



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MAXIMIZAR LA  
UTILIZACIÓN DEL ESPACIO Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA  
EMPRESA CORDEAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO.**

---

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor**

Cordero Vidal Luis Javier

**Tutor**

Mgtr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

AMBATO – ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Cordero Vidal Luis Javier, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MAXIMIZAR LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA CORDEAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO.”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 28 días del mes de marzo de 2025, firmo conforme:

Autor: Cordero Vidal Luis Javier

Firma:

Número de Cédula: 1850073030

Dirección: Provincia, Ambato, Huachi Loreto, Cdla Juan Montalvo.

Correo Electrónico: Javier.cv02@hotmail.com

Teléfono: 0962641451

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MAXIMIZAR LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA CORDEAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO” presentado por Cordero Vidal Luis Javier, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 10 de abril del 2025

.....  
Mgtr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniería Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 10 de abril del 2025

.....

Cordero Vidal Luis Javier  
0962641451

## **APROBACIÓN DE LECTORES**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MAXIMIZAR LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA CORDEAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 10 de abril del 2025

.....

Mgtr. Naranjo Mantilla Olga Marisol

LECTORA

.....

Mgtr. Cáceres Miranda Lorena Elizabeth

LECTORA

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Luis Cordero y María del Carmen Vidal, por ser ejemplo de esfuerzo y dedicación, por enseñarme a no rendirme y apoyarme en cada paso.

A mi hermano Kevin, por estar siempre ahí, y a toda mi familia por ser mi motivación y fortaleza.

Luis Cordero

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco, en primer lugar, a Dios por darme la sabiduría e inteligencia para poder culminar mis estudios y ser un gran profesional.

A la Universidad Tecnológica Indoamérica, y en general a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial, en especial a mi tutor de Tesis, Mgtr. Patricio Sánchez quien me guio a lo largo de mi trabajo de titulación

Gracias

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

Contextualización.....	1
Antecedentes.....	2
Justificación.....	4
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5

### CAPÍTULO II

#### INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	6
---	---

Estructura organizacional .....	8
Mano de obra .....	9
Máquinas .....	9
Materiales .....	14
Métodos .....	18
Área de Estudio .....	45
Modelo Operativo.....	46
Desarrollo del modelo operativo .....	47

### **CAPÍTULO III**

#### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

Alternativa 1 .....	51
Diagrama de relación de adyacencia alternativa 1 .....	53
Diagrama de relación de actividades alternativa 1 .....	53
Alternativa 2 .....	59
Diagrama de relación de adyacencia alternativa 2 .....	61
Diagrama de relación de actividades alternativa 2 .....	61
Resultados esperados.....	69
Cronograma de actividades .....	80
Análisis de costos .....	81
Análisis de costo y tiempo (Curva “S”).....	82

### **CAPÍTULO IV**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.....	83
Recomendaciones .....	84
Bibliografía.....	85
Anexo .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Personal de Cordeauto .....	8
<b>Tabla 2.</b> Mano de obra .....	9
<b>Tabla 3.</b> Diagnóstico y dimensionamiento de máquinas y equipos del taller .....	10
<b>Tabla 4.</b> Dimensiones de las máquinas que están en el área de enderezado.....	12
<b>Tabla 6.</b> Materiales utilizados en Cordeauto.....	14
<b>Tabla 5.</b> Distancias de recorrido del operario para recoger los materiales .....	15
<b>Tabla 7.</b> Tiempo promedio de actividades .....	18
<b>Tabla 8.</b> Descripción del proceso actual de reparación de daño leve .....	22
<b>Tabla 9.</b> Descripción del proceso actual de reparación de daño medio .....	23
<b>Tabla 10.</b> Descripción del proceso actual de reparación de daño fuerte.....	24
<b>Tabla 11.</b> Descripción del proceso actual de reparación de daño medio del material ...	25
<b>Tabla 12.</b> Descripción del proceso general de reparación de un vehículo .....	26
<b>Tabla 13.</b> Cálculo de la eficiencia operativa .....	28
<b>Tabla 14.</b> Áreas de trabajo de la empresa Cordeauto – estado actual.....	29
<b>Tabla 15.</b> Cantidad de vehículos que ingresaron al taller .....	30
<b>Tabla 16.</b> Criterio de cercanía .....	31
<b>Tabla 17.</b> Clasificación de cercanías .....	31
<b>Tabla 18.</b> Código de las proximidades.....	32
<b>Tabla 19.</b> Distancia rectilínea de los departamentos.....	34
<b>Tabla 20.</b> Factores .....	35
<b>Tabla 21.</b> Cálculo necesidades de espacio .....	37
<b>Tabla 22.</b> Cantidad de vehículos que ingresaron al mes durante un año .....	38
<b>Tabla 23.</b> Ingresos mensuales de reparación según el tipo de daño.....	39
<b>Tabla 24.</b> Costos de producción mano de obra .....	39
<b>Tabla 25.</b> Costos de internet, teléfono y arriendo .....	40
<b>Tabla 26.</b> Costo de energía eléctrica .....	40
<b>Tabla 27.</b> Costo servicio básico (agua) .....	41
<b>Tabla 28.</b> Costo de insumos en el año.....	42
<b>Tabla 29.</b> Costos de insumos según el tipo de daño.....	43
<b>Tabla 30.</b> Costos de mantenimiento .....	44
<b>Tabla 31.</b> Productividad multifactorial .....	45

<b>Tabla 32.</b> Área de estudio .....	45
<b>Tabla 33.</b> Técnicas para reducir problemas en la distribución mediante computadora. 49	
<b>Tabla 34.</b> Valores y porcentajes de adyacencia de alternativa 1 .....	52
<b>Tabla 35.</b> Forma de los departamentos alternativa 1 .....	54
<b>Tabla 36.</b> Distancia rectilínea actual vs distancia propuesta alternativa 1 .....	54
<b>Tabla 37.</b> Descripción del proceso de reparación de daño medio para alternativa 1 .....	58
<b>Tabla 38.</b> Valores y porcentajes de adyacencia de alternativa 2 .....	60
<b>Tabla 39.</b> Forma de los departamentos alternativa 2 .....	62
<b>Tabla 40.</b> Distancia rectilínea actual vs distancia propuesta de alternativa 1 y 2 .....	62
<b>Tabla 41.</b> Descripción del proceso de reparación de daño medio para alternativa 2 .....	68
<b>Tabla 42.</b> Evaluación de alternativas .....	69
<b>Tabla 43.</b> Eficiencia operativa .....	69
<b>Tabla 44.</b> Comparación de tiempos de reparación .....	70
<b>Tabla 45.</b> Reducción de los tiempos de reparación.....	70
<b>Tabla 46.</b> Comparación de distancias de operarios.....	70
<b>Tabla 47.</b> Reducción de las distancias actuales y las alternativas propuestas.....	71
<b>Tabla 48.</b> Reducción de las distancias del material entre lo actual y las alternativas....	71
<b>Tabla 49.</b> Número de vehículos que se espera reparar al mes .....	77
<b>Tabla 50.</b> Costo de Mano de obra .....	77
<b>Tabla 51.</b> Productividad .....	78
<b>Tabla 52.</b> Cronograma de actividades.....	80
<b>Tabla 53.</b> Análisis de costos.....	81

