta experimentación se puede anticipar mejor a posibles resultados no previstos.
- Cuando nuevos elementos son introducidos en un sistema, la simulación puede ser usada para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que puede surgir en el comportamiento del sistema.

- **Herramientas de modelado Flexsim**

Flexsim es un software para la simulación de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro. Además, Flexsim es un programa que permite construir y ejecutar el modelo desarrollado en una simulación dentro de un entorno 3D desde el comienzo. El software de simulación Flexsim es usado por empresas líderes en la industria para simular sus procesos productivos antes de llevarlo a ejecución real.

Un modelo desarrollado con el software Flexsim es básicamente un sistema de flujo de entidades (flowitems), colas (queues), procesos (processor) y sistemas de transporte (transportation). El proceso consiste en un retraso forzado (delay) realizado por una máquina, el transporte consiste en el movimiento de entidades

de un recurso a otro, y las colas son un acumulamiento de entidades tipo FIFO a la entrada de un proceso esperando para su procesamiento.

Básicamente, un modelo en Flexsim consta de los siguientes recursos:

- Recursos constantes o fijos (fixed resources). Aquí entrarían las colas (queues), las máquinas o procesos (processor) y las cintas transportadoras (conveyors).
- Recursos compartidos (shared resources). En este apartado están los operadores.
- Recursos móviles (mobile resources). En este apartado entran los sistemas de transporte que permite modelar el software tales como elevadores, trans-paletas, robots industriales, etc.

4.1.9 Diagrama de relaciones de actividades.

El diagrama de la relación de actividades, al que también se le da el nombre de diagrama de análisis de afinidades, muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicio, con cualquier otro departamento y área.

Se trata de una matriz diagonal en la que se especifican todas las actividades del proceso incluyendo los servicios anexos, áreas o departamentos, para ello se usan códigos de cercanía o ponderaciones para reflejar la importancia de cada relación, una vez identificado las relaciones de cercanía entre las distintas áreas se realiza el diagrama de relación de actividades. (James Tompkins, 2005)

Ponderaciones.

A: Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro.

E: Especialmente importante

I: Importante

O: Ordinariamente importante

U: Sin importancia

4.2 ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

4.2.1 Antecedentes

Durante la realización de esta investigación se llevó a cabo una búsqueda de diferentes trabajos concernidos al tema específico del proyecto, así como los relacionados con el sector investigado, los cuales han proporcionado información de gran utilidad, sirviendo como referencia y documentación histórica del sector.

A continuación, en la tabla 2, se relacionan algunos antecedentes, los cuales fueron utilizados como orientación para la elaboración de este proyecto.

Tabla 2. Relación de antecedentes

Autor/año	Titulo	Problema
Michel Eduardo Vargas Vallejo (2007)	Distribución de planta de un taller de mantenimiento automotriz para vehículos de hasta 3 toneladas para transporte de pasajeros.	Mala distribución de los procesos de planta del taller.
Rodrigo Miranda Redondo, Ingrith Dayana Rodríguez Gutiérrez (2008)	Rediseño de la distribución de la planta física del área de producción y almacén de la empresa Tubos Y Metales & Cia Ltda.	Pérdida y/o difícil localización de materiales y herramientas menores en la zona de almacén.
Juan Pablo Ospina Delgado (2016)	Propuesta de distribución de planta, para aumentar la productividad en una empresa metalmeccánica en ate lima, Perú.	Problemas de distribución que tiene la empresa en el sector metal mecánico. Baja Capacidad de producción

<p>Buelvas Marino, Martha Julia; Salom Martínez, Mónica Patricia y Pautt Osorio, Nancy. Universidad Tecnológica de Bolívar. Año 1995.</p>	<p>Redistribución de las instalaciones de industrias químicas Real s. A. Como técnica para mejorar la productividad.</p>	<p>Proyecto de rediseño de las instalaciones operativas y administrativas de la empresa Industrias Químicas Real S.A., bajo el enfoque de Distribución por Proceso en un sistema de producción intermitente.</p>
<p>Calderón Jiménez, Ana Milena y Gómez Martínez, Germán Antonio. Programa Administración Industrial. Universidad de Cartagena. Año 2003.</p>	<p>Rediseño de la planta física del laboratorio de producción De desinfectantes en la cooperativa de discapacitados de Bolívar "COODISBOL"</p>	<p>Análisis de los procesos productivos por medio de estudios de tiempos y movimientos, propuesta de distribución de planta teniendo en cuenta que las personas que laboran en la empresa presentan algún tipo de discapacidad.</p>

Fuente: Los autores.

4.3 MARCO CONCEPTUAL.

- **Distribución en planta:** La ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller. (Chaese) (Richard, 1968)

- **Redistribución:** es el proceso y la consecuencia de redistribuir. Este verbo, por su parte, se refiere a distribuir (repartir) algo de manera distinta a como se estaba distribuyendo hasta entonces. (Gardey., Definición de redistribución, Publicado: 2014. Actualizado: 2015.)
- **Engrane:** Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. (Casado, (2012-07))
- **Energía cinética:** Está definida como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo hasta la velocidad que posee. (Resnick, Halliday, & Krane, (2001))
- **Flujo luminoso:** El flujo luminoso es la medida de la potencia luminosa percibida. (Merino, 2009)
- **Máquina:** Una máquina es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo. (Eliteautolavado, (octubre 28, 2005).)
- **Máquina, herramienta:** Es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias. El modelado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, estampado, corte o electroerosión. (Domínguez Ariosa, (1985))
- **Mecanizado:** Un mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante remoción de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. (Gardey., 2010)

- **Proceso:** Los procesos productivos son una secuencia de actividades requeridas para elaborar un producto. (Veyron, 2017)
- **Rediseño:** El análisis de un proceso puede dar lugar a acciones de rediseño para incrementar la eficacia, reducir costes, mejorar la calidad y acortar los tiempos reduciendo los plazos de producción y entrega del producto o servicio. (Merino, 2014)
- **Heurística:** Procedimiento para resolver problemas por medio de un método intuitivo en el que la estructura del problema puede interpretarse y explotarse inteligentemente para obtener una solución razonable. (Nicholson)

5. DISEÑO METODOLÓGICO.

Como metodología de la investigación se denomina el conjunto de procedimientos y técnicas que se aplican de manera ordenada y sistemática en la realización de un estudio.

Para llevar a cabo una investigación se hace necesario realizar una metodología para lograr de una manera precisa los objetivos de dicha investigación, a través de esta se garantizan que los resultados obtenidos tengan el grado de exactitud y confiabilidad.

Para cumplir el objetivo general a cabalidad especificado en esta investigación se hace necesario el desarrollo en varias fases de acuerdo a los objetivos específicos propuestos como se verá a continuación.

Tabla 3. Fases de implementación.

Fases	Actividades	Tiempo
Primera fase Realizar un diagnóstico	<ul style="list-style-type: none">• Visita al campo de trabajo para identificar la situación de la empresa.• Realizar una lista de chequeo que permita el establecimiento de la situación actual de la empresa.	1 mes
Segunda fase Analizar los procesos, productos y cantidades	Aplicar diferentes herramientas de ingeniería que permitan una caracterización y análisis de procesos.	2 meses

<p style="text-align: center;">Tercera fase</p> <p style="text-align: center;">Desarrollar un análisis de relaciones</p>	<p>Elaborar un diagrama de relaciones, con el fin de establecer la relación entre las distintas áreas, así como el grado en que ésta se da.</p>	<p>2 meses</p>
<p style="text-align: center;">Cuarta fase</p> <p style="text-align: center;">Aplicación del método Craft</p>	<p>Ejecución de la herramienta heurística para establecer posibles alternativas de solución.</p>	<p>3 meses</p>
<p style="text-align: center;">Quinta fase</p> <p style="text-align: center;">Seleccionar la mejor opción como resultado del método Craft.</p>	<p>Evidenciar la propuesta planteada mediante la simulación con el software Flexsim.</p>	<p>2 meses</p>

Fuente: Los autores.

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación propositiva puesto que se utilizaron conocimientos y teorías de ingeniería para darle solución a algunos problemas presentados en la empresa Adolfo Zúñiga e hijos, se abordó la descripción sistemática de los problemas principales, luego se desarrollarán las posibles soluciones y mejoras con la teoría para así atacar el problema general de distribución de planta.

5.1.1 Investigación propositiva: El trabajo de investigación diagnóstica o propositiva es un proceso dialéctico que utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas, estudiar la relación entre factores y generar o generar conocimientos científicos.

5.1.2 Investigación aplicada: Tiene como objetivo resolver un problema determinado o planteamiento específico.

Esta investigación permitirá identificar la problemática más fuerte dentro de la empresa Adolfo Zúñiga e hijos, considerando los requerimientos del campo automotriz, también permitirá identificar en detalle las implicaciones de las causales.

5.1.3 Investigación descriptiva: A través de esta se describen los datos y características de la población para así dar a conocer el porqué de las causas y en las condiciones en las que se encuentran y poder aplicarlas en la redistribución de un taller automotriz. Un estudio descriptivo es aquél en que la información es recolectada sin cambiar el entorno, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural (es decir, no hay manipulación de variables) su metodología es fundamentalmente descriptiva, y puede valerse de algunos elementos cuantitativos.

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para el desarrollo de la presente investigación, la población es la empresa que incluye la infraestructura, todos los elementos de producción (operarios maquinarias y materiales) y las diferentes áreas, administrativas, de producción, etc.

5.2.1. Muestra

La muestra es no probabilística y se centra en el área de producción que involucra el personal de producción, el área de producción, las máquinas de producción y los flujos de producción.

5.3 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas que se llevarán a cabo consistirán en la observación, entrevistas, visitas y encuestas. Que permitirán recoger datos a fin de complementar la investigación, los instrumentos utilizados en esta investigación radicarán en la indagación en el área de estudio con el fin de tener un conocimiento directo del desarrollo de los procesos rutinarios en ella.

El estudio del proceso productivo, para la realización de diagramas que permitan establecer con mayor exactitud el tiempo para llevar a cabo los procesos y que sirva de base para el diseño de alternativas de distribución.

Además, se consultaron informes y documentos realizados por otros investigadores, como son las tesis relacionadas con el tema de investigación.

5.3.1 Fuentes de recolección de datos

La investigación estará apoyada en técnicas específicas para la recolección de datos tales como:

- **Fuentes primarias:** El personal administrativo, supervisores, operarios y clientes; manejan información de primera mano relacionada con las causas, consecuencias y alternativas de solución al problema de distribución de planta. Esto se logra a través de una buena observación, lista de chequeo y toma de tiempos.
- **Fuentes secundarias:** Los Planos de las Instalaciones de Adolfo Zúñiga e hijos., las fichas técnicas de máquinas y equipos, los estudios de productividad, los trabajos en salud ocupacional realizados por la empresa.

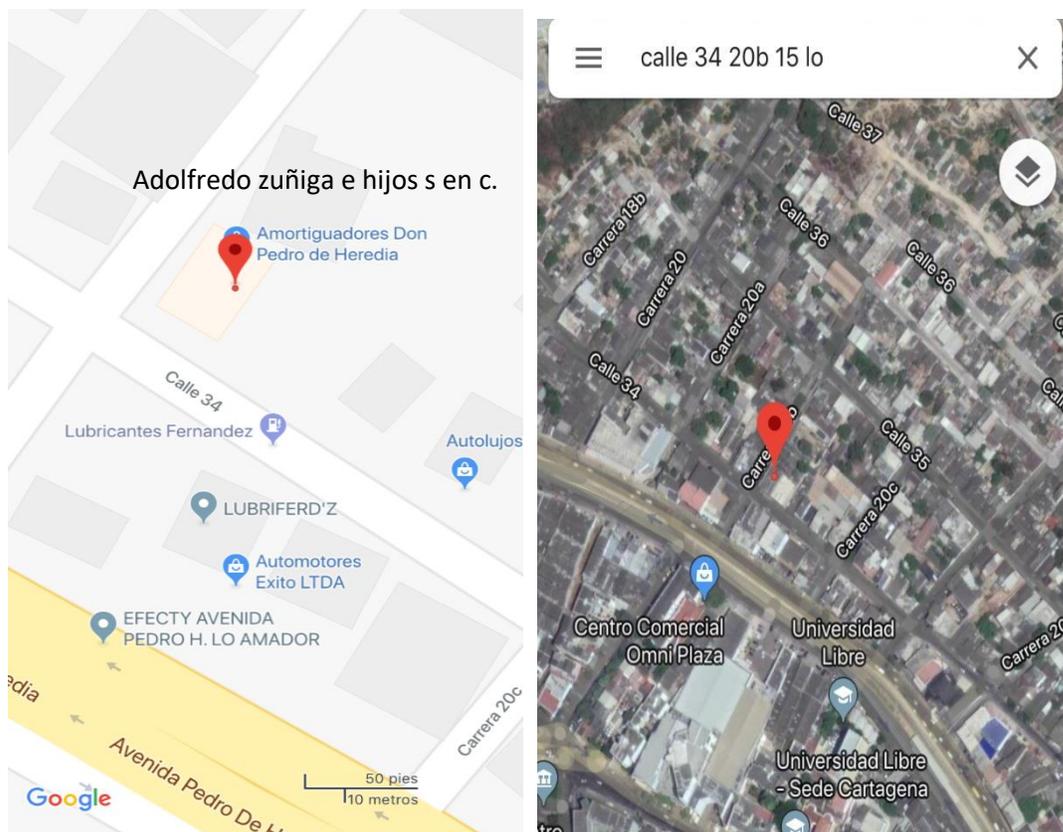
6. GENERALIDADES DE LA EMPRESA ADOLFREDO ZÚÑIGA E HIJOS.