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Estructura organizacional.....	8
<b>Gráfico 2.</b> Diagnóstico actual de las máquinas.....	11
<b>Gráfico 3.</b> Uso de máquinas y equipos .....	12
<b>Gráfico 4.</b> Porcentaje de ocupación de espacio de máquinas en la estación de trabajo	13
<b>Gráfico 5.</b> Recorrido actual del operario para recoger los materiales .....	15
<b>Gráfico 6.</b> Distribución de planta actual.....	17
<b>Gráfico 7.</b> Diagrama de recorrido del proceso de reparación daño medio .....	20
<b>Gráfico 8.</b> Diagrama de recorrido del proceso de reparación daño medio .....	21
<b>Gráfico 9.</b> Distancia entre áreas de trabajo .....	29
<b>Gráfico 10.</b> Diagrama origen - destino .....	30
<b>Gráfico 11.</b> Diagrama de relación actual .....	32
<b>Gráfico 12.</b> Relación de adyacencia .....	33
<b>Gráfico 13.</b> Relación de actividades actual .....	33
<b>Gráfico 14.</b> Modelo Operativo.....	46
<b>Gráfico 15.</b> Relación de áreas alternativa 1 .....	51
<b>Gráfico 16.</b> Relación de adyacencia alternativa 1 .....	53
<b>Gráfico 17.</b> Relación de actividades alternativa 1 .....	53
<b>Gráfico 18.</b> Dimensiones de la propuesta alternativa 1 .....	55
<b>Gráfico 19.</b> Diagrama propuesto de recorrido alternativa 1 .....	56
<b>Gráfico 20.</b> Diagrama propuesto de recorrido del material alternativa 1 .....	57
<b>Gráfico 21.</b> Relación de áreas alternativa 2 .....	59
<b>Gráfico 22.</b> Relación de adyacencia alternativa 2 .....	61
<b>Gráfico 23.</b> Relación de actividades alternativa 2 .....	61
<b>Gráfico 24.</b> Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa 2 .....	64
<b>Gráfico 25.</b> Diagrama propuesto de recorrido del material alternativa 2 .....	65
<b>Gráfico 26.</b> Diagrama de Gantt.....	76
<b>Gráfico 27.</b> Curva “S”.....	82

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Ubicación de Taller Cordeauto .....	6
<b>Imagen 2.</b> Dolly de chasis central.....	66
<b>Imagen 3.</b> Gabinetes para herramientas.....	67
<b>Imagen 4.</b> Simulación en FlexSim de la alternativa 2 .....	72
<b>Imagen 5.</b> Simulación de reparación de vehículos .....	74
<b>Imagen 6.</b> Interacción entre elementos .....	75

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Cálculo de la eficiencia operativa .....	28
<b>Ecuación 2.</b> Área necesaria total.....	35
<b>Ecuación 3.</b> Superficie Total.....	36
<b>Ecuación 4.</b> Superficie Estática .....	36
<b>Ecuación 5.</b> Superficie Gravitacional .....	36
<b>Ecuación 6.</b> Superficie de Evolución.....	36
<b>Ecuación 7.</b> Espacio de ordenador y mto .....	36
<b>Ecuación 8.</b> Productividad Multifactorial.....	44
<b>Ecuación 9.</b> Forma de los departamentos .....	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Disposición actual del taller Cordeauto .....	88
<b>Anexo 2.</b> Disposición propuesta alternativa II del taller Cordeauto .....	89
<b>Anexo 3:</b> Tabla de la distribución normal estándar.....	90
<b>Anexo 4.</b> Carta de conformidad de la empresa “Cordeauto” .....	91

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

## FACULTAD DE INGENIERÍAS

### CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MAXIMIZAR LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA CORDEAUTO, DE LA CIUDAD DE AMBATO.**

**Autor:** Cordero Vidal Luis Javier

**Tutor:** Mgtr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

### RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar la distribución de planta para maximizar la utilización de espacio y mejora de la productividad en la empresa Cordeauto de la ciudad de Ambato. Con el estudio de campo se identifica que el proceso de reparación de vehículos se realiza de forma desordenada designando un vehículo a la primera área libre, provocando que el operario recorra aproximadamente 85 metros para cumplir con sus tareas por ejemplo al recoger materiales o herramientas en un día de trabajo; además, se observó que dos estancias en la planta ocupan aproximadamente el 18% del área física en total, éstas son destinadas al almacenamiento de herramientas y repuestos. La empresa tiene una productividad actual promedio al año de 1,01. Se desarrollan 2 alternativas de distribución aplicando la metodología SLP por sus siglas en inglés (*Systematic Layout Planning*), la heurística aplicada para la selección de la mejora alternativa se basa en los tiempos y distancias, considerando 7 procesos en forma lineal en U (por su forma). El análisis identifica que la alternativa 2 presenta mejores resultados en cuanto a los criterios evaluados, una adyacencia de 1866 y en cuanto al parámetro - forma- todos los departamentos tiene un valor mayor a 1; además mediante el análisis que se realiza con el uso del Diagrama de Flujo de Procesos se pudo reducir un 24% de tiempo total de reparación, así como, un 36% de la distancia de recorrido del operario. La nueva distribución promueve que la productividad promedio sea de 1,57 valor que se obtiene mediante una simulación. La propuesta seleccionada para su implementación tiene un costo aproximado de \$ 13.980 en un tiempo de 6 meses. La empresa deberá destinar los recursos financieros que garantice la implementación para lograr la mejora en la productividad y maximizar la utilización del espacio.

**DESCRIPTORES:** adyacencia, distribución de planta, maximizar, planeación sistemática.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**Industrial Engineering**

**AUTHOR:** CORDERO VIDAL LUIS JAVIER

**TUTOR:** MG. SANCHEZ DIAZ PATRICIO EDUARDO

**ABSTRACT**

**DESIGN OF THE FLOOR LAYOUT TO MAXIMIZE SPACE USE AND IMPROVE PRODUCTIVITY AT “CORDEAUTO” COMPANY, IN THE CITY OF AMBATO.**

The objective of this research is to design the floor layout to maximize the use of space and improve productivity in the Cordeauto company in the city of Ambato. With the field study, it is identified that the vehicle repair process is carried out in a disorderly way, designating a vehicle to the first free area, causing the operator to travel approximately 85 meters to fulfill his tasks, for example, when collecting materials or tools on a working day; In addition, it was observed that two rooms in the plant occupy approximately 18% of the physical area in total; these are used for the storage of tools and spare parts. The company has an average current productivity per year of 1.01. Two distribution alternatives are developed applying the SLP (Systematic Layout Planning) methodology; the heuristics used to select the alternative improvement are based on time and distances, considering seven processes in a linear U-shape (due to their shape). The analysis identifies that alternative 2 presents better results in terms of the criteria evaluated, an adjacency of 1866, and in terms of the parameter form, all departments have a value greater than 1; In addition, through the analysis that is carried out with the use of the Process Flow Diagram, it was possible to reduce 24% of the total repair time, as well as 36% of the operator's travel distance. The new distribution promotes that the average productivity is 1.57, a value that is obtained through a simulation. The proposal selected for implementation has an approximate cost of \$13,980 in six months. The company must allocate the financial resources that guarantee implementation to achieve productivity improvement and maximize the use of space.

**KEYWORDS:**

Adjacency, maximize, plant distribution, systematic planning



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Contextualización**

A escala global, la disposición de planta es un reto que todas las empresas, tanto industriales como de otros sectores, deben afrontar, ya que ubicar un equipo dentro de un edificio supone un problema organizativo que puede generar altos costos de producción si no se minimizan las distancias que recorren los materiales entre actividades, de igual modo la falta de espacio suficiente influye de manera negativa en la productividad de la empresa, limita a los trabajadores de un espacio adecuado, y pueden aumentar los riesgos asociados a la salud y seguridad (Rivera, 2012).

En cualquier empresa, la distribución de planta tiene un vínculo directo con la organización de las máquinas o equipos, línea de producción, mano de obra, áreas de trabajo, bodegas de almacenamiento, equipo industrial y los espacios comunes que componen a la cadena productiva (Naranjo, 2022).

Si bien en países altamente industrializados como lo es en Estados Unidos, China y Japón se considera que el espacio de trabajo es lo más fundamental en una organización, ya que es allí donde se fabrican productos que aseguran la ejecución ordenada de tareas y actividades, resultando en un aumento en la productividad (Rivera, 2012).

En una fábrica, no solo es relevante la maquinaria utilizada, sino que también se encuentran otros factores, como la organización del espacio, la metodología de fabricación, y las ventajas y desventajas de duplicar equipos, en otras palabras, estos aspectos son importantes en un entorno donde la competencia empresarial es cada vez más fuerte, ya que, no basta con entregar a tiempo el producto terminado, sino de la manera más eficiente posible (Lascano, 2019).

En los últimos años, los talleres mecánicos automotriz han ganado relevancia debido a la diversidad de opciones disponibles y al incremento del parque automotor en Ecuador, esto brinda a los propietarios la posibilidad de elegir dónde reparar sus vehículos, considerando factores como el tiempo de entrega, repuestos empleados, técnicas de reparación, calidad de los equipos, herramientas, procesos, y costo (Vargas Vallejo, 2007).

Así mismo, con vehículos cada vez más sofisticados y clientes más exigentes, es primordial que los talleres cuenten con la capacidad técnica para restaurar el vehículo asegurándose que recupere sus condiciones originales y obtener una satisfacción por parte del cliente (Vargas Vallejo, 2007).

En la ciudad de Ambato, el taller de enderezada y pintura “Cordeauto” enfrenta un reto común en muchos negocios similares, la necesidad de reorganizar su distribución de planta para mejorar la eficiencia y satisfacer la creciente demanda de vehículos siniestrados.

El presente estudio busca diseñar una nueva distribución de planta en la empresa “Cordeauto” que maximice la utilización del espacio y mejore la productividad. Para ello, se analizarán los flujos de trabajo actuales, se identificarán las principales áreas problemáticas y se propondrán soluciones basadas en principios de ingeniería industrial, como el diseño de planta, utilizando el método de planeación sistemática de la distribución SLP por sus siglas en inglés (*Systematic Layout Planning*) y la simulación de escenarios para evaluar el impacto de diferentes configuraciones de planta.

### **Antecedentes**

Para optimizar el proceso productivo de una empresa, es fundamental una adecuada organización física de los elementos y factores industriales, así como la distribución del espacio para determinar tamaños, formas y ubicaciones relativos de los distintos departamentos (García & Fernandez Quesada, 2005, pág. 3).

Según Garza & Martínez (2019), el éxito de las organizaciones que producen bienes materiales o servicios dependen de una distribución adecuada, de tal manera que permita afrontar no solo a circunstancias actuales, sino también posibles situaciones futuras.

Estudios indican que del 20 al 50 % de los costos operativos totales en los procesos productivos se debe a la organización de la empresa y una distribución eficaz disminuye esos costos entre un 10 y 30 %, por lo tanto, para lograr una mejora en el flujo de trabajo e incrementar la productividad, una de las tareas más significativas y críticas es la distribución de planta (Garza & Martínez, 2019).

El taller de enderezada y pintura Cordeauto, ubicado en la ciudad de Ambato, se especializa en la reparación de vehículos siniestrados y ha logrado consolidarse como un referente en el mercado automotriz de la provincia. A lo largo de los años, Cordeauto ha ganado un reconocimiento significativo al cumplir con los requisitos exigidos por el mercado.

Con el paso del tiempo, el taller Cordeauto ha experimentado un aumento significativo en el trabajo, impulsado por clientes y aliados estratégicos comerciales como: Seguros *Sweaden*, *Automekano* y el concesionario BM Autos. Sin embargo, este crecimiento también ha generado diversos problemas. Los espacios dentro de la planta no están sectorizados por procesos, lo que significa que no existen áreas definidas y la disposición varía según las necesidades del día. Esto también afecta la forma de trabajo, ya que, aunque las herramientas tienen un lugar asignado, su ubicación depende de dónde se necesiten en cada momento.

Asimismo, la ubicación actual de la oficina no favorece la atención al cliente, ya que el polvo y el ruido crean un entorno poco adecuado tanto para los empleados como para los clientes, además, cuando el taller se encuentra con demasiado flujo de trabajo los vehículos quedan estacionados en la parte exterior del taller lo que ocasiona molestias en la vía pública.

Contextualizando el tema, el presente estudio busca generar una mejora con un diseño de distribución de planta para maximizar la utilización de espacio y mejorar la productividad de la empresa Cordeauto aplicando una metodología para distribución de planta y simulaciones para el análisis de esta.

## **Justificación**

En el presente estudio tiene como finalidad maximizar la utilización de espacio del taller Cordeauto, considerando la metodología denominada distribución sistemática de planta, mejorando de esta manera al flujo de trabajo.

La **importancia** de este estudio es lograr una distribución optimizada de la disposición de los espacios de trabajo, contribuyendo de esa manera en la mejora de productividad del taller.

Este trabajo espera alcanzar un **impacto** positivo porque permitirá conocer si el proceso de reparación de vehículos siniestrados en el taller Cordeauto, se lo está realizando en forma ordenada, evitando desplazamientos innecesarios, así también conocer el tiempo actual que tienen en la reparación de vehículos.

Este trabajo será de **utilidad** ya que se obtendrá una propuesta optimizada de la disposición de planta para la organización física de las estaciones de trabajo y de las maquinas.

Los principales **beneficiarios** de esta propuesta será el personal de Cordeauto, quienes contarán con un diseño de planta, enfocado en reducir las distancias de recorrido del operario, tiempos de trabajo y maximizar el espacio.

Este proyecto es **factible** ya que se cuenta con el apoyo del propietario y sus trabajadores, quienes han otorgado la confianza al investigador para el ingreso a las instalaciones operativas, por lo que será de gran ayuda para el levantamiento de información y su respectivo análisis.

## **Objetivo General**

Diseñar la distribución de planta para maximizar la utilización del espacio y mejora de la productividad en la empresa Cordeauto de la ciudad de Ambato.

## **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la empresa Cordeauto, de la ciudad de Ambato, mediante el registro y análisis de las dimensiones de instalaciones, equipos, y procesos, con el fin de calcular las necesidades de espacio utilizando metodologías para la distribución de planta
- Diseñar alternativas de distribución de planta aplicando la metodología SLP (Systematic Layout Planning) para maximizar la utilización de espacio de la empresa Cordeauto.
- Simular el proceso de la alternativa seleccionada utilizando el software FlexSim.

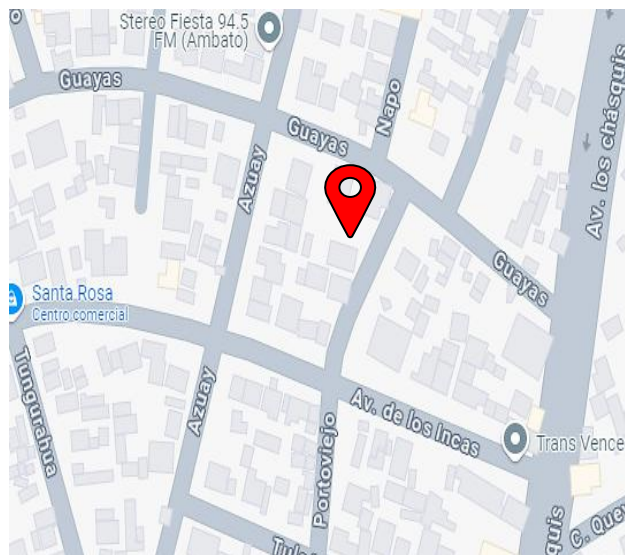
## CAPÍTULO II

### INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### Diagnóstico de la situación actual de la empresa

#### Ubicación de la empresa

El taller se encuentra ubicado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, en las calles Portoviejo y Guayas. En la imagen 1 se muestra un croquis de ubicación geográfica de la empresa.



**Imagen 1.** Ubicación de Taller Cordeauto

**Fuente:** Google Maps 2024.

Talleres Cordeauto en la ciudad de Ambato, viene prestando servicios de reparación de vehículos dañados desde hace 20 años aproximadamente, el taller cuenta con una instalación de 378.21 m<sup>2</sup>, los cuales no son utilizados al 100%, ya que el espacio actualmente está distribuido sin ninguna metodología.

El taller cuenta con una bancada de enderezado de chasis para auto. Sin embargo, las dimensiones de esta máquina no están en armonía con el espacio disponible en el área de enderezada, lo cual genera limitaciones en la distribución general del espacio. Esta situación dificulta la ubicación y organización de las herramientas, así como la movilidad del operario dentro de la planta.