En la siguiente sección se describen algunos aspectos generales sobre la empresa objeto de estudio, tales como, ubicación, historia, filosofía organizacional, productos, clientes, entre otros.

6.1 UBICACIÓN DE LA EMPRESA.

La empresa de talleres de mecánica automotriz Adolfo Zúñiga e hijos s en c se encuentra ubicada en la ciudad de Cartagena de indias (Bolívar) con la siguiente dirección barrio lo amador calle Santander calle 34 20 B 15 LO, tal como se ilustra en la figura 3.

Figura 3. Ubicación empresa Adolfo Zúñiga e hijos s en c.



Fuente: Google Maps 2019.

6.2 RESEÑA HISTÓRICA.

ADOLFREDO ZUÑIGA E HIJOS S EN C., es una compañía de capital privado, que presta servicios de mecánica, latonería, pintura y electricidad automotriz de vehículos a gasolina y diésel, creada mediante escritura pública No. 6854 el 18 de octubre de 1994 en Cartagena.

Comenzó sus operaciones en enero de 1995 en su actual sede ubicada en el sector Lo Amador calle Santander No. 20B-15 en la ciudad de Cartagena. A finales de 1997 amplía sus servicios e inicia la construcción de un área cubierta de 350 m² para la protección y reparación de vehículos. Para los años de 1999 adelanta la construcción del piso del taller en concreto rígido.

A partir del año 2000 a la fecha y gracias al apoyo y confianza recibida de parte de los clientes, Adolforedo Zúñiga e hijos s en C., se adelanta construcciones de ampliación de sus instalaciones, hoy cuenta con un área de 550 m² y una amplia y cómoda oficina administrativa.

6.3 FILOSOFÍA ORGANIZACIONAL.

Los principios organizacionales están regidos por valores y características que dan una identidad bien definida a nivel empresarial, a continuación, se presentan los aspectos esenciales para conocer la razón de ser de la empresa Adolforedo Zúñiga e hijos s en c.

Adolforedo Zúñiga e hijos s en c., está comprometido con la satisfacción y el cumplimiento de las condiciones pactadas con los clientes mediante el mejoramiento continuo de sus procesos para la prestación de servicios de mantenimiento correctivo y preventivo de vehículos de carga pesada (motores Diésel) y ligera; ligados con la prevención de la contaminación del ambiente, la prevención de las enfermedades profesionales y los accidentes e incidentes, el cumplimiento de todas las normas legales vigentes en Colombia en cuanto al ambiente, salud ocupacional, seguridad industrial y todas las demás que apliquen,

enfocados en entregar beneficios a los clientes internos y externos, proporcionando los recursos necesarios, manteniendo una infraestructura adecuada, un equipo humano competente y un sistema de gestión integral implementado.

6.3.1 Misión.

Adolfredo Zúñiga e hijos s en c., es una empresa dedicada al servicio de mantenimiento y reparación de vehículos automotores a gasolina y/o Diésel, a empresas del sector público y/o privado, como a personas naturales. Tiene como misión brindar excelencia en sus servicios, garantizando a sus clientes seguridad, comodidad, economía, continuidad y agilidad.

6.3.2 Visión.

Ser al 2020, una compañía reconocida por la calidad humana y técnica de nuestro personal de trabajo, garantizando un buen trato y calidad en los servicios prestados.

6.3.3 Valores.

Adolfredo Zúñiga es una empresa comprometida con sus trabajadores que establece dentro de sus prioridades la implementación y el desarrollo de una serie de valores, los cuales van encaminados a velar por el completo bienestar físico, mental y social de los trabajadores, Para así mantener una buena relación y lograr una buena gestión en todos sus procesos:

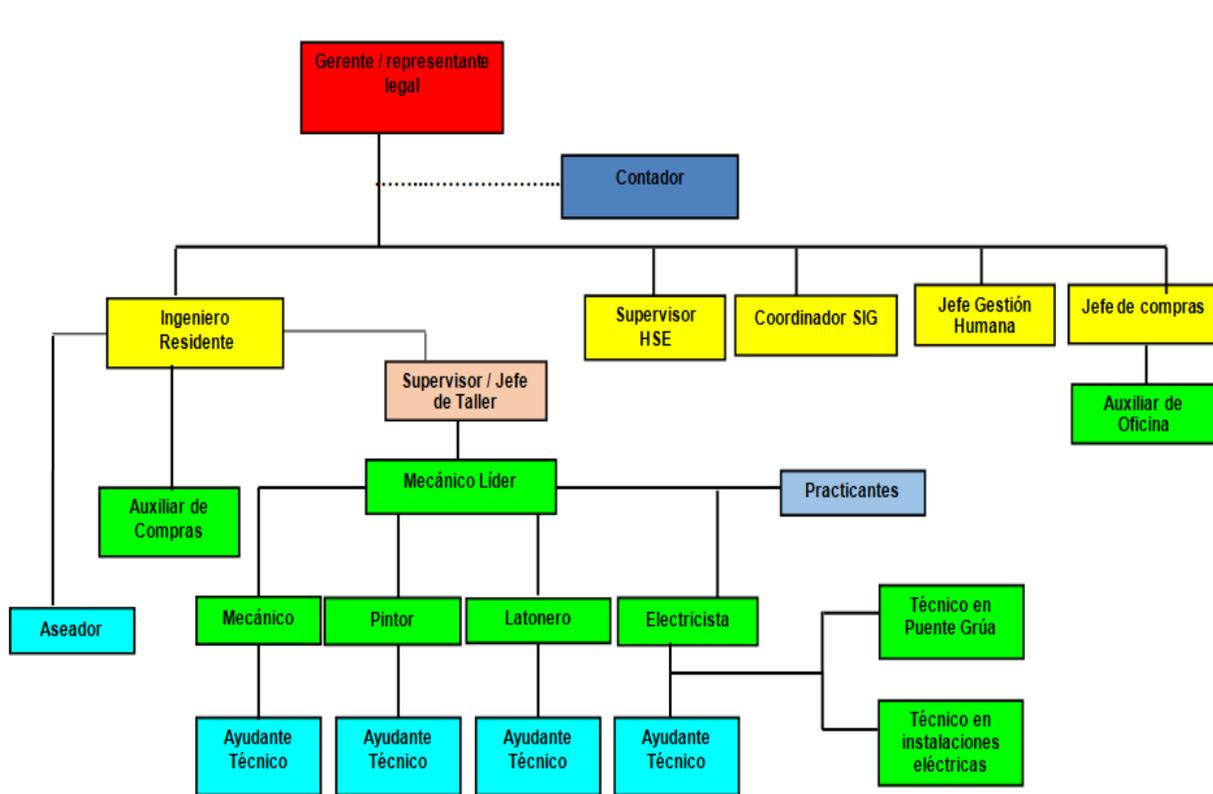
- **Honestidad:** Todas las operaciones realizadas dentro y fuera de la empresa son ejecutadas con transparencia y rectitud.
- **Respeto:** Busca armonía en las relaciones interpersonales, laborales y comerciales.
- **Cumplimiento:** Presta servicios con calidad, agilidad y continuidad; para siempre entregar a tiempo.
- **Trabajo en equipo:** Pretende lograr objetivos con la participación de todos los empleados en las diferentes labores.

- **Liderazgo:** Promueve la participación de todo el personal de trabajo para lograr mayor motivación para el alcance de los objetivos asignados e incrementar la satisfacción en el trabajo, el desarrollo profesional y la calidad de las decisiones.

6.4 ORGANIZACIÓN INTERNA

La estructura de una empresa es uno de los elementos clave de la organización por tanto es importante conocer cuáles son los organismos y cargos que componen la estructura organizacional de la empresa. A continuación en la figura N° 4 se muestra como está organizada la empresa Adolfo Zúñiga e hijos.

Figura 4. Organigrama Adolfo Zúñiga.



Fuente: Adolfo Zúñiga e Hijos.

6.5 PRODUCTOS Y SERVICIOS.

Adolfredo Zúñiga e hijos es una organización de planta tipo taller que usa el sistema de producción por pedidos y está sujeta a temporadas de mucha congestión y temporadas de ocio; lo cual dificulta la realización de confiables pronósticos de ventas.

Para el logro de sus objetivos brinda un amplio portafolio de servicios mediante el cual pone a disposición de sus clientes la experiencia técnica y múltiples alternativas de servicio.

6.5.1 Portafolio de servicios Adolfredo Zúñiga e hijos

De acuerdo al objeto social de la empresa, se ofrecen los siguientes servicios:

- **Mantenimiento de equipos diésel**

- ✓ Mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria pesada y montacargas.
- ✓ Mantenimiento preventivo y correctivo de compresores, Equipos de extracción y lavado de intercambiadores.
- ✓ Mantenimiento preventivo y correctivo de generadores eléctricos.
- ✓ Mantenimiento preventivo y correctivos de máquinas y equipos para el control de emergencias (contra incendios).

- **Mantenimiento de equipo liviano**

Adolfredo Zúñiga e hijos Efectúa reparaciones de los sistemas y partes mecánicas de los vehículos tales como:

- ✓ Reparación completa del motor
- ✓ Reparación de las suspensiones
- ✓ Reparación de frenos
- ✓ Reparación de dirección
- ✓ Reparación de caja automática y mecánica
- ✓ Sistemas hidráulicos, etc.

- **Electricidad automotriz**

Realiza reparaciones de los sistemas y partes eléctricas de los vehículos tal como:

- ✓ Reparación del tablero de instrumentos
- ✓ Reparación de luces en general
- ✓ Reparación del sistema de alta y baja
- ✓ Reparación de arranque
- ✓ Reparación de alternadores

- **Latonería y pintura**

Ejecutan reparaciones de toda la superficie metálica o en fibra de vidrio de los vehículos, bien sea de latonería en general o solo lo pactado con el cliente. Estas incluyen los siguientes:

- ✓ Golpes.
- ✓ Agujeros.
- ✓ Rayones.
- ✓ Corrosión.
- ✓ Recuperación de piezas, entre otros.

6.6 CLIENTES ACTUALES.

Para Adolfo Zúñiga e hijos S en C lo más importante son sus clientes, por eso, prestan mucha atención en mejorar su proceso para así brindarles mejores servicios; entre sus principales clientes se encuentra:

- Ecopetrol. Energía Para el futuro.

Kilómetro 10 Vía Mamonal

Teléfono (57+5) 2344000 Ext. 5045

- Royal Decameron Barú

Carrera 1A # 10-10, Cartagena, Bolívar

- M R Ingenieros S A S

DIAGONAL 22 24 C 10

(5)6431748

- Inducenter S A S

TRANSVERSAL 54 25 45 BOSQUE

3157538501

- SGS Colombia S.A.

Av. Crisanto Luque 44B 26 Bosque

+57 5 6690910

- Andamios Anderson De Colombia Ltda.

Bellavista Cr58 7 A-77

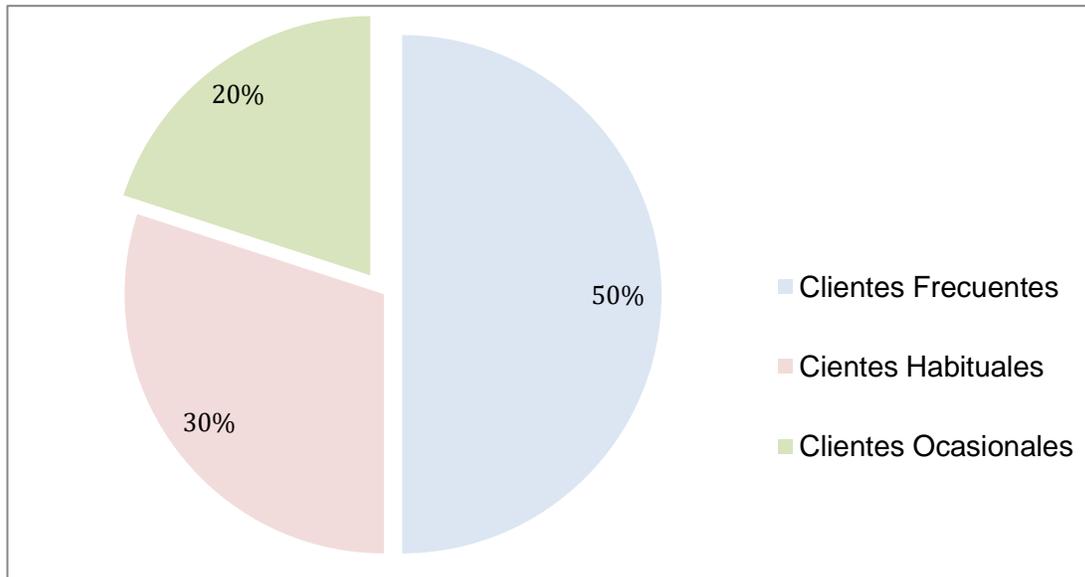
6.6.1 Segmentos de clientes

Adolfredo Zúñiga define su segmentación de clientes, categorizados de la siguiente manera:

- 1. Clientes frecuentes:** En el Taller Adolfredo Zúñiga se describen estos clientes como aquellos que se les realizan el mantenimiento preventivo de sus equipos automotores de acuerdo a el kilometraje que el vehículo utiliza; oscilando esta entre 5000 a 10000 kms/H y su revisión se realiza cada una o dos semanas, entre los cuales se encuentran las empresas Ecopetrol, Sittca, Hotel de Camerún, Contencon, entre otras. De los que se tienen presente la importancia que los mantenimientos tienen debido a que garantizarán la vida útil del automotor, evitará tener accidentes de tránsito, o tener problemas mecánicos que impliquen quedarse varado.
- 2. Clientes habituales.** Este tipo de cliente es catalogada por el taller, como aquellos que realizan mantenimiento preventivo cada tres o cuatro semanas de acuerdo al kilometraje de utilización del vehículo, oscila entre 10.000 y 20.000 km/h.
- 3. Clientes ocasionales.** Son los respectivos visitantes que realizan a sus vehículos el mantenimiento correctivo, lo hacen cada dos meses y cuando ya daño es casi irreversible.

A continuación en la figura N°5 se ve reflejada la segmentación de clientes de la empresa Adolfo Zúñiga.

Figura 5. Segmentación de clientes



Fuente: Elaboración Propia

6.7 DIAGNÓSTICO ACTUAL

Para llevar a cabo la redistribución del taller Adolfo Zúñiga, fue necesario realizar el análisis actual del taller, debido a que con este es posible determinar la problemática existente.

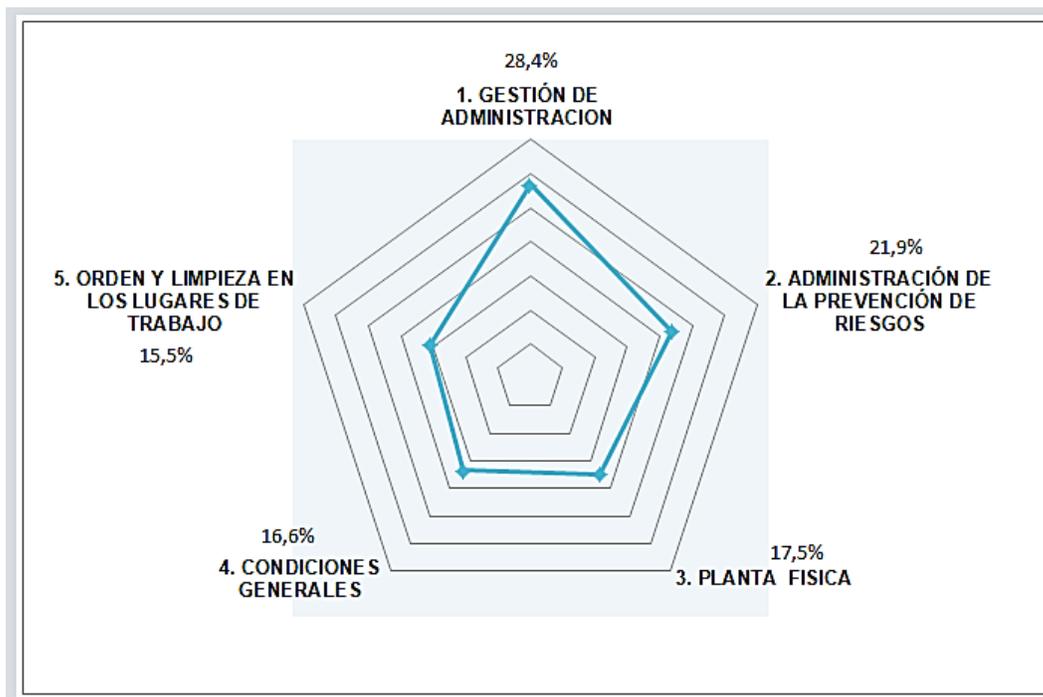
Mediante la utilización de una lista de chequeo es posible destacar algunos aspectos relevantes relacionados con la situación descrita, se evidencian incumplimientos presentados por parte de la empresa en la demora en el despacho de órdenes requeridas, se presenta en gran porcentaje desorganización del taller, las máquinas y herramientas están en sitios inadecuados obstaculizando el flujo tanto del personal como de los vehículos.

Además de esto hay espacios de la locación que están siendo inutilizados lo que de una u otra forma es desventaja para el buen funcionamiento del proceso.

Adicionalmente, la falta de capacitación, la falta de reglamentación interna de orden, higiene y seguridad, y la falta de control y supervisión del personal están generando demoras en los procesos productivos y en ocasiones incidentes laborales lo que de una u otra forma se ve reflejado en retrasos de la labor.

A continuación, se expondrán los resultados obtenidos del estado de la empresa luego de la inspección realizada con la lista de chequeo. (Ver figura 6.)

Figura 6. Resultado de la lista de chequeo.



Fuente: Los autores.

Tomando como base los resultados obtenidos después de realizar el estudio general de la planta con la lista de chequeo, se demuestra el porcentaje de cumplimiento por categoría, con el fin de identificar de manera específica los factores que más afectan a la organización, y así poder establecer las medidas de intervención pertinentes para el mejoramiento físico y funcional de la organización.

Una vez realizado el análisis del estado actual del taller Adolfo Zúñiga se evidencia la necesidad de una redistribución de la planta de producción, para

cumplir con esta necesidad se utilizará una herramienta útil como lo es el algoritmo Craft, en el siguiente capítulo se estudiará a fondo la utilización de este algoritmo para redistribuir el área de producción y así disminuir los recorridos reiterativos por parte de los operarios y esto a su vez ayudará al aumento de la producción.

7. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

La empresa está ubicada en un lugar estratégico de fácil acceso y desplazamiento de todo tipo de vehículos. Es de un piso, en el área de trabajo de existen pisos y paredes agrietados, además se encuentra constantemente materiales en procesos sin ubicación fija los cuales en ocasiones son apoyados en las paredes o colocados en el suelo de la zona de producción obstaculizando parcialmente el tránsito de los trabajadores haciendo que el mismo sea demorado y aumentando a su vez las posibilidades de ocurrencia de accidentes dentro de la empresa; De igual forma en esta área se encuentran los casilleros para los operarios.

El área de producción posee poca demarcación de las zonas de trabajo para la maquinaria utilizada, no existen rutas de tránsito seguro para los trabajadores ni una adecuada señalización de salidas de emergencia (Ver figuras n° 7 y 8). El área administrativa comparte una puerta interna con el área de producción.

Figura 7. Imágenes área de producción **Figura 8. Imágenes área de producción**



Fuente: Adolfo Zúñiga e Hijos.



Fuente: Adolfo Zúñiga e Hijos.

En toda la empresa en general el techo es alto, y se filtra mucha luz propiciando la entrada de agua en épocas de lluvia, interrumpiendo en algunas ocasiones retrasos o cuellos de botella dentro del proceso productivo de la empresa (Ver figura n° 9).

Figura 9. Imágenes área de producción



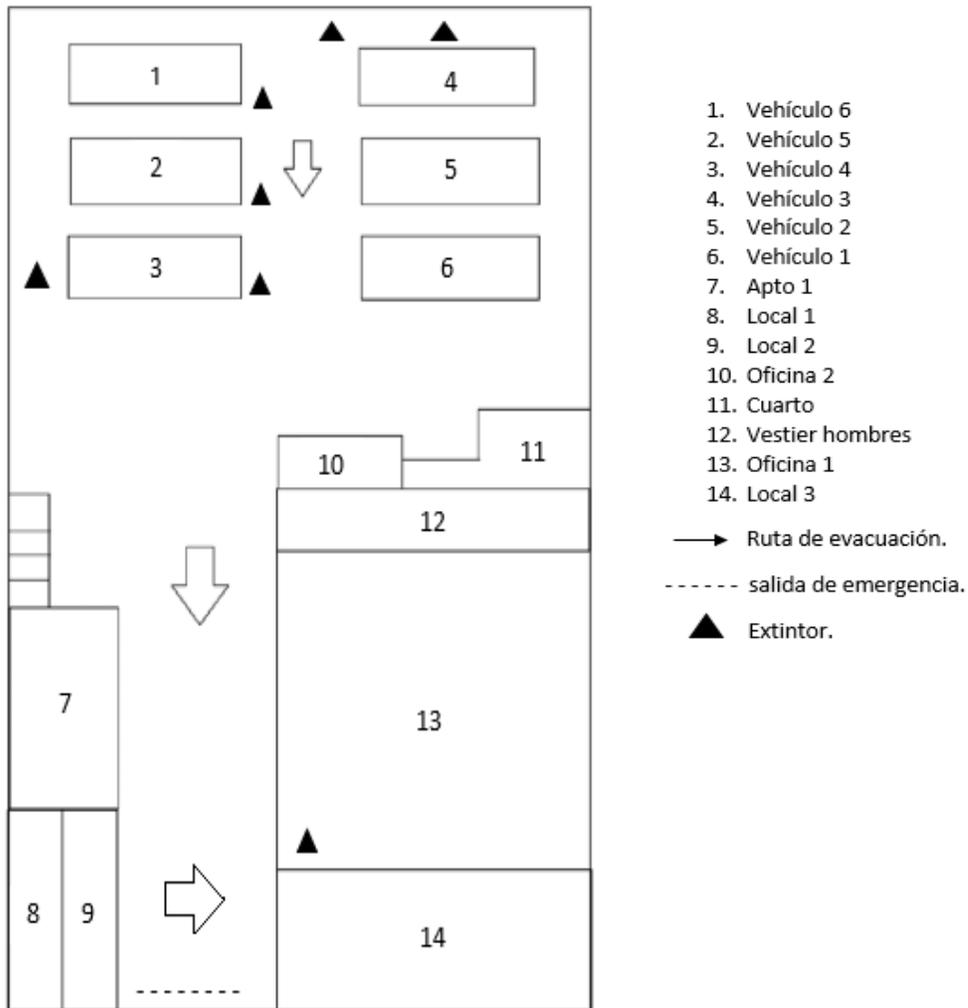
Fuente: Adolfo Zúñiga e Hijos.

7.1 PLANOS DE LA EMPRESA

La empresa Adolfo Zúñiga e Hijos, no cuenta con una distribución de planta definida, dado que los vehículos que ingresan a la empresa son ubicados conforme se adquiere y exista espacio suficiente para la maniobra de los mismos. En la actualidad, la gerencia no ha definido áreas de trabajo diferenciadas. La organización actual representa una distribución no planificada, repercutiendo negativamente sobre la productividad, el orden, la seguridad de las personas, los tiempos y costos de operación.

La distribución actual de las áreas de la empresa se presenta en el siguiente plano:

Figura 10. Planos de la empresa



Fuente: Adolfo Zúñiga.

7.2 MAQUINARIA Y EQUIPO

La maquinaria y los equipos utilizados en Adolfo Zúñiga e Hijos., está conformada principalmente por máquinas herramientas, equipos de soldadura, mecánicos y eléctricos, de los cuales están ubicados en su totalidad en el área de producción.

A continuación en la tabla 4, se describen las herramientas encontradas en el taller.

Tabla 4. Catálogo de maquinaria y equipo de producción

Código	Nombre	Función
D2	Plataforma eléctrica	Realizar trabajos en diferentes alturas.
C2	Polinchadora	Mantenimiento de Carbones
D3	Hidro extractor	Mantenimiento
C1	Máquina de soldar	Soldar pieza metálica
D7	Calibrador de Aire	Medición de la presión
C3	Esmeril de banco	Lubricación
C4	Multímetro automotriz	Contacto eléctrico
M4	Gato y patín hidráulico	Elevación de carga
M5	Prensa de banco grande	Desarmar
M6	Regulador	Calibración
M7	Manómetro 1	Revisión del Equipo
P2	Extintor - 30 lbs	Mantenimiento
P3	Voltímetro	Calibración
P4	Lámparas portátil eléctricas	Revisar cableado
P5	Cargador de batería	Revisión batería
D1	Instalaciones eléctricas	Proveer energía
M8	Camilla para trabajos	Revisión del tapizado
D5	Llave dinamométrica (Torquimetro)	Limpieza Y Revisión del Equipo
C6	Lijadora de macilla	Desbastado, afinado
C7	Engrasadora	Engrase

P7	Desabollador de impacto	Revisión de cableados
P8	Taladro pequeño	Perforar piezas
M9	Moto soldador	Soldar pieza metálica
C9	Planta de gas	Revisión de motor
P8	Pistola de soldar	Limpieza de punta fundente
D4	Compresor de aire (pintura)	Suministro de aire comprimido

Fuente: Adolfo Zúñiga e hijos.