A su vez, existen diversas herramientas empleadas para el proceso de enderezado que, al no tener un sitio designado, suelen quedar dispersas en el área de trabajo, obstruyendo el espacio y ocasionando retrasos en la localización y traslado de estos elementos hacia el lugar donde se requieren. Esto no solo afecta al proceso, sino que también aumenta el riesgo de incidentes laborales.

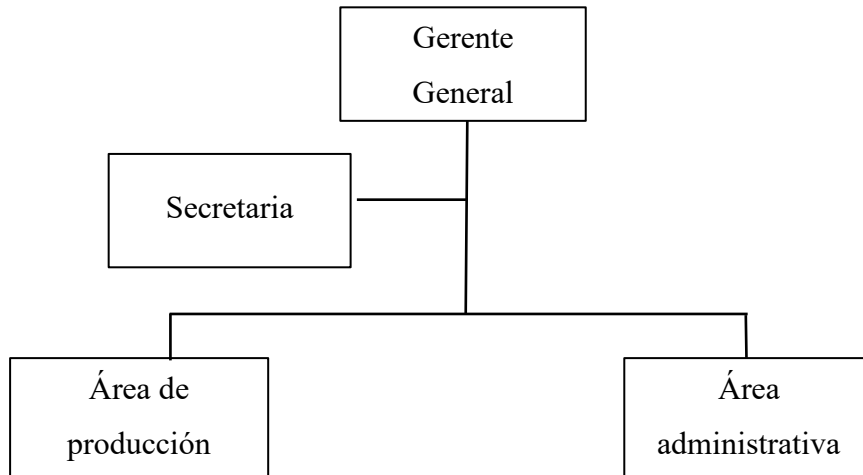
Por otro lado, el taller también recibe vehículos siniestrados declarados como pérdida total, enviados por la aseguradora con la cual colabora. Estos vehículos permanecen en el taller hasta ser subastados y recogidos por el cliente final.

Sin embargo, el almacenamiento prolongado de estos vehículos ocupa un espacio considerable en las instalaciones, lo que se traduce en un inconveniente significativo para la operatividad del taller.

La ocupación de estas áreas limita el espacio disponible para los procesos de reparación de otros vehículos, afectando directamente el flujo de trabajo.

## Estructura organizacional

En la actualidad, la empresa dispone de un equipo conformado por cinco empleados distribuidos en distintos niveles jerárquicos, en el gráfico 1 se muestra el organigrama funcional actual de la empresa:



**Gráfico 1:** Estructura organizacional

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## Descripción del personal

El taller de enderezado y pintura Cordeauto dispone de personal tanto para el área administrativa como para las operaciones en el taller como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Personal de Cordeauto

<b>Operaciones de producción</b>	<b>Operaciones de administración:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Enderezada</li><li>• Preparado</li><li>• Pintura</li><li>• Acabado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestión financiera y contabilidad</li></ul>

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## Mano de obra

**Tabla 2.** Mano de obra

Nº	Descripción	Género	Funciones	Edad	Tiempo en el taller (años)	Experiencia (años)
1	Gerente General	Masculino	Administrar el taller	50	12	17
2	Enderezador	Masculino	Encargado de la reparación total del VH	51	4	7
3	Preparador/Pintor	Masculino	Encargado de preparar, pintar y pulir el VH	30	1	3
4	Secretaria	Femenino	Realizar proformas / facturas	47	9	12

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).





















En base a la tabla 2 se desglosa todo el personal disponible que existe en el taller, donde se ha evidenciado que en el área de enderezado solo hay un operario, al igual que en el área de pintura, por lo tanto, se ha observado que existen retrasos en los trabajos de reparación por la falta de operarios en el taller.

## Máquinas

### Diagnóstico actual de las máquinas

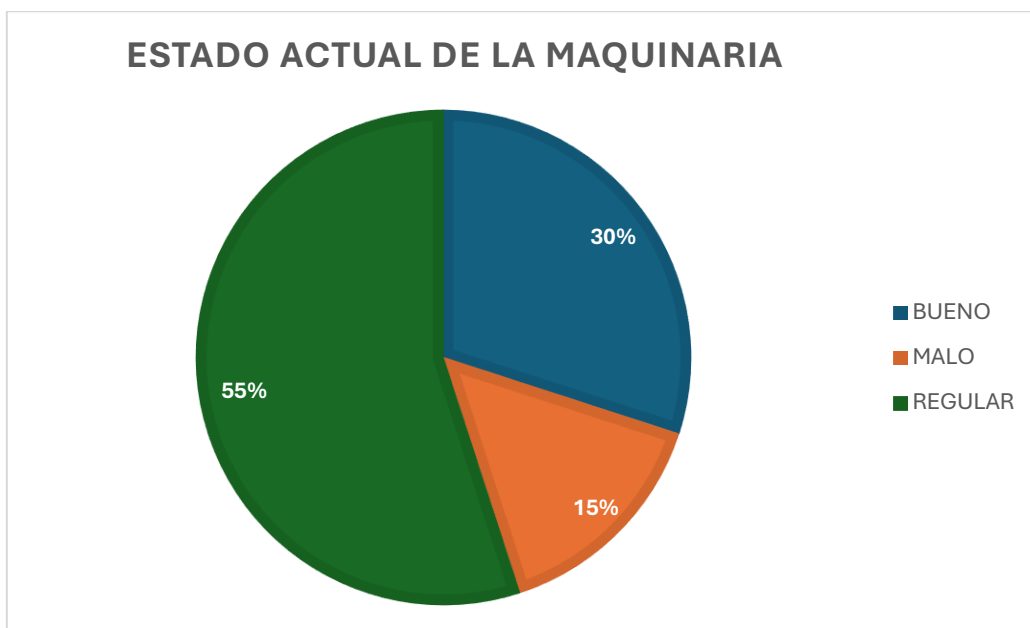
En el taller Cordeauto, se ha realizado un diagnóstico de las máquinas disponibles actualmente, clasificándolas en dos partes: funcionamiento en perfecto estado y funcionamiento regular, facilitando una visión clara del estado operativo de cada equipo de trabajo. Además, se detalla las medidas de las máquinas que se ocupan en las áreas de producción, para considerar en la distribución de planta, como se puede ver en la tabla 3.