8. DIAGRAMA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES

El diagrama de relaciones es la herramienta que permite analizar los vínculos de las causas y efectos de una situación problemática cuando se presentan de forma compleja. Básicamente lo que se hace es organizar (sin estructura aparente a raíz de la complejidad en las relaciones) una serie de elementos (opiniones, hallazgos, percepciones, ideas, aspectos, etc.) a través de la conexión causal que tienen entre sí.

La cercanía necesaria se define por medio de letras con el siguiente significado:

Tabla 5. Ponderaciones

A	Absolutamente Necesario que esté al lado
E	Especialmente Importante I Importante
I	Importante
O	Ordinariamente Importante
U	Sin Importancia
X	No Deseable

Tabla 5 Ponderaciones

Fuente: Los Autores

Las relaciones y razones de cercanía las define la empresa dependiendo de las funciones de cada departamento. Las relaciones de cercanía fueron proporcionadas por el Gerente debido a la experiencia y el conocimiento del funcionamiento de ADOLFREDO ZUÑIGA E HIJOS.

Estas relaciones de cercanía fueron consignadas en una hoja de trabajo de relación de actividades a partir de la cual se realizó el Diagrama de Relaciones. Para efectos del análisis, se han definido nueve áreas funcionales esenciales para el desarrollo de las actividades en la empresa, las cuales están representadas en los planos de la empresa.

Tabla 6. Razones de cercanía.

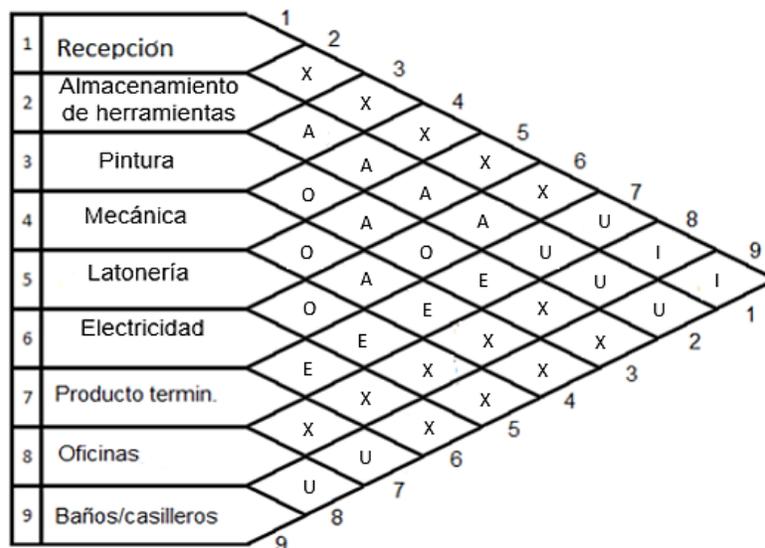
Código	Razón
1	Contacto de personal
2	Flujo de materiales
3	Frecuencia de contacto
4	Supervisión

Tabla 6 Razones de cercanía.

Fuente: Los autores

El procedimiento que se debe realizar para la aplicación de dicha metodología es definir una matriz de relaciones teniendo en cuenta las ponderaciones establecidas en la tabla 5 y los criterios de cercanía establecidos por los autores en la tabla 6. El diagrama de relaciones se expone a continuación. (Ver Figura 11).

Figura 11. Diagrama de relación de actividades



Fuente: Los autores

Una vez definidas las áreas localizadas en la planta de producción, se procede a elaborar el diagrama de relaciones a través de cada uno de estos departamentos.

Para iniciar el proceso de rediseño de la planta se procede a aplicar la herramienta de diagrama de relaciones, debido a que es una técnica que se utiliza

frecuentemente para observar la importancia relativa de proximidad entre las áreas o departamentos.

Esta metodología comienza reconociendo primero las áreas o departamentos a analizar, seguido de esto se ubican las ponderaciones dependiendo del criterio establecido, enumerando mediante un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa generalmente por la letra X, para así arrojar la mejora para la distribución de planta.

Seguido de esto es posible evidenciar cuales son las áreas que resultan estar absolutamente necesarias (A) a otras, como lo son los procesos de pintura y latonería, electricidad y mecánica, y el almacén de herramientas, debido a que la ejecución de todas las labores que se efectúan en dichas áreas están relacionadas.

En las áreas que se hacen espacialmente importante (E) se evidencia el área de productos terminados con los cuatro procesos que se desarrollan en el taller (pintura, latonería, electricidad, mecánica) ya que al culminar la labor establecida en dichos procesos estos pasan a esta área (producto terminado).

Dentro de lo importante (I) hace referencia a las áreas de la recepción, oficinas, baños, y casilleros para que así se dé un flujo más rápido al ingresar un auto en el taller automotriz.

En la importancia ordinaria (O) se resaltan los cuatro procesos que se llevan a cabo en el taller automotriz, debido a el amplio portafolio que ofrecen, se hace necesario que estén relacionados de esta manera para no generar cuellos de botellas.

Las áreas de recepción, producto terminado, almacén de herramientas con áreas administrativas denotan una relación no importante (U) debido a que no se da ninguna continuidad.

En las áreas de recepción, baños, casilleros, y oficinas se ve reflejado en el diagrama de actividades una relación no deseable (X) en cuanto a los cuatro procesos de producción que se realizan en el taller (pintura, latonería, electricidad, mecánica) con la intención de evitar accidentes, daños y riesgos.

9. APLICACIÓN DEL MÉTODO CRAFT

Para ejecutar esta investigación y cumplir con los objetivos trazados se procede a aplicar la metodología Craft debido a que, como se evidenció previamente en la revisión literaria, es un algoritmo de mejora y comienza con una disposición inicial y procede a mejorar el diseño intercambiando los departamentos de pares para reducir el costo total de transporte de material.

Para realizar el cálculo de áreas de la empresa en primera instancia se determinó el área total del terreno donde está ubicada la empresa y el área que es utilizada en espacios productivos. Posteriormente se midieron las áreas productivas como: mecánica, pintura, latonería, electricidad; las áreas administrativas y otras áreas complementarias como: baños y vestidor.

El método CRAFT comienza con el cálculo de los centroides de cada una de las zonas especificadas en la distribución inicial.

A continuación se determina el flujo del producto, especificando claramente su secuencia a través de cada uno de los procesos presentes en el taller automotriz.

Tomando en cuenta la información suministrada por el gerente del taller automotriz Adolfo Zúñiga, se conoce la remuneración salarial del operario por cada orden de trabajo la cual está conformada por las actividades de mecánica, electricidad y pintura, la remuneración es de 120.000 pesos, además que el proceso de fabricación en óptimas condiciones tiene una duración de 360 minutos.

Ahora bien, dividiendo estos valores se obtiene que el costo por minuto de trabajo es de 333 pesos. Para obtener el valor por metro laborado, cabe mencionar que un operario promedio recorre 4 metros por minuto durante la elaboración del producto, por lo que se divide el costo por minuto de trabajo entre 4, lo que da como resultado que el valor por metro de trabajo es de 83.33 pesos. (Ver tabla 7).

Tabla 7. Datos generales del proceso para la ejecución de las actividades.

Sueldo por fabricación del operario	\$ 120.000
Tiempo de fabricación en minutos	360
Costo por minuto de trabajo	\$ 333
Metros recorridos por minuto	4
Valor por metro	\$83,33

Fuente: Elaboración propia del autor con información suministrada por la empresa.

Para determinar la distancia que hay entre las áreas que conforman el espacio de producción, y conociendo las dimensiones de cada área de la empresa, se midieron los trayectos desde el punto centro de un área hasta el centroide de otra área determinada, los datos presentados en la siguiente tabla son expresados en metros (ver tabla 7).

Tabla 7. Distancia en metros entre áreas.

Distancia en metros	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	15	19,5
Electricidad	15	0	34,5
Pintura	19,5	34,5	0

Fuente: Los autores

Es necesario aclarar que para el rediseño de la planta no se van a establecer nuevas áreas, se tomara la tipología de clientes número dos estipulada por la empresa, una vez definidas las zonas a ser localizadas en el área de producción, se pasa a elaborar la matriz de flujo de material a través de cada uno de estos departamentos.

La unidad de medida en que se encuentra expresado el flujo es en metros.

Para obtener los metros recorridos por área se debe multiplicar los valores de la distancia entre áreas en metros por el flujo de proceso. Los resultados obtenidos después del estudio se evidencian en la siguiente tabla (Ver tabla 8).

Tabla 8. Número de recorridos entre áreas.

Flujo	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	1	0
Electricidad	0	0	1
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Para calcular la distancia recorrida en metros se multiplicaron los datos de las distancias entre áreas por el número de recorridos que realiza el operario y de esta forma se obtienen los metros recorridos por el operario durante el proceso. (Ver tabla 9).

Tabla 9. Distancia recorrida en metros.

Total mts Recorridos	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	15	0
Electricidad	0	0	34,5
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Una vez obtenidos los datos anteriores, se puede calcular el valor que le paga la empresa al empleado por los metros recorridos durante el proceso de producción. Estos valores resultaron de la multiplicación de la distancia recorrida en metros, con el valor por metro de fabricación, por lo que se obtiene el costo de fabricación por área. Conocidos los valores, se suman para conseguir el costo total por desplazamiento, que, en este caso, es de 4.125 pesos. (Ver tabla 10).

Tabla 10. Costo por metros recorridos.

Costo por desplazamiento	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	\$ 1.250	0
Electricidad	0	0	\$ 2.850
Pintura	0	0	0
Costo total	\$ 4.125		

Fuente: Los autores

Durante el tiempo elegido para la recolección de datos se efectuaron 21 órdenes de trabajos, con base a esto se realizó el estudio con el algoritmo Craft tomando los siguientes valores (Ver tabla 11).

Tabla 11. Datos generales del proceso para la ejecución de 21 órdenes de trabajo.

Sueldo por fabricación del operario	2.520.000
Tiempo de fabricación en minutos	7560
Costo por minuto de trabajo	\$ 33
Valor por metro	\$83,33

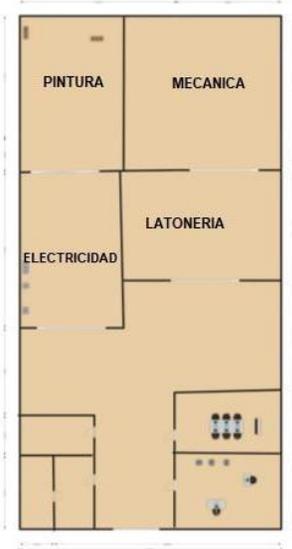
Fuente: Elaboración propia del autor con información suministrada por la empresa.

En este caso, el sueldo del operario y el tiempo de fabricación, se multiplicaron por el número de órdenes de trabajo. El costo por minuto de trabajo y el valor por metro se mantienen estables sin importar el número de órdenes de trabajos a realizar.

9.1 DATOS CON LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL

Se muestra la distribución actual del taller automotriz. (Ver figura 12)

Figura 12. Layout actual



Fuente: Los autores

El proceso para determinar las distancias en metros para este punto es igual que el anterior, ya que las distancias en las áreas es igual para cualquier número de fabricaciones.

Tabla 12. Distancia en metros entre áreas.

Distancia en metros	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	15	19,5
Electricidad	15	0	34,5
Pintura	19,5	34,5	0

Fuente: Los autores

Para determinar el flujo del operario en este caso se multiplican los recorridos que realiza a las áreas que intervienen directamente en el proceso de fabricación por el número de órdenes de trabajos, que en este caso fueron 21 (ver tabla 13).

Tabla 13. Número de recorridos entre áreas para la ejecución de 21 órdenes de trabajos.

Flujo	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	21	0
Electricidad	0	0	21
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Para obtener los metros recorridos por área se debe multiplicar los valores de la distancia entre áreas en metros por el flujo del operario a cada área.

Tabla 14. Distancia recorrida en metros para la ejecución de 21 órdenes de trabajo.

Total mts recorridos	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	315	0
Electricidad	0	0	724,5
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Para calcular el costo por los metros recorridos durante el proceso se deben multiplicar los metros recorridos con el valor por metro, una vez obtenidos los valores se suman y da como resultado el costo total por desplazamiento.

Realizados todos los cálculos con los datos de la distribución actual de la planta, se obtiene que el costo para la empresa por desplazamiento del operario durante el periodo de evaluación el cual corresponde al mes de enero del 2019 fue de \$86.625 (ver tabla 15).

Tabla 15. Costo por metros recorridos para la para la ejecución de 21 órdenes de trabajo.