**Tabla 3. Diagnóstico y dimensionamiento de máquinas y equipos del taller**

N°	NOMBRE	CÓDIGO	FUENTE DE ENERGÍA	CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	ESTADO DE USO	PROCESO	IMAGEN
1	Amoladora Angular	Amo01	Eléctrico	2	0.28 m	0.12 m	0.11 m	0,03	REGULAR	SE USA	ENDEREZADO	
2	Bancado de enderezado	Ban01	Hidráulico	1	5.60 m	2.20 m	2.50 m	12,32	BUENO	SE USA	ENDEREZADO	
3	Compresor 6 HP	Com01	Eléctrico	1	0.686 m	0.787 m	1.758 m	0,54	REGULAR	SE USA	ENDEREZADO	
4	Compresor 5 HP	Com01	Eléctrico	1	0.76 m	0.76 m	1.55 m	0,58	REGULAR	NO SE USA	ENDEREZADO	
5	Dozer	Doz01	Hidráulico	1	1.80 m	1.04 m	1.568 m	1,87	MALO	SE USA	ENDEREZADO	
6	Gato hidráulico	Gat01	Hidráulico	1	1.412 m	0.15 m	0.80 m	0,21	REGULAR	SE USA	ENDEREZADO	
7	Juego de mordazas y cadenas	Jue01	Mecánico	1	0.80 m	0.20 m	0.50 m	0	BUENO	SE USA	ENDEREZADO	
8	Kit juego de martillos	Kit01	Manual	1	0.60 m	0.15 m	0.30 m	0	REGULAR	SE USA	ENDEREZADO	
9	Lijadora orbital	Lij01	Neumático	2	0.245 m	0.15 m	0.093 m	0	REGULAR	SE USA	PREPARADO	
10	Pistola de impacto	Pis01	Neumático	1	0.185 m	0.065 m	0.18 m	0	BUENO	SE USA	ENDEREZADO	
11	Porto	Por01	Hidráulico	1	0.70 m	0.30 m	0.20 m	0,21	MALO	NO SE USA	ENDEREZADO	
12	Porto	Por02	Hidráulico	1	0.70 m	0.30 m	0.20 m	0,21	REGULAR	SE USA	ENDEREZADO	
13	Pulidora Angular	Pul01	Eléctrico	2	0.35 m	0.278 m	0.124 m	0,1	REGULAR	SE USA	PULIDO	
14	Soplete para Fondo	Sop01	Neumático	2	0.28 m	0.08 m	0.20 m	-	REGULAR	SE USA	PINTURA	
15	Soplete para pintura	Sop01	Neumático	2	0.28 m	0.08 m	0.20 m	-	REGULAR	SE USA	PINTURA	
16	Spotter	Spo01	Eléctrico	1	0.35 m	0.60 m	0.82 m	0,51	BUENO	SE USA	ENDEREZADO	
17	Suelda	Sue01	Autógena	2	-	-	-	-	REGULAR	SE USA	ENDEREZADO	
18	Suelda	Sue02	Eléctrico	1	0.55 m	0.48 m	0.93 m	0,45	MALO	NO SE USA	ENDEREZADO	
19	Suelda MIG	Sue01	Eléctrico	1	0.542 m	0.915 m	0.795 m	0,73	BUENO	SE USA	ENDEREZADO	
20	Taladro Inalámbrico	Tal01	Eléctrico	2	0.28 m	0.08 m	0.20 m	0,02	BUENO	SE USA	ENDEREZADO	

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

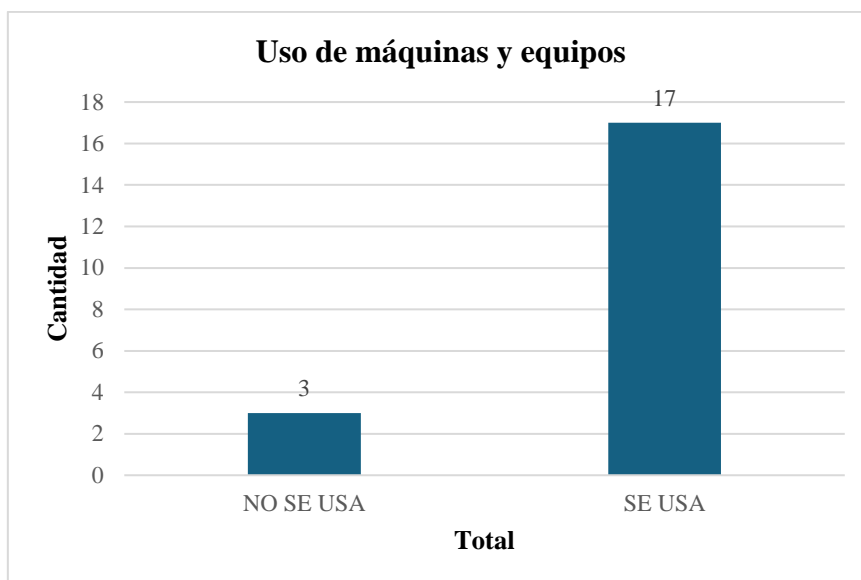
Con respecto a la tabla 3, se ha elaborado un diagrama de pastel para visualizar el porcentaje de máquinas que tienen un funcionamiento bueno, como se muestra en el gráfico 2, donde se evidencia que el 55% representa el funcionamiento regular de las máquinas, tales como: Banco de enderezado, Spotter, Suelda MIG, etc. Mientras que el 30% de las máquinas representan un funcionamiento regular, tales como: Suelda Eléctrica, Porto hidráulico, Amoladora angular, etc. Y el 15 % tiene un funcionamiento malo los cuales son: Dozer de enderezado y Porto hidráulico.



**Gráfico 2.** Diagnóstico actual de las máquinas

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

En el gráfico 3 se evidencia las máquinas que se utilizan y las que no son utilizadas, esto permite identificar las máquinas que no se tomarían en cuenta para la distribución de la planta ya que estas ocupan espacio dentro de las áreas de producción.



**Gráfico 3.** Uso de máquinas y equipos

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

Mediante el diagnóstico de máquinas realizado en el taller Cordeauto se ha observado la máquina que se utiliza para el enderezado de vehículos la cual no está acorde a las medidas del área de enderezado, es decir, la máquina ocupa mucho espacio debido a su capacidad, dificultando el paso de los operarios para el traslado de máquinas o herramientas para el proceso de reparación. A continuación, se detalla en la tabla 4 las dimensiones tanto de las máquinas como el área de enderezado.

**Tabla 4.** Dimensiones de las máquinas que están en el área de enderezado

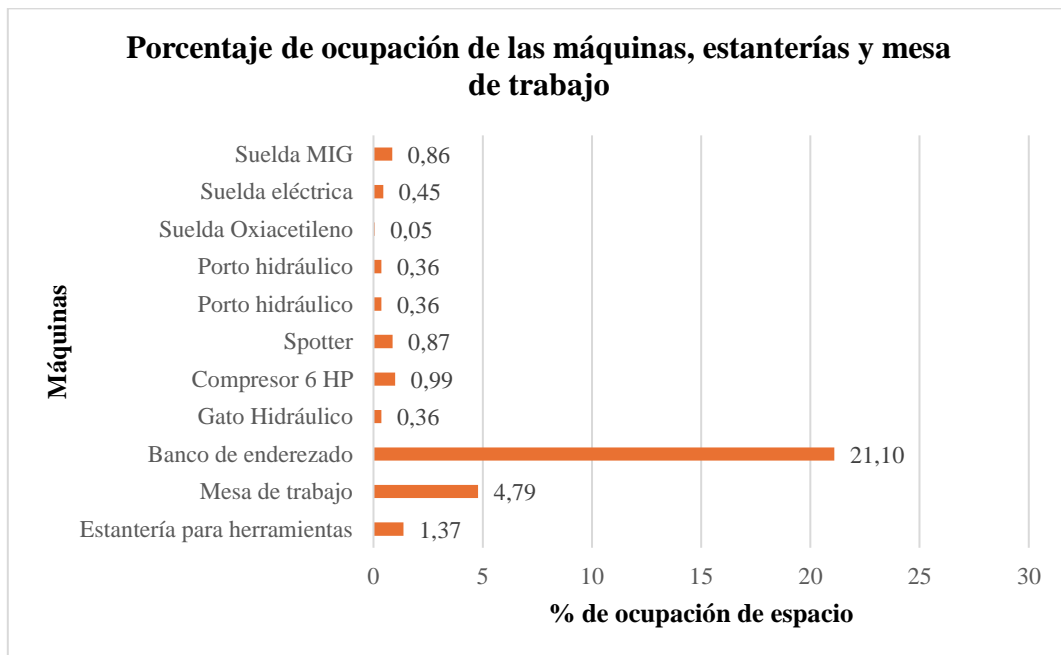
Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	% de ocupación de espacio
Estantería para herramientas	0,8	1,37
Mesa de trabajo	2,8	4,79
Banco de enderezado	12,32	21,10
Gato Hidráulico	0,21	0,36
Compresor 6 HP	0,58	0,99
Spotter	0,51	0,87
Porto hidráulico	0,21	0,36
Porto hidráulico	0,21	0,36
Suelda Oxiacetileno	0,03	0,05

Suelda eléctrica	0,26	0,45
Suelda MIG	0,5	0,86
<hr/>		
Espacio total disponible de enderezado	58,4	
<hr/>		

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

El porcentaje total de ocupación de las máquinas y equipos es de 32% con respecto al espacio total disponible.

En el gráfico 4 se puede observar el porcentaje de ocupación de espacio que tienen las máquinas, estantería de herramientas, mesa de trabajo en el área de enderezado, en el cual se evidencia que la máquina con mayor porcentaje es el banco de enderezado y la mesa de trabajo. Esto permite identificar las máquinas con mayor porcentaje de ocupación de espacio para considerar en la distribución de planta.



**Gráfico 4.** Porcentaje de ocupación de espacio de máquinas en la estación de trabajo

## Materiales

### Materiales que se utilizan en el taller

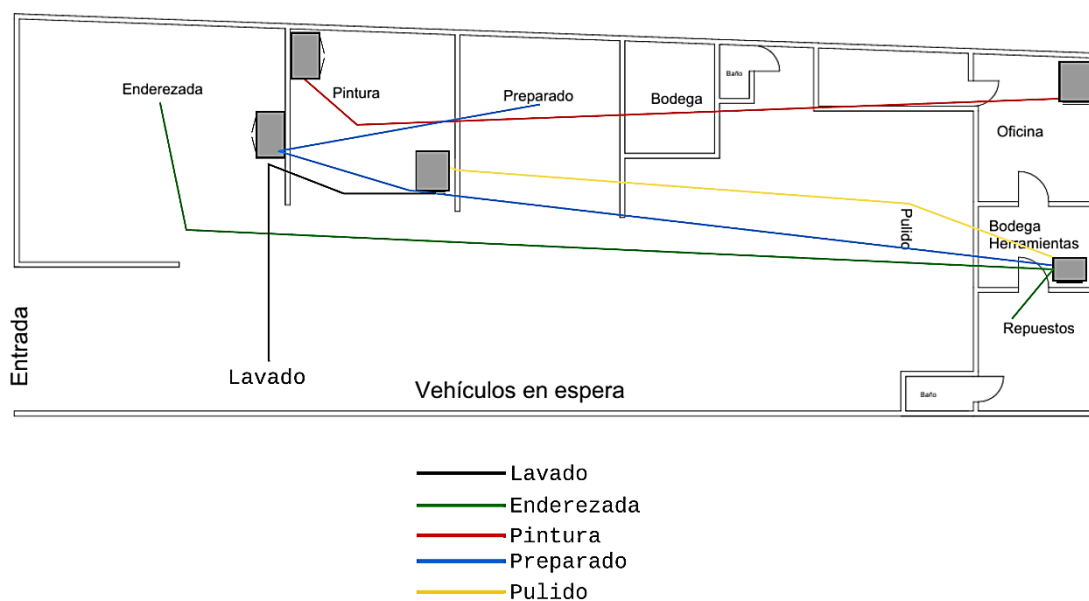
**Tabla 5.** Materiales utilizados en Cordeauto

No	Descripción
1	Masilla plástica
2	Fondo
3	Thinner
4	Pintura
5	Pulimento
6	Cera
7	Lijas
8	Wipe
9	Microfibra
10	Masilla Roja
11	Masking
12	Mastiko
13	Barniz
14	Disco de corte
15	Disco de esmerilar
16	Brocas
17	Pernos
18	Grapas plásticas
19	Remaches
20	Repuestos

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

En el proceso de reparación de un vehículo, se utiliza cierta materia prima como se muestra en la tabla 6, lo cual es necesario para realizar las actividades de enderezada y pintura.

Por lo tanto, se ha realizado un diagrama de recorrido, en el cual se observa el desplazamiento del operario para recoger los materiales en cada etapa del proceso, como se muestra en el gráfico 5.



**Gráfico 5.** Recorrido actual del operario para recoger los materiales

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

En el gráfico 5, se puede ver el recorrido para la localización de los materiales para cada proceso, por lo tanto, al no tener un lugar asignado están dispersos en cada estación haciendo que el operario recorra estas distancias varias veces en un día de trabajo, en la tabla 5 se indica las distancias que el operario recorre para recoger los materiales que se encuentran en diferentes puntos de la planta.

**Tabla 6.** Distancias de recorrido del operario para recoger los materiales

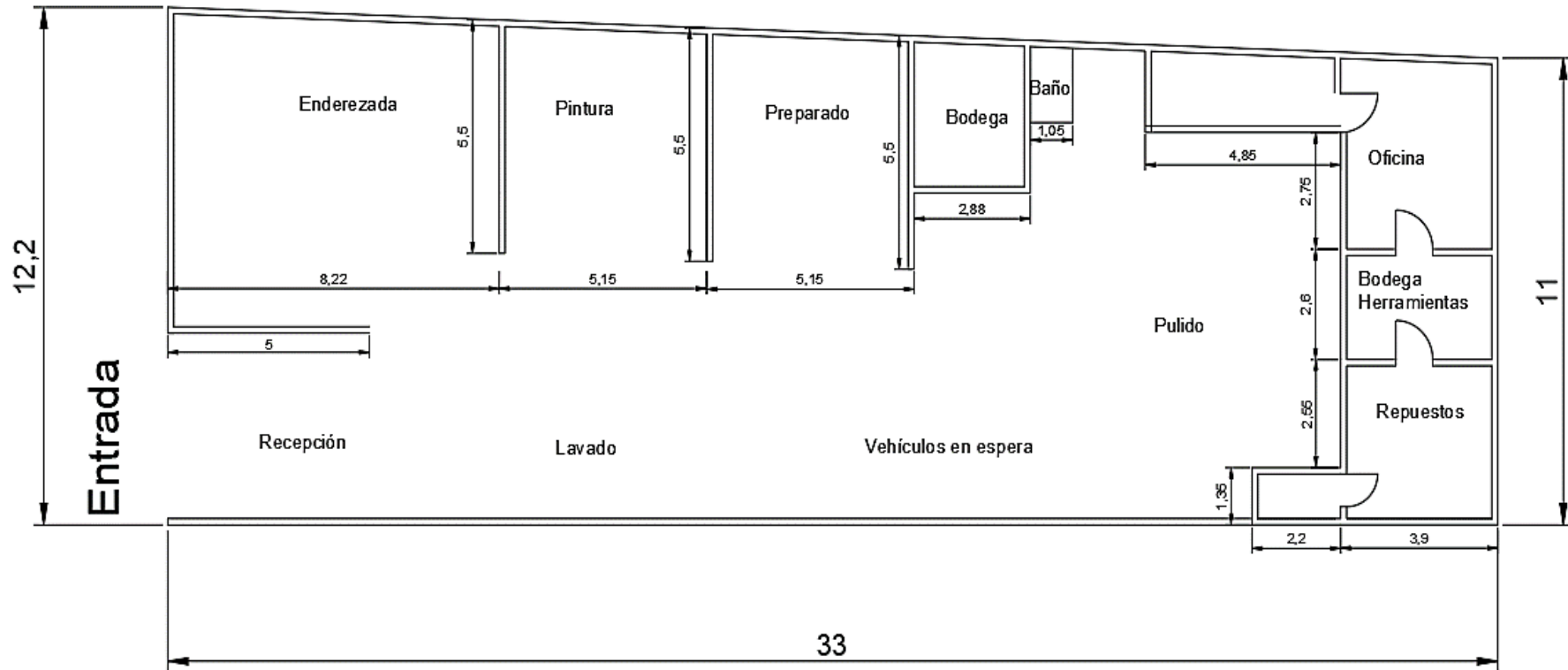
Actividad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Distancia (m)
Enderezado	Bodega de herramientas			84,88
Preparado	Enderezada	Pintura	Bodega de herramientas	66,92
Pintura	Oficina			31,94
Lavado	Enderezada	Pintura		25,41
Pulido	Pintura	Bodega de herramientas		40,82

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

La mayoría de los materiales que son utilizados en el taller no se encuentran cerca de las estaciones de trabajo a las que pertenecen, esto hace que el operario tenga que ir a buscar los materiales en otros lugares por lo que existe traslados innecesarios y pérdida de tiempo. Esto permite identificar la falta del uso de carros metálicos para los materiales y herramientas en las estaciones, lo cual se tomará en cuenta para la distribución de planta.