Costo total	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	\$ 26.250	0
Electricidad	0	0	\$ 60.375
Pintura	0	0	0
Costo total	\$ 86.625		

Fuente: Los autores

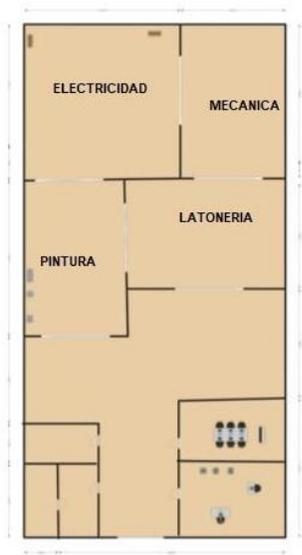
Conociendo estos datos, se procede a realizar las posibles combinaciones de las áreas. Dichas combinaciones fueron realizadas por adyacencia. Para este punto solo se tuvieron en cuenta las áreas que intervienen directamente en el proceso, las cuales son: Mecánica, electricidad y pintura.

Para el cálculo de las distancias, el flujo, metros recorridos y el costo por desplazamiento, se sigue el mismo lineamiento que en procedimientos anteriores.

9.2 COMBINACIÓN 1.

Se realiza el cambio entre el área de electricidad y el área de pintura, luego se calcula el costo de la misma forma como se realizó la inicial. (Ver figura 13)

Figura 13. Cambio de electricidad con Pintura.



Fuente: Los autores

Tabla 16. Distancia en metros entre áreas

Distancia en metros	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	19,5	15
Electricidad	19,5	0	34,5
Pintura	15	34,5	0

Fuente: Los autores

Tabla 17. Número de recorridos entre áreas.

Flujo	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	21	0
Electricidad	0	0	21
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Tabla 18. Total metros recorridos.

Total mts recorridos	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	409,5	0
Electricidad	0	0	724,5
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Tabla 19. Costo por desplazamiento.

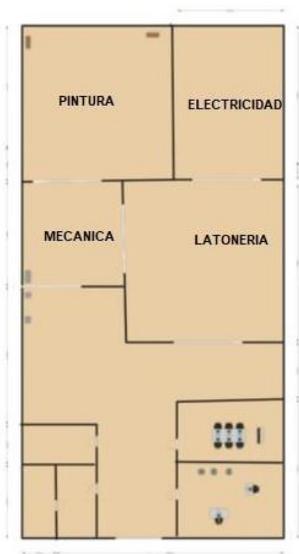
Costo total	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	\$ 34.125	0
Electricidad	0	0	\$ 60.375
Pintura	\$0	0	0
Costo total	\$ 94.500		

Fuente: Los autores

9.3 COMBINACIÓN 2.

Se realiza el cambio entre el área de electricidad y el área de mecánica, luego se calcula el costo de la misma forma como se realizó la inicial. (Ver figura 14)

Figura 14. Cambio de electricidad con mecánica.



Fuente: Los autores

Tabla 20. Distancia en metros entre áreas.

Distancia en metros	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	19,5	15
Electricidad	19,5	0	34,5
Pintura	15	34,5	0

Fuente: Los autores

Tabla 21. Número de recorridos entre áreas.

Flujo	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	21	0
Electricidad	0	0	21
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Tabla 22.Total metros recorridos.

Total mts recorridos	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	315	0
Electricidad	0	0	409,5
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Tabla 23. Costo por desplazamiento.

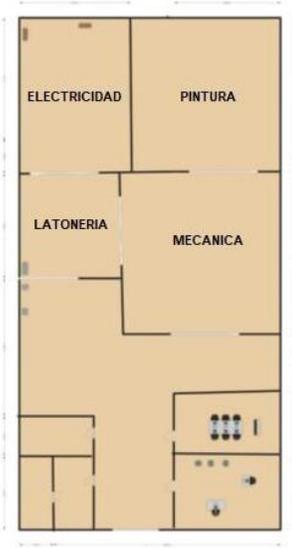
Costo total	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	\$ 26.250	0
Electricidad	0	0	\$ 34.125
Pintura	\$ 0	0	0
Costo total	\$ 60.375		

Fuente: Los autores

9.4 COMBINACIÓN 3

Se realiza el cambio entre las áreas, luego se calcula el costo de la misma forma como se realizó la inicial. (Ver figura 15)

Figura 15. Cambio de electricidad, pintura, mecánica.



Fuente: Los autores

Tabla 24. Distancia en metros entre áreas.

Distancia en metros	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	19,5	15
Electricidad	19,5	0	34,5
Pintura	15	34,5	0

Fuente: Los autores

Tabla 25. Número de recorridos entre áreas.

Flujo	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	21	0
Electricidad	0	0	21
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Tabla 26. Total, metros recorridos.

Total recorridos mts	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	724,5	0
Electricidad	0	0	409,5
Pintura	0	0	0

Fuente: Los autores

Tabla 27. Costo por desplazamiento.

Costo total	Mecánica	Electricidad	Pintura
Mecánica	0	\$ 60.375	0
Electricidad	0	0	\$ 34.125
Pintura	\$ 0	0	0
Costo total	\$ 94.500		

Fuente: Los autores

Una vez realizado el estudio con el algoritmo Craft, se obtuvieron los siguientes datos, los cuales ayudan a determinar el tipo de distribución más apropiado para la empresa, en lo relacionado con la disminución del costo por desplazamiento.

Para sustentar esta distribución se realizará una simulación del proceso productivo de la empresa, tomando como base la distribución actual y la redistribución obtenida con el algoritmo, con el fin de comparar los datos y poder determinar la solución más efectiva para la empresa (Ver tabla 28).

Tabla 28. Resumen del algoritmo Craft.

Datos obtenidos de la ejecución de 21 órdenes de trabajos		
Distribución	Costo por Desplazamiento	Metros recorridos
Actual	\$ 86.625	1039,5 mts
Combinación 1	\$ 94.500	1.134 mts
Combinación 2	\$ 60.375	724,5 mts
Combinación 3	\$ 94.500	1.134 mts

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Una vez realizado el proceso con el algoritmo Craft, se obtuvieron los datos anteriores, los cuales ayudan a determinar el tipo de distribución más apropiado para la empresa, en lo relacionado con la disminución del costo por desplazamiento.

Se definió que la mejor forma de distribución de la planta es la representada en la combinación 2, la cual consiste en cambiar las áreas del taller y de esa manera se logra disminuir el costo por desplazamiento de \$ 86.625 a \$ 60.375, una disminución significativa a medida que va aumentando el número de órdenes de trabajo, además se logra disminuir los metros recorridos por el operario de 1039,5 a 724,5, estos datos son el resultado de la comparación de la distribución actual con la combinación 2, que en este caso es la combinación óptima y la que mejores resultados le brinda al proceso.

9.5 ANÁLISIS DE DATOS

Después de haber realizado las pruebas de independencia y correlación de los datos, estos pueden ser transformados a una forma adecuada para el uso en un modelo de simulación mediante la selección de una distribución teóricamente conocida que mejor describa su comportamiento. Para ello es importante entonces generar el gráfico de frecuencia de los datos, identificar la distribución que más se ajuste a ellos, calcular los parámetros de dicha distribución y por último verificar si la selección de la distribución fue la adecuada mediante pruebas estadísticas de validación.

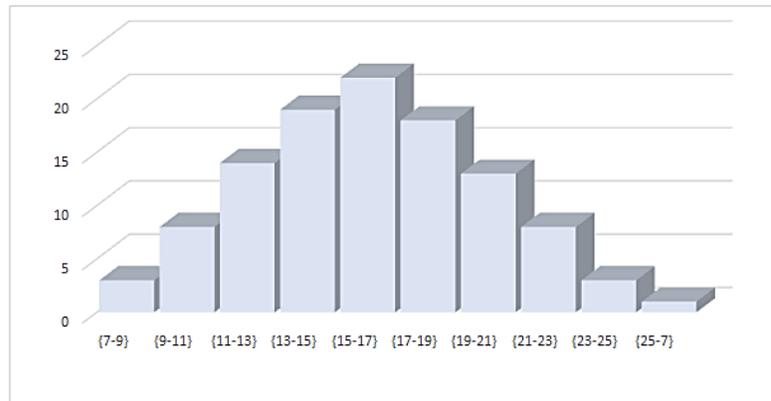
Se determina la realización de un histograma debido a que es útil en la identificación de la forma de una distribución. Su construcción, parte de intervalos, permitiendo visualizar la forma de distribuciones que más se ajusta mejor a los datos graficados. (Véase Tablas No. 29 y 30).

Tabla 29. Datos de llegadas de vehículos

Intervalo de llegada de carros	Frecuencia
{7-9}	3
{9-11}	8
{11-13}	14
{13-15}	19
{15-17}	22
{17-19}	18
{19-21}	13
{21-23}	8
{23-25}	3
{25-7}	1

Fuente: Los autores.

Tabla 30. Histograma de frecuencia de llegada de vehículos



Fuente: Los autores.

Realizando un análisis del gráfico de frecuencia es posible establecer que la mejor distribución que se ajusta a los datos es la normal, debido a la variabilidad de los eventos y actividades que se representan dentro del sistema modelado a través de cada uno de los procesos.

Luego de escoger una distribución específica para los datos, es necesario estimar los parámetros de la distribución con el objetivo de realizar a eficazmente el modelo de simulación permitiendo inferir sobre correcta selección de esta.

10. SIMULACIÓN

Como apoyo a la distribución de planta del taller automotriz Adolfo Zúñiga obtenida a través de la realización del algoritmo Craft, se simuló el proceso productivo con el software Flexsim arrojando resultados globales, siendo estos de gran provecho para cuantificar los problemas operativos que presenta el sistema productivo del taller.

Luego de realizar el proceso con el algoritmo Craft fue posible definir que la mejor forma de distribución de la planta es la representada en la combinación 2, el cual consiste en cambiar el área de electricidad y el área de mecánica, logrando de esta manera disminuir el costo por desplazamiento de \$ 86.625 a \$ 60.375 una disminución significativa a medida que va aumentando el número de vehículos ingresados al taller, estos datos son el resultado de la comparación de la distribución actual con la combinación 2, que en este caso es la combinación óptima y la que mejores resultados le brinda al proceso.

Como se menciona anteriormente el programa sobre el cuál se trabajó fue el software Flexsim, es un software altamente desarrollado, fácil de usar y lo suficientemente robusto para el sistema a modelar. Se llevó a cabo una recolección de los datos de las variables previamente definidas en el estudio, estos datos recibieron todo un tratamiento estadístico, para así poder ingresarlas en el modelo informático de simulación.

Para el modelo a implementar se utilizarán distintas herramientas del programa, la primera es la librería de objetos, los objetos son los procesos y diferentes apoyos principales de la modelación dentro del programa, para nuestro modelo de simulación se utilizaron fuente, procesador, cola, salida, y operario.

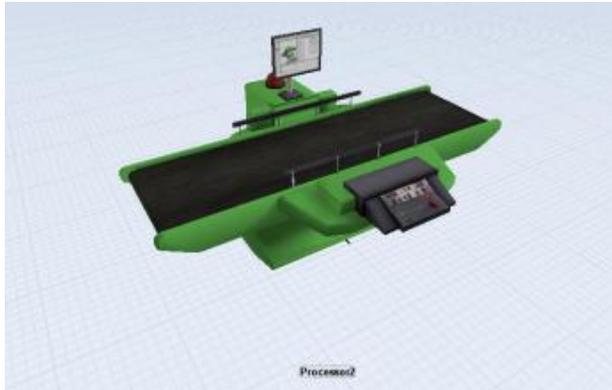
- **Objetos.**

Para el modelo a implementar se utilizarán distintas herramientas del programa, la primera es la librería de objetos, los objetos son los procesos y diferentes apoyos principales de la modelación dentro del programa, para nuestro modelo de simulación se utilizaron fuente, procesador, cola o queue, entrada, y salida.

- **Procesador**

El procesador en el programa se encuentra por su nombre en inglés processor, tiene varios atributos su visualización en 3 dimensiones se ve como en la imagen a continuación. (Ver ilustración 1)

Ilustración 1. Procesador del software



Fuente: Software Flexsim

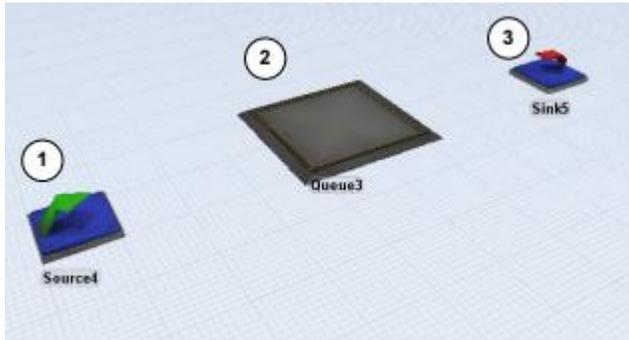
Cada objeto utilizado tiene asignado o se le puede asignar un nombre que sirva como guía para identificar este objeto. Cada objeto tiene una ventana de propiedades en donde acorde al tipo trabajado permite modificar sus atributos, en el caso del procesador se modifican el tiempo de procesamiento, la capacidad, el flujo de proceso entre otras características. En el modelo aplicado se modificarán únicamente las mencionadas.