## Dimensionamiento actual de las instalaciones de Talleres Cordeauto

El taller cuenta con una instalación de 378.21 m<sup>2</sup>



**Gráfico 6.** Distribución de planta actual

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## Métodos

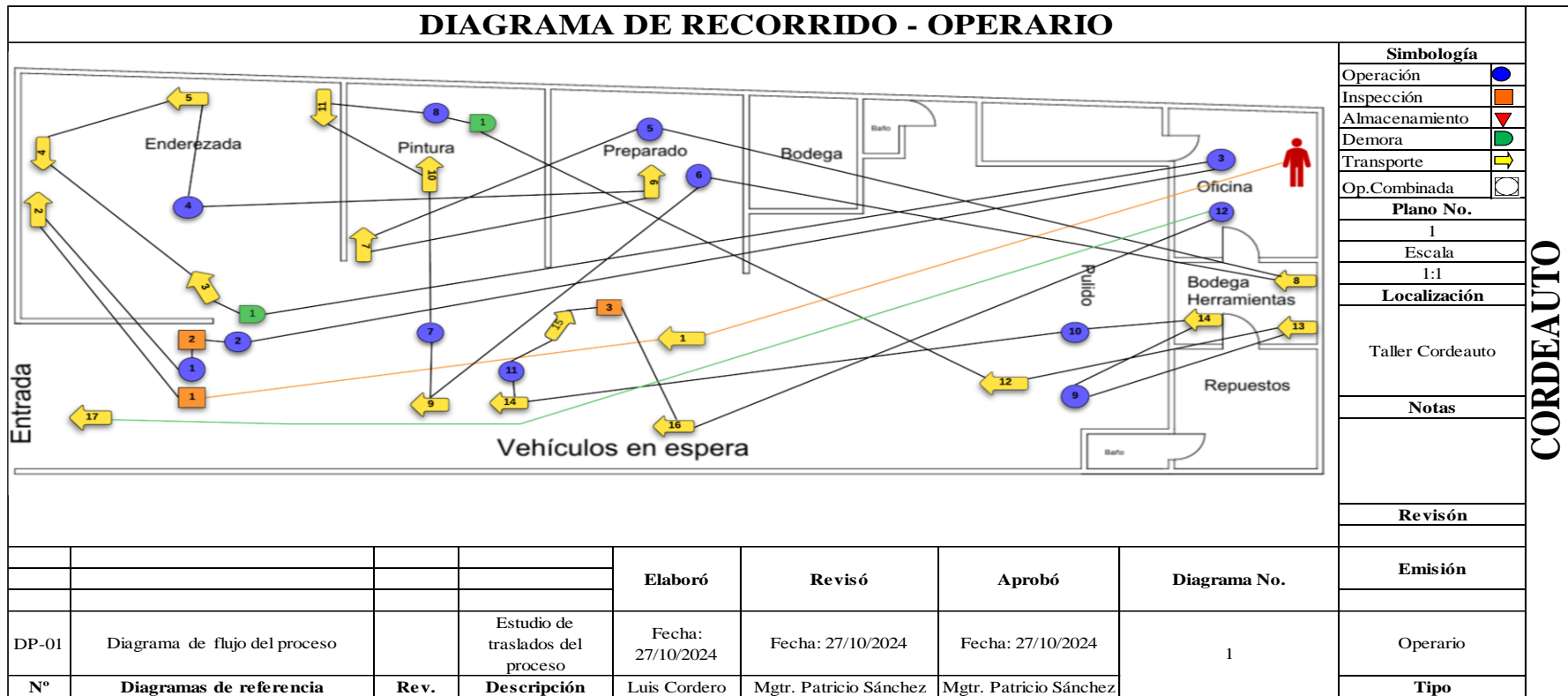
El taller no posee un registro del tiempo de reparación de los vehículos por lo que se levanta la información del tiempo promedio de cada actividad como se indica en la tabla 7. Además, con estos tiempos se procede a realizar los flujogramas analíticos para cada tipo de daño como se observan en las siguientes tablas y gráficos.

**Tabla 7.** Tiempo promedio de actividades

Proceso de reparación de un vehículo													
No.	Actividad	Tiempos de cada actividad (min)										Tiempo total (min)	Tiempo promedio (min)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Traslado a recepción	4	6	5	7	3	5	6	4	5	5	50	5
2	Evaluar el grado del daño	12	8	10	9	11	10	7	13	10	10	100	10
3	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	2	4	3	5	1	3	2	4	3	3	30	3
4	Desmontaje de piezas	18	22	20	25	15	19	21	23	17	20	200	20
5	Verificar la Magnitud del daño	12	7	10	9	11	10	8	13	10	10	100	10
6	Tomar fotografías de partes afectadas	4	6	5	7	3	5	6	4	5	5	50	5
7	Realizar la cotización	60	55	65	70	50	58	62	66	57	57	600	60
8	Autorización del cliente	32	28	35	25	30	27	33	31	29	30	300	30
9	Trasladar vehículo al área de enderezada	7	9	8	6	10	8	7	8	8	8	79	8
10	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	4	6	5	7	3	5	6	4	5	5	50	5
11	Trasladar Máquinas a la estación	5	7	6	8	7	5	4	5	7	5	59	6
12	Reparación de la estructura	75	80	78	81	76	79	77	81	74	79	780	78
13	Trasladar vehículo al área de preparado	6	7	6	8	7	5	4	7	5	5	60	6

14	Trasladar los materiales a la estación de trabajo	3	5	4	2	3	4	5	4	5	4	39	4
15	Preparar la superficie	38	42	40	45	35	39	41	43	37	40	400	40
16	Se traslada a recoger materiales para empapelar las piezas	2	4	3	5	1	3	2	4	3	3	30	3
17	Empapelar la superficie	22	18	20	25	15	19	21	23	20	17	200	20
18	Trasladar el vehículo para lavar	5	7	6	8	7	5	4	5	7	5	59	6
19	Lavar completamente el vehículo	12	8	10	9	11	10	7	13	10	10	100	10
20	Trasladar el vehículo al área de pintura	8	7	6	6	7	5	5	7	5	4	60	6
21	Prender compresor	1	1	1,3	1	1,5	1	1	1,5	1	1	11,3	1
22	Pintar las piezas	45	42	40	40	35	37	41	43	39	38	400	40
23	Esperar 1 hora de secado	70	55	65	60	50	58	57	66	57	62	600	60
24	Trasladar el vehículo al área de pulido	4	6	5	7	3	5	6	4	5	5	50	5
25	Recoger materiales para lijar las piezas	2	4	3	5	1	3	2	4	3	3	30	3
26	Lijar las piezas pintadas	19	18	20	25	15	20	17	23	20	21	198	20
27	Recoger materiales para pulir	2	4	3	5	1	3	2	4	3	3	30	3
28	Pulir las piezas	32	28	35	25	30	27	33	31	29	30	300	30
29	Trasladar el vehículo para lavar	6	7	6	8	7	5	4	7	5	5	60	6
30	Lavar completamente el vehículo	14	16	15	13	17	15	14	16	15	15	150	15
31	Inspección final	12	8	10	9	11	10	7	13	10	10	100	10
32	Traslado de vehículo al estacionamiento	2	4	3	5	1	3	2	4	3	3	30	3
33	Informar al cliente	4	6	5	7	3	5	6	4	5	5	50	5
34	Entrega del vehículo	9	13	10	12	11	10	10	8	10	7	100	10