- **Fuentes, queue y salidas.**

Estos objetos funcionan muy similares en Flexsim como en otros programas de simulación la fuente permite la creación de entidades que recorrerán el proceso, las colas permiten acumular entidades que no estén en procesamiento o en algunos casos para apoyar la distribución del proceso y las salidas suponen el fin o donde las entidades son depositadas al finalizar la operación.

En la ilustración presentada a continuación se muestran las visualizaciones de fuente (número 1), queue (número 2) y salida (número 3).

Ilustración 2. Objetos del software



Fuente: Software Flexsim

- **Operario**

Aparte de realizar transportes de flowitems desde un objeto a otro, puede realizar operaciones en las estaciones o FixedResources. Puede personalizarse para llevar múltiples “flowitems” . Un único transporte puede recibir múltiples solicitudes por tareas o trabajos (tal como transportar un flowitem) de varios objetos localizados en el modelo.

Ilustración 3. Imagen Operario



Fuente: Software Flexsim

En este caso se tuvo una base experimental amplia, se disponía de datos de la empresa de los últimos meses y se pudieron establecer modelos estadísticos muy reales que respondieron a las variables de comportamiento con gran exactitud.

- **Supuestos y parámetros**

Para el proceso a analizar se requiere que los datos sean consecuentes con los obtenidos para la optimización propuesta previamente. Normalmente se deben tomar muestras de cada proceso en tiempos o si se cuentan con historiales basarse en ellos para determinar las distribuciones de probabilidad con las que se comportan sus tiempos.

Los supuestos que facilitarán la ejecución del modelo sugerido al evaluar una distribución de planta, aplicables al presente proyecto son: Los tiempos de preparación, procesamiento, carga y descarga de entidades promedio y constantes. Fueron tomadas 21 órdenes de trabajo para su posterior análisis. Al construir el modelo se consideraron las variables necesarias en cuanto a:

- **Probabilidad de arribos:** Este indicador muestra la probabilidad de llegada de los clientes para la prestación del servicio. Además, este indicador puede ayudar a validar el modelo debido a que es un dato fácil de medir en la situación actual. El índice de probabilidad en este caso se determina para cada uno de los procesos realizados dentro del taller, por lo que será un factor relevante en el resultado de la simulación. La probabilidad de los mismos se muestra a continuación, (Ver tabla 29).

Tabla 31. Probabilidad de arribos

Proceso	Probabilidad de Arribos
Pintura	20%
Mecánica	30%
Latonería	15%
Electricidad	35%

Fuente: Elaboración propia.

- **Tiempo en el sistema:** Este índice es muy importante para el estudio de simulación debido a que determina un factor de decisión de los más relevantes. Con la información suministrada por la empresa es posible determinar el tiempo de procesamiento, el cual se muestra a continuación. (Ver Tabla 30).

Tabla 32. Tiempos de procesamiento

Proceso	Tiempo en el sistema
Pintura	2,78 H
Mecánica	1,60 H
Latonería	1,36 H
Electricidad	2,57 H

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los atributos necesarios para el correcto desarrollo del modelo de simulación se describen los siguientes:

- **Tipología de cliente:** Teniendo en cuenta la tipología de cliente establecida en el método Craft, se toma la de mayor frecuencia y se procede a simular ésta. La tipología de cliente número uno consta de los clientes que realizan el proceso de pintura, mecánica y latonería. En la número dos los procesos de mecánica, electricidad y pintura. Por último la tipología tipo 3 se efectúan los procesos de latonería, electricidad y mecánica. Teniendo en cuenta datos históricos se refleja el número de veces en que se efectúan respectivamente. (Ver ilustración 4).

Ilustración 4. Tipología de clientes

A= Pintura

B= Mecanica

C=Latoneria

D= Electricidad

TIPO DE CLIENTE 1	A-B-C	112
TIPO DE CLIENTE 2	B-D-A	137
TIPO DE CLIENTE 3	C-D-B	128

Fuente: Los autores

- **Número de operarios en cada proceso:** Para el modelo de simulación se determina un operario por proceso. La eficiencia de este se ve reflejada en los resultados arrojados por el software.
- **Cantidad de vehículos atendidos:** Teniendo en cuenta la información suministrada por la empresa fue posible determinar la cantidad de vehículos que entran en el sistema, los datos históricos arrojan un promedio de 9 vehículos diariamente, esta variable es un factor determinante en el resultado de la simulación.
- **Layout de la empresa:** Para el diseño del modelo de simulación de la distribución real del área de producción fue requerido el Layout actual, el cual fue suministrado por el personal del taller y posteriormente se tiene en cuenta al realizar los cambios propuestos.

Es importante mencionar que en las salidas de flujo de cada proceso el criterio es estándar al siguiente proceso disponible la atención de los elementos de transporte se da un orden FIFO a la cola de atención.

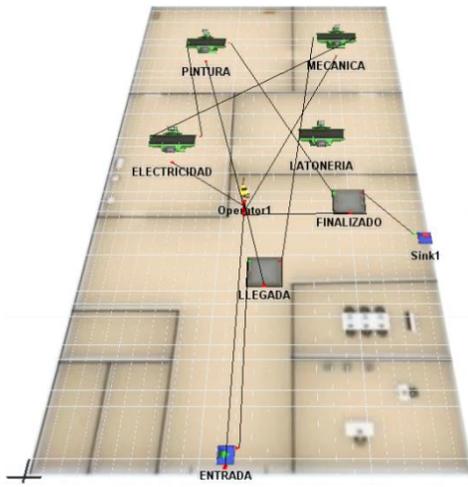
En el desarrollo de la simulación se contemplaron los cuatro procesos presentes en el taller automotriz, (Pintura, mecánica, electricidad y latonería.) Con la información ilustrada anteriormente de cada proceso.

Al construirlo se determinaron esquemas de verificación y validación que fueron aplicados obteniendo resultados satisfactorios.

El objetivo principal es analizar el efecto sobre el transporte y sobre tiempos de espera en cada una de las estrategias planteadas. Se proponen dos escenarios la distribución de planta actual sin cambios en los departamentos y la distribución de planta arrojada por el problema de optimización previamente planteado.

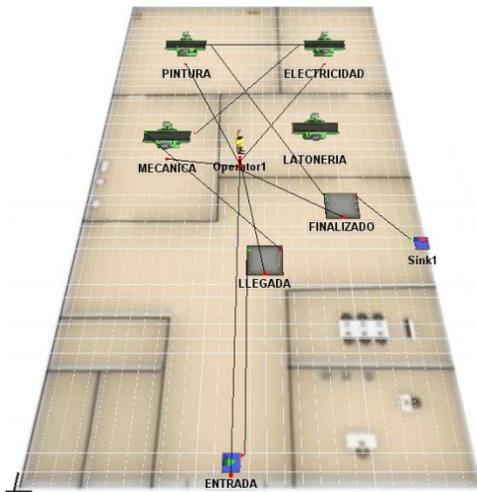
En las siguientes ilustraciones se muestra el modelo general de la situación actual y propuesta del taller automotriz. (Ver figura 16 y 17)

Figura 16. Modelo general situación actual.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Modelo general situación propuesta.



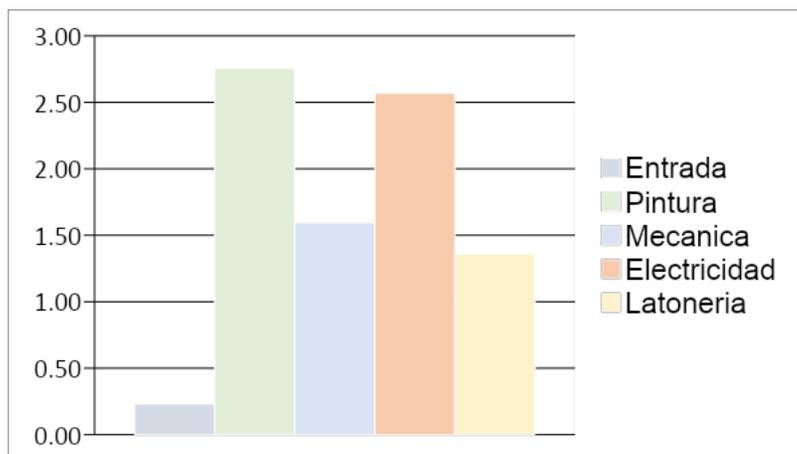
Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en las figuras se representó el modelo con sus diferentes departamentos, conexiones, máquinas y operarios se utilizaron colas auxiliares representando el sistema de transporte entre plantas para ambos escenarios las configuraciones son similares excepto la configuración de los departamentos.

Una vez realizada la simulación del proceso productivo del taller Adolfo Zúñiga, se pudo identificar de manera clara y fluida los posibles factores a mejorar sobre las condiciones físicas y logísticas de la empresa.

Teniendo en cuenta los parámetros requeridos por el software, se realiza por medio del siguiente gráfico una observación de los tiempos en los procesos presentes dentro del sistema. (Ver gráfico 1).

Gráfico 1. Tiempo promedio de estancia.

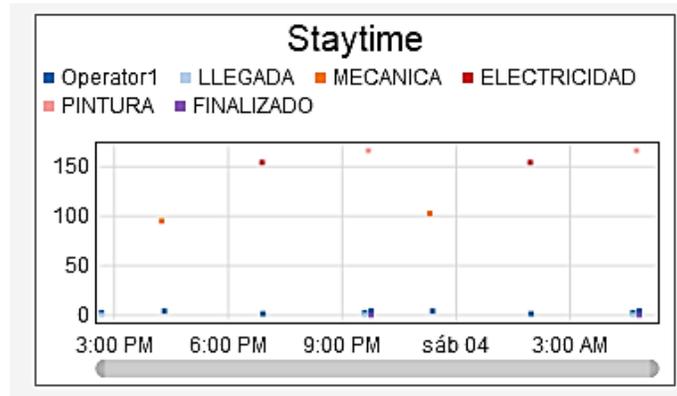


Fuente: Elaboración propia.

La simulación arrojó un promedio de tiempo de estancia dentro del sistema, evidenciando que los procesos más complejos son el de pintura y electricidad con un tiempo de 2,76h y 2,47h respectivamente. Por tanto se determina la importancia del cambio pertinente de áreas.

Como resultado de la simulación el software arrojó las siguientes tablas de información de los tiempos de intervención en cada una de las etapas del desarrollo del proceso. (Ver figura 18)

Figura 18. Tiempo de relación entre procesos

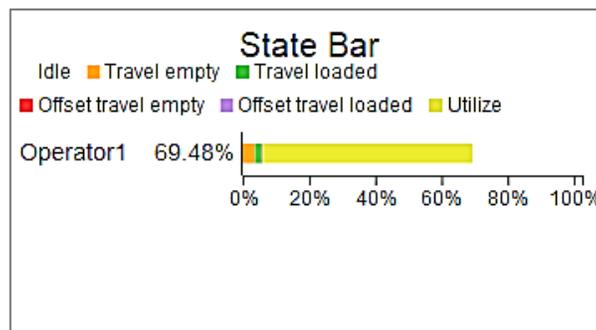


Fuente: Elaboración propia.

En la anterior figura es posible evidenciar los momentos en tiempo de operación, donde el operario interviene en los procesos de electricidad, pintura y mecánica, además se observa el tiempo que demora para la elaboración las actividades.

En la siguiente gráfica se observa el tiempo que tarda el operario en realizar los procesos anteriormente mencionados durante un día de labor. (Ver figura 19)

Figura 19. Porcentaje de ocupación actual en relación de tiempo de trabajo.



Fuente: Elaboración propia.

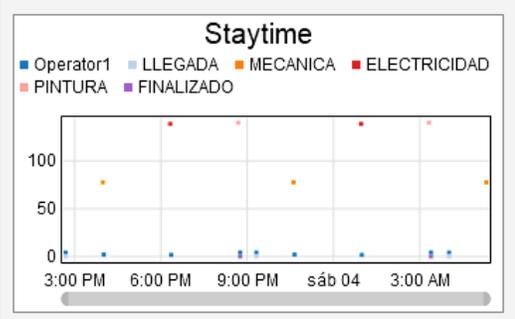
El anterior gráfico muestra la distribución de tiempo empleado para los procesos de mecánica, electricidad y pintura, teniendo en cuenta el ciclo laboral que es de 8 horas diarias, en los resultados presentados se destaca la totalidad de tiempo utilizado, tiempos de ocio (tiempo libre), viaje vacío (tiempo en el cual el trabajador no transporta materiales, productos o herramientas), viaje cargado (tiempo en el

que el operario transporta un producto o materia prima para la labor desempeñada), porcentaje total de tiempo empleado.

El porcentaje total de tiempo utilizado por el trabajador arroja un 69.48% del tiempo total dentro de la planta en las condiciones actuales, la cual presenta regularmente accidentes, dando oportunidad a posibles afectaciones físicas al trabajador o enfermedades derivadas de su labor.

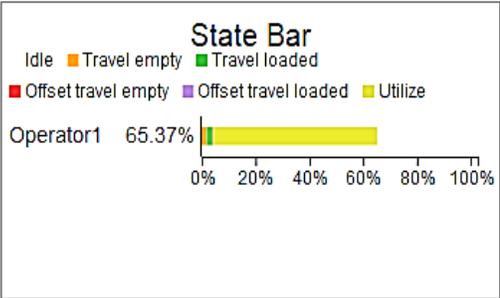
A continuación en la figura 20, se muestra el porcentaje de utilización de tiempo por parte del empleado durante la ejecución de la misma actividad pero esta vez utilizando la mejora en la distribución de planta obtenida luego del estudio con el algoritmo Craft.

Figura 20. Tiempo de relación entre procesos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Porcentaje de ocupación de tiempo con distribución recomendada.



Fuente: Elaboración propia.

Para este caso, el porcentaje total de tiempo utilizado por el trabajador arroja un 65.37% del tiempo total dentro de la planta en las condiciones propuestas.

El anterior gráfico muestra la distribución de tiempo empleado en la ejecución de los procesos de mecánica, electricidad y pintura del taller automotriz Adolfo Zúñiga, arrojado por el software Flexsim, implementando las medidas sugeridas con base a los estudios realizados con el algoritmo Craft, de la cual se destacan los criterios evaluados en la distribución actual, totalidad de tiempo utilizado, tiempos de ocio (tiempo libre), viaje vacío (tiempo en el cual el trabajador no transporta materiales, productos o herramientas), viaje cargado (tiempo en el que el operario transporta un producto o materia prima para la labor desempeñada), porcentaje total de tiempo empleado.

Posterior al análisis de los resultados, se evidenció que el tiempo total empleado por el operario para la ejecución de los procesos mencionados anteriormente durante el periodo laboral, disminuyó en un 4% con respecto a la información inicial, dicho valor a simple vista no resulta relevante pero a medida que se va aumentando el volumen de producción esa disminución porcentual será mayor teniendo en cuenta la demanda. Por tanto es importante resaltar que la nueva distribución física propuesta por los autores además de disminuir sustancialmente los posibles incidentes y/o accidentes, disminuye los recorridos del operario, consumo de materiales y tiempos de ciclos totales.

10.1 RESUMEN DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta los reportes obtenidos luego de la aplicación de las herramientas mencionadas anteriormente, se presenta una comparación de los resultados, (Ver tabla 31)

Tabla 33. Resumen de resultados

Distribución Actual		Distribución Propuesta	
Tiempo en el sistema	7.15H	Tiempo en el sistema	6.07 H
Porcentaje tiempo ocioso	34.63%	Porcentaje tiempo ocioso	30%
Eficiencia de operario	69.48%	Eficiencia de operario	65.37%
Costo por desplazamiento	\$ 86.625	Costo por desplazamiento	\$ 60.375,
Metros recorridos por operario	1039,5m	Metros recorridos por operario	724,5m

Fuente: Elaboración propia.

En la situación propuesta se ve una mejora en los tiempos en el sistema, el porcentaje de tiempo ocioso por parte del operador y la eficiencia dentro de la ejecución de los procesos, disminuyendo en gran porcentaje, generando un mayor manejo de los espacios presentes en la planta.

Para los procesos de pintura y electricidad se redujeron significativamente estas variables por lo cual se puede concluir que la situación propuesta tiene un gran impacto en la reducción de tiempos de operación y en la disminución de recorridos, ayudando así a minimizar los costos por desplazamiento.

11.RECOMENDACIONES

Según el estudio realizado a la empresa en mención, se puede determinar, que es fundamental para el óptimo desarrollo del proceso, reestructurar las instalaciones locativas tomando como base los resultados obtenidos luego del estudio con el algoritmo Craft.

Se debe reorganizar específicamente el área de producción, con el propósito de eliminar los retrocesos y el congestionamiento de vehículos, re direccionando el flujo del mismo, logrando de esta manera la reducción de los tiempos de entrega en la empresa.

Se recomienda aplicar la propuesta planteada, con la que se mejora las condiciones de trabajo, tiempos empleados, la eficiencia y eficacia y en consecuencia se mejorará la calidad, la productividad, y la competitividad de la empresa.

Se recomienda que se proceda a realizar un análisis económico, después de un año de la implementación de la propuesta que abarque tanto el área de producción, como el mejoramiento continuo de la planta en cuanto a tiempos se refiere para saber si la empresa está produciendo de acuerdo a lo planteado.

Es importante que la compañía capacite a los empleados según el área en la cual se desempeñan, esto con el fin de aumentar el rendimiento individual y así puedan contribuir notablemente al desarrollo productivo en la organización.

En aras de aumentar la productividad se le sugiere a la empresa desarrollar un plan de incentivos a los empleados, teniendo en cuenta el desempeño de estos durante el desarrollo de sus labores.

12. CONCLUSIONES

Se recopiló y analizó la situación actual de la empresa, encontrando que en la categoría de orden y limpieza en los lugares de trabajo está el mayor porcentaje de incumplimiento con un 15,5%, seguido de la planta física con un 17,5%, demostrando con ello falencias en la actual organización de centros de trabajo; en la disposición de maquinarias y herramientas; en la utilización de medios de almacenamiento y elementos de protección personal. De igual forma se pudo evidenciar, la carencia de áreas demarcadas para la realización de los procesos y el tránsito seguro de las personas que ingresan al taller.

El diagrama de relaciones arrojó importantes ajustes entre las cuatro áreas de estudio (pintura, latonería, electricidad, mecánica) resaltando que son las principales actividades que se llevan a cabo en el taller automotriz, se hace necesario que estén altamente relacionadas para no generar cuellos de botellas y disminuir los tiempos de recorridos por parte del operario.

De acuerdo a la naturaleza de las operaciones que se llevan a cabo en el taller automotriz, se aplicó la metodología Craft, a través de ella y teniendo en cuenta el diagnóstico de la situación actual y las relaciones de cercanía que debe cumplir cada departamento, se plantearon las alternativas de distribución, obteniendo la mejor forma de distribución de la planta, la cual consiste en cambiar el área de electricidad con el área de mecánica, de esta manera se logra disminuir el costo por desplazamiento de \$86.625 a \$60.375, una disminución significativa a medida que va aumentando el número de órdenes de trabajo, además se logra disminuir los metros recorridos por el operario de 1039,5m a 724,5m, por tanto es necesario resaltar que la nueva propuesta de distribución física además de disminuir sustancialmente los recorridos del operario, consumo de materiales y tiempos de ciclos totales disminuye los posibles incidentes y/o accidentes.

Al realizar la validación de los resultados empleando la simulación a través del software Flexsim, se obtuvieron los tiempos de intervención de cada una de las etapas del proceso, donde, se observa de manera clara los factores de mejora en las condiciones físicas y logísticas de la empresa; adicionalmente en las gráficas arrojadas, es posible analizar el desempeño del taller con su diseño actual, en el cual los operarios utilizan el 69% del tiempo en su recorrido, en comparación con el diseño propuesto este se reduce a un 65% del tiempo, lo cual daría un 4% más de eficiencia que el actual. Este valor será más relevante en la medida que aumente la demanda; Por tanto es importante resaltar que la nueva distribución física propuesta por los autores además de disminuir sustancialmente los posibles incidentes y/o accidentes, disminuye los recorridos del operario, consumo de materiales y tiempos de ciclos totales.

13. BIBLIOGRAFÍA

Armour G.C. & Buffa E.S. (1963). A heuristic algorithm and simulation approach to relative location of facilities, *Management Science*, 9, 294-309.

Albert suñé, francisco gil, lignacio Arcusa. Manual práctico de diseño de sistemas productivos. Madrid, Ed. Díaz de Santos 2004.

Balibrera, Luisa y otros, Diseño de una metodología para la implementación de “Lean manufacturing” en el sector manufacturero de la industria salvadoreña.

Bano y. Ekren, Arslan M. Ornek. A Simulation Based Experimental Design To Analyze Factors Affecting Production Flow Time. *Simulation Modelling Practice and Theory* 16 (2008) 278–293.

Banks, Jerry (1999) *Discrete-event simulation*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Buenaño, Santiago. Quincha Quincha, María Belén. Quizhpe Sánchez, Mayra Elizabeth Diseño de la distribución de un taller de servicio automotriz para vehículos de hasta 5000 CM3.

Chaese. (s.f.). *Administración de producción y operaciones*.

Daft, Richard L. (2007) *Teoría y diseño organizacional*. México, D.F.: Thomson.

David de la Fuente García e Isabel Fernández Quesada. *Distribución en planta*.

Estrada y Estrada, Marvin Estuardo. “Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para vehículos y maquinaria pesada para la empresa Semavesca ubicada en el municipio de Tecún Umán, San Marcos”. Trabajo de Graduación de Ing. Ind. Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005.

García. García. Cárdenas. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Primera edición. Pearson. 2006. 280p.

E.S, A. G. (1964). A heuristic algorithm and simulation approach to relative location of facilities.

E. Orozco y J. Cervera, Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales Apoyado en el Uso de la Simulación de Procesos, Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 1, n.º 1, ene. 2013.

Gardey., J. P. (Publicado: 2014. Actualizado: 2015.). Definición de redistribución.

Muther, Richard. Distribución en planta. Ordenación racional de los elementos de producción industrial. Editorial Hispano Europea. Barcelona (España).1981

Nicholson, T. (s.f.). "Optimization in industry, Vol. 1," Optimization Techniques. Dykinson.

Pegden, C. D. (1990). *Introduction to simulation using SIMAN*.

Ramírez, B. (2012), Propuesta de diseño y distribución de planta para la empresa carretes y maderas. (Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Industrial). Universidad san buenaventura, Cali, Colombia.

Ruiz Alvarado, Winston Paul. "Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo para el equipo de un laboratorio textil de pruebas físicas de tela de lona en una industria de confección de pantalones". Trabajo de Graduación de Ing. Ind. Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005.

Simulación de un proceso industrial mediante FlexSim. Master oficial en automática y robótica. Universidad de Alicante.

Toledo Velarde, Pedro Joel. "Desarrollo e implantación de un plan de mantenimiento preventivo, para la mejora de productividad de una línea de Sachet, para envasar salsa de tomate". Trabajo de Graduación de Ing. Ind. Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006.

Torres, Sergio, "Ingeniería de Plantas", Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004.

Villaseñor, Alberto y Galindo, Edber (2007) Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. México: Editorial Limusa S.A.

ANEXOS

Anexo 1. Lista de chequeo

LISTA DE CHEQUEO

NOMBRE EMPRESA: Adolfo Zuñiga e Hijos s en c
Dirección: Lo Amador Calle Santander No 201315
Fecha: 12 Octubre 2018.

Nº Item	Área Clave de Diagnóstico	SI	AV	NO	NC
1	ADMINISTRACIÓN DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS				
1.1	Existe un profesional asesor en prevención de riesgos.	X			
1.2	Se cumple con las medidas de seguridad indicadas por el asesor de prevención.	X			
1.3	Los trabajadores están informados sobre riesgos del trabajo que ejecutan.	X			
1.4	Existe Reglamento interno de Orden, Higiene y Seguridad.	X			
1.5	Existe una política general de prevención de riesgos	X			
1.6	Esta política de prevención ha sido difundida a todos los trabajadores	X			
1.7	Existe procedimiento para accidentes de trabajo y trayecto.	X			
1.8	Existe procedimiento para la sospecha de enfermedades profesionales.	X			
1.9	El Plan de Emergencia y Evacuación esta publicado y es de conocimiento de todos los trabajadores.	X			
1.10	La administración Superior repara los daños oportunamente.	X			

Nº Item	Área Clave de Diagnóstico	SI	AV	NO	NC
2	SERVICIOS BÁSICOS				
	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
2.1	Se encuentra autorizado el empalme eléctrico	X			
2.2	Los tableros eléctricos cuentan con señalización que indique "Riesgo Eléctrico".	X			
2.3	Existe conexión a tierra de protección	X			
2.4	Están las instalaciones de alumbrado divididas en circuitos	X			
2.5	La canalización del sistema eléctrico se mantiene en buen estado	X			
2.6	Se controla al máximo el uso de alargadores o triples como tomacorriente	X			
2.7	Conocen los trabajadores los riesgos eléctricos	X			
	INSTALACIONES DE GAS				
3.1	Las instalaciones de gas se encuentran en buen estado.	X			
3.2	Se realiza mantención de mangueras, conexiones y reguladores de estufas	X			
3.3	Conocen los trabajadores los riesgos de los gases que utilizan.	X			

N° ITEM		PROBLEMA			
N° Item	Área Clave de Diagnóstico	SI	AV	NO	NC
4	CONDICIONES GENERALES DE SEGURIDAD				
4.1	Existen extintores para el control del fuego	X			
4.2	Existe programa de inspección, mantención y recarga de extintores	X			
4.3	Las vías de evacuación se encuentran señalizadas.	X			
4.4	Los extintores están señalizados de acuerdo a la norma.	X			
4.5	Los trabajadores han sido instruidos en el uso de los extintores de acuerdo a lo establecido en el Decreto reglamentario.	X			

N° Item	Área Clave de Diagnóstico	SI	AV	NO	NC
5	ORDEN Y LIMPIEZA EN LOS LUGARES DE TRABAJO				
5.1	Existe control de elementos innecesarios.		X		
5.2	Existen suficientes depósitos para residuos, producto de trabajo.		X		
5.3	Se dispone de lugar habilitado para almacenar transitoriamente elementos y equipos innecesarios		X		
5.4	Los trabajadores colaboran para mantener el orden			X	
5.5	La superficie de transito se encuentra libre de sustancias resbaladizas o elementos que obstruyan el paso.		X		
5.6	En los planos de trabajo se mantienen solo los elementos necesarios		X		
5.7	Se mantienen los lugares de transito de personas, libres de obstáculos		X		
5.8	Las estanterías están fijadas y calculadas para soportar la carga requerida	X			
5.9	Los apilamientos en estanterías están calculados en altura para evitar derrumbes.	X			
5.10	Los puestos de trabajo se encuentran libres de cables (red computacional, eléctrica, telefónica) que obstruyan el normal desplazamiento de los trabajadores.		X		
5.11	El personal del aseo tiene y usa los elementos de protección personal		X		
5.12	Existe un procedimiento para reponer elementos de aseo		X		

Nº Item	Área Clave de Diagnóstico	SI	AV	NO	NC
6	CAPACITACION A LOS TRABAJADORES				
6.1	Existe un listado de las personas capacitadas en prevención de riesgos y la materia de dicha capacitación.	X			
6.2	Se han identificado las necesidades de capacitación	X			
6.3	Existen manuales, cartillas o material audiovisual de capacitación	X			
6.4	Se registran y archivan los resultados obtenidos en cursos de capacitación	X			
6.8	Se fomenta la capacitación, como una herramienta que beneficia al trabajador	X			

Nº Item	Área Clave de Diagnóstico	SI	AV	NO	NC
7	PLANTA FISICA		X		
7.1	Es buena la distribución del taller		X		
7.2	Se encuentran delimitadas las áreas de cada trabajador.		X		
7.3	ES ADECUADA LA UBICACIÓN DE HERRAMIENTAS, MAQUINARIA Y EQUIPOS		X		
7.4	Los cielos del establecimiento están en buenas condiciones.	X			
7.5	Los pisos en las distintas áreas de trabajo están en buen estado y no resbaladizo.		X		
7.6	El flujo de material no interviene con los espacios			X	
7.7	El espacio general del taller, es suficiente para el personal	X			
7.8	Los operarios se sienten cómodos con distribución		X		
7.9	Se mantiene una temperatura agradable para las personas, en espacios de trabajo.		X		
7.10	Están identificados los Instrumentos de Protección requeridos, según la actividad o función realizada por los trabajadores.		X		

Anexo 2. Herramientas de recolección de información.

Herramienta 1: Planilla de recolección de órdenes de trabajo

	ITEM	ORDEN DE TRABAJO	FECHA	EQUIPO O VEHICULO	PROCESO O SERVICIO	HORA[TIEMPO ESTIPULADO]
2						
3	1	3729I	19/01/2013		LATONERIA	3
4	2	3742A	25/01/2013		PINTURA	2
5	3	3736A	23/01/2013		FIBRA	3
6	4	3740A	24/01/2013		FIBRA	1
7	5	3746A	26/01/2013		MECANICA	1
8	6	3744A	25/01/2013		MECANICA	4
9	7	3747A	26/01/2013		MECANICA	4
10	8	3723A	18/01/2013		LATONERIA	16
11	9	3728	19/01/2013		LATONERIA	4
12	10	3724A	18/01/2013		LATONERIA	16
13	11	3745A	30/01/2013		LATONERIA	1
14	12	3745A	30/01/2013		PINTURA	8
15	13	3753A	3/01/2013		PINTURA	4
16	14	3752A	28/01/2013		PINTURA	24
17					MECANICA	16
18					LATONERIA	24
19	15	3737A	3/01/2013		PINTURA	16
20					PINTURA	32
21	16	3751A	21/01/2013	TOYOTA	LATONERIA	8
22					MECANICA	2
23					FIBRA	16
24	17	3733	21/01/2013	KIA SPORTAGE		
25					LATONERIA	8
26	18	3734A	22/01/2013	FORD	PINTURA	8
27	19	3730A	21/01/2013	MAZDA COUPE	LATONERIA	8
28	20	3738A	22/01/2013	GEELY	LATONERIA	8
29	21	3741A	28/01/2013	SPANT	MECANICA	1
30	22				LATONERIA	1
31	23	3743A	25/01/2013	MAZDA	PINTURA	6
32	24	3700A	2/01/2013	MAZDA	MECANICA	2
33	25	3703A	3/01/2013	MAZDA	MECANICA	2
34	26	3702A	3/01/2013	RENAULT	MECANICA	6
35	27	3704A	2/01/2013	SPARK	MECANICA	6
36	28	3707A	4/01/2013	KIA	MECANICA	1
37	29	3709A	4/01/2013	AVEO	MECANICA	4
38	30	3705A	4/01/2013	AVEO	MECANICA	4
39	31	3708A	5/01/2013	NISSAN	PINTURA	8
40	32	3706A	4/01/2013	SOIL	LATONERIA	8
41	33	3709A	5/01/2013	NISSAN	FIBRA	4
42					MECANICA	8
43	34	3713A	10/01/2013	RENAULT	ELECTRICIDAD	1
44	35	3712A	9/01/2013	SUZUGUI	PINTURA	7
45					LATONERIA	6
46					PINTURA	3
47	36	3711A	8/01/2013	SAIL	FIBRA	1
48	37	3721	21/01/2013	SIL	MECANICA	2

Fuente: Los Autores.

Herramienta 2: Planilla de recolección de tiempos

	ITEM	ORDEN DE TRABAJO	FECHA	PROCESO O SERVICIO	HORA(TIEMPO ESTIPULADO)
2					
3	1	37291	19/01/2019	LATONERIA	3
4	2	3742A	25/01/2019	PINTURA	2
5	3	3736A	23/01/2019	FIBRA	3
6	4	3740A	24/01/2019	FIBRA	1
7	5	3746A	26/01/2019	MECANICA	1
8	6	3744A	25/01/2019	MECANICA	4
9	7	3747A	26/01/2019	MECANICA	4
10	8	3723A	18/01/2019	LATONERIA	16
11	9	3728	19/01/2019	LATONERIA	4
12	10	3724A	18/01/2019	LATONERIA	16
13	11	3745A	30/01/2019	LATONERIA	1
14	12	3745A	30/01/2019	PINTURA	8
15	13	3753A	3/01/2019	PINTURA	4
16	14	3752A	28/01/2019	PINTURA	24
23	17	3733	21/01/2019	FIBRA	16
27	19	3730A	21/01/2019	LATONERIA	8
28	20	3738A	22/01/2019	LATONERIA	8
29	21	3741A	28/01/2019	MECANICA	1
31	23	3743A	25/01/2019	PINTURA	6
32	24	3700A	2/01/2019	MECANICA	2
33	25	3703A	3/01/2019	MECANICA	2
34	26	3702A	3/01/2019	MECANICA	6
35	27	3704A	2/01/2019	MECANICA	6
36	28	3707A	4/01/2019	MECANICA	1
37	29	3709A	4/01/2019	MECANICA	4
38	30	3705A	4/01/2019	MECANICA	4
39	31	3708A	5/01/2019	PINTURA	8
40	32	3706A	4/01/2019	LATONERIA	8
41	33	3709A	5/01/2019	FIBRA	4
43	34	3713A	10/01/2019	ELECTRECIDAD	1
44	35	3712A	9/01/2019	PINTURA	7
47	36	3711A	8/01/2019	FIBRA	1
48	37	3710A	8/01/2019	MECANICA	2
49	38	3718A	14/01/2019	MECANICA	2
51	40	3720A	17/01/2019	MECANICA	2
53	41	3719A	15/01/2019	PINTURA	2
54	42	3726A	19/01/2019	MECANICA	2
55	43	3714A	10/01/2019	MECANICA	3
56	44	3715A	11/01/2019	ELECTRECIDAD	1
57	45	3716A	11/01/2019	MECANICA	2
58	46	3731A	2/01/2019	LATONERIA	8

Fuente: Los Autores.

Anexo 3. Listado de equipos

Ubicación del equipo	Versión: 2					
	Fecha: 21/11/2017					
Taller o Ecopetrol				DO	Fecha programada	Fecha Ejecucion
	Código	Equipo	EJECUTADO	Mtto	Mtto	
TALLER	C1	ESMERIL DE BANCO (2)				
TALLER	C2	PUNCHADORA		27/09/2019		
TALLER	C3	COMPRESOR				
ECOPETROL	C40	PISTOLA DE SOLDAR		2/08/2019		
ECOPETROL	C41	PULIDORA				
ECOPETROL	C42	TALADRO PEQUEÑO				
ECOPETROL	C43	TALADRO GRANDE				
ECOPETROL	C44	PORTATIL LENOVO G40 carlos castro				
ECOPETROL	C45	DISPENSADOR DE AGUA oficina admon.ecopetrol		2/08/2019		
ECOPETROL	C46	DISPENSADOR DE AGUA carpa mule				
ECOPETROL	C47	DISPENSADOR DE AGUA carpa EP		2/08/2019		
TALLER	C48	AIRE ACONDICIONADO BLUE LINE		2/08/2019		
ECOPETROL	C49	AIRE ACONDICIONADO QUMPO (REFINERIA) alfonso		13/08/2019		
ECOPETROL	C50	AIRE ACONDICIONADO WESTINGHOUSE (REFINERIA) contenedor jhorlan		13/08/2019		
ECOPETROL	C51	MAQUINA DE SOLDADURA 2				
TALLER	C52	DISPENSADOR DE AGUA HACER		26/08/2019		
ECOPETROL	C53	DISPENSADOR DE AGUA area pintura				
TALLER	C54	VIDEO BEAM				
ECOPETROL	C55	COMPUTADOR PORTATIL MELISSA				
TALLER	C56	PLANTA DE GAS		25/08/2019		
ECOPETROL	R1	MQTO SOLDADOB		23/08/2019		
ECOPETROL	R2	AIRE ACONDICIONADO OP2		13/08/2019		
ECOPETROL	R3	AIRE ACONDICIONADO ALM1		13/08/2019		
ECOPETROL	R4	AIRE ACONDICIONADO ALM2		13/08/2019		

Fuente: Adolfo Zúñiga.

Anexo 4. Medidas de las áreas del taller.

Área	Largo	Ancho
Pintura	14,1	14,1
Mecánica	14,1	14,1
Latonería	9,4	21,9
Electricidad	14,1	9,4
TOTAL		

Zona	Área (m2)
Pintura	198,81
Mecánica	198,81
Latonería	205,86
Electricidad	132,54
Área de oficinas	
Área baños y vestier	
Servicios varios	
Total	736,02

Fuente: Los Autores.

Anexo 5. Formato hoja de ruta

HOJA DE RUTA		Version: 2								
FECHA DE INGRESO		FECHA DE ENTREGA - PROGRAMADA								
FECHA DE INGRESO		FECHA DE ENTREGA - REAL								
OT No		TIPLO DE VEHICULO								
FECHA DE INGRESO		FECHA DE ENTREGA - REAL								
#	ACTIVIDAD	DESCRIPCION / ESPECIFICACION	RESPONSABLE	INICIO	FIN	Características críticas	C	NC	NA	
				FECHA	HORA	FECHA	HORA			
1	LATONERIA	CAMBIO DE PIEZAS	ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	08:00	20-11-2019	12:00	Verifica Piezo		
			ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	12:00	20-11-2019	14:00	Desmontaje		
2	PINTURA	APLICACION DE PINTURA Y ACABADO	ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	08:00	20-11-2019	12:00	Limpiar		
			ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	12:00	20-11-2019	14:00	Aplicación Base Seladora		
3	MOTOR	REPARACION DE MOTOR	ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	08:00	20-11-2019	12:00	Desmontaje		
			ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	12:00	20-11-2019	14:00	Desmontaje		
4	FRENOS	REPARACION SISTEMA DE FRENOS	ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	08:00	20-11-2019	12:00	Desmontaje		
			ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	12:00	20-11-2019	14:00	Desmontaje		
5	SUSPENSION	REPARACION SISTEMA SUSPENSION	ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	08:00	20-11-2019	12:00	Desmontaje		
			ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	12:00	20-11-2019	14:00	Desmontaje		
6	ELECTRICIDAD	REPARACIONES ELECTRICAS	ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	08:00	20-11-2019	12:00	Desmontaje		
			ING RESIDENTE JEFE TALLER	20-11-2019	12:00	20-11-2019	14:00	Desmontaje		

Fuente: Adolfo Zúñiga.