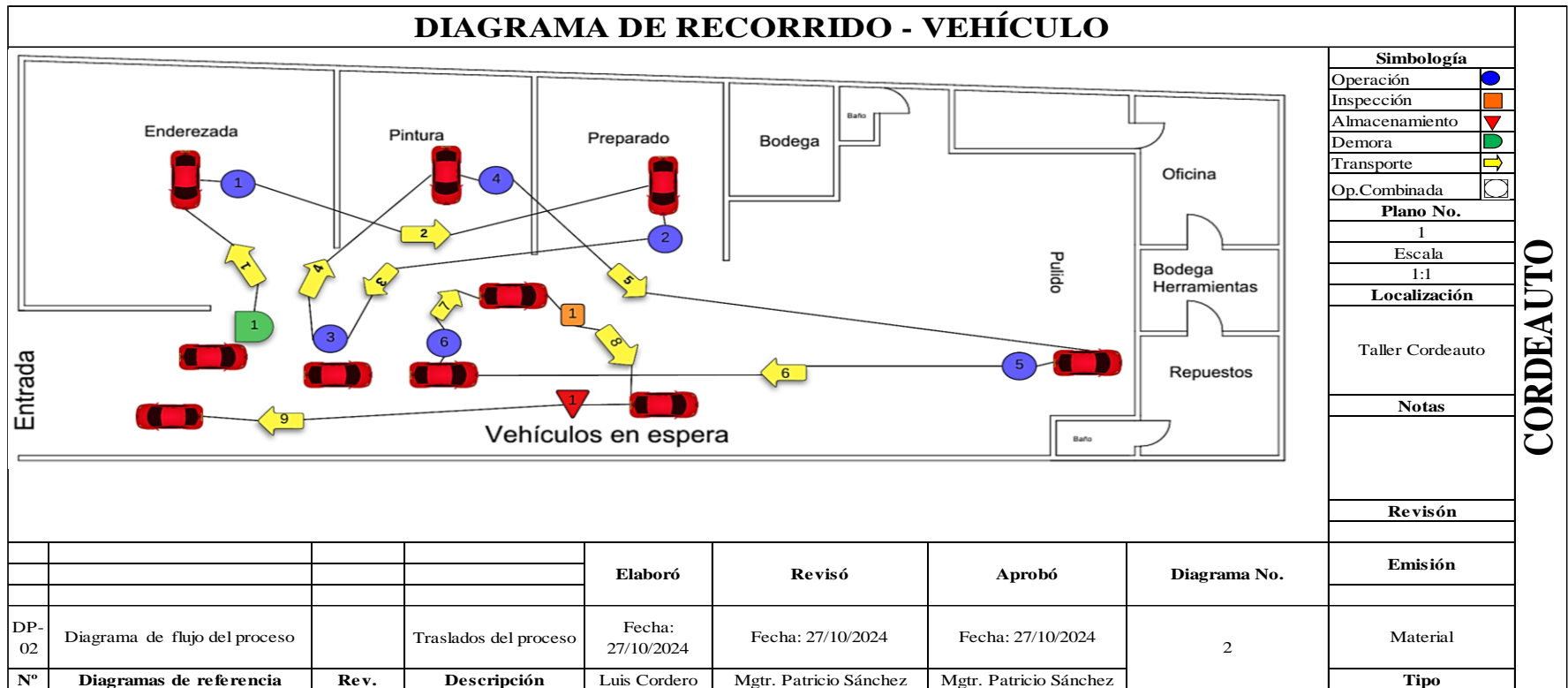
**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).



**CORDEAUTO**

DIAGRAMA DE RECORRIDO DE PROCESO						
Ubicación:		RESUMEN				
Proceso:		Elemento	Presente	Propuesto	Ahorro	
Fecha:		Operación	●	12		
Elaboró:		Inspección	■	3		
<b>Método:</b>		Almacenamiento	▼	-		
		Demora	■	2		
<b>Tipo:</b>		Transporte	➡	17		
		Op. Combinada	□	-		
Observaciones:		<b>Tiempo (min)</b>		537,00		
		<b>Distancia (m)</b>		499,56		

**Gráfico 7.** Diagrama de recorrido del proceso de reparación daño medio  
**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).














**CORDEAUTO**

DIAGRAMA DE RECORRIDO DE PROCESO						
Ubicación:		RESUMEN				
Proceso:		Elemento	Presente	Porpuesto	Ahorro	
Fecha:		Operación	●	6		
Elaboró:		Inspección	■	1		
<b>Método</b>		Almacenamiento	▼	1		
<b>Método:</b>		Demora	■	1		
<b>Tipo:</b>		Transporte	→	9		
Observaciones:		Op. Combinada	□			
		<b>Tiempo (min)</b>		4.247,00		
		<b>Distancia (m)</b>		106,24		












**Gráfico 8.** Diagrama de recorrido del proceso de reparación daño medio  
**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

**Tabla 8.** Descripción del proceso actual de reparación de daño leve

CORDEAUTO									
Hoja N° 1 De:6 Diagrama N°:1		Operar.	<input checked="" type="checkbox"/>	Mater.	<input type="checkbox"/>	Maqui.	<input type="checkbox"/>		
Proceso: Proceso de reparación daño leve de un VH		RESUMEN							
Fecha: 27/10/2024		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo	Act.	Pro.	Econ.		
Fecha de Inicio: 27/10/2024			Operación	151,00	12		0%		
Método : Actual: x Propuesto:			Transporte	80,00	16		0%		
Elaborado por: Luis Cordero			Inspección	20,00	3		0%		
			Espera	37,00	2		0%		
			Almacenaje	0,00	0		0%		
		Total de Actividades realizadas		33			0%		
		Distancia total en metros		431			0%		
		Tiempo min / hombre		298			0%		
NUMERC	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia (m)	Tiempo min	SÍMBOLOS PROCESOS					
									
1	Traslado a recepción	21,87	5,00						
2	Evaluar el grado del daño	10	7,00						
3	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	8,39	5,00						
4	Desmontaje de piezas	10	5,00						
5	Verificar la Magnitud del daño	7	7,00						
6	Tomar fotografías de partes afectadas	6	3,00						
7	Realizar la cotización	21,87	25,00						
8	Autorización del cliente	0	7,00						
9	Traslado vehículo al área de enderezado	11,05	7,00						
10	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	11,41	4,00						
11	Traslado máquinas a la estación	12	5,00						
12	Reparación de la estructura	20	20,00						
13	Traslado vehículo al área de preparado								
14	Traslado los materiales a la estación de trabajo	8	8,00						
15	Preparar la superficie	15	20,00						
16	Se traslada a recoger materiales para empapelar las piezas	16,64	4,00						
17	Empapelar la superficie	12	10,00						
18	Limpiar completamente el vehículo	20	8,00						
19	Traslado el vehículo al área de pintura	8	7,00						
20	Prender compresor	10	2,00						
21	Pintar las piezas	30	25,00						
22	Esperar 30 minutos de secado	-	30,00						
23	Traslado el vehículo al área de pulido	15,25	5,00						
24	Recoger materiales para lijar las piezas	10,32	5,00						
25	Lijar las piezas pintadas	7	15,00						
26	Recoger materiales para pulir	10,32	5,00						
27	Pulir las piezas	15	15,00						
28	Traslado el vehículo para lavar	18,91	5,00						
29	Lavar completamente el vehículo	20	10,00						
30	Inspección final	30	6,00						
31	Traslado de vehículo al almacenaje temporal	5	3,00						
32	Informar al cliente	14,45	5,00						
33	Entrega del vehículo	25,8	10,00						
<b>Total:</b>		<b>431,28</b>	<b>298,00</b>	<b>min</b>					












Elaborado por: Cordero, Luis (2024).

**Tabla 9.** Descripción del proceso actual de reparación de daño medio

CORDEAUTO								
Hoja N° 2 De:6 Diagrama N°:2		Operar.	<input checked="" type="checkbox"/>	Mater.	<input type="checkbox"/>	Maqui.		
Proceso: Proceso de reparación daño medio de un VH		RESUMEN						
Fecha: 27/10/2024		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo	Act.	Pro.		
Fecha de Inicio: 27/10/2024			Operación	343,00	12	0%		
Método : Actual: x Propuesto:			Transporte	80,00	17	0%		
Elaborado por: Luis Cordero			Inspección	30,00	3	0%		
			Espera	90,00	2	0%		
			Almacenaje	3,00	0	0%		
		Total de Actividades realizadas		34		0%		
		Distancia total en metros		500		0%		
		Tiempo min / hombre		546		0%		
NUMERC	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia (m)	Tiempo min	SÍMBOLOS PROCESOS				
								
1	Traslado a recepción	21,87	5,00					
2	Evaluar el grado del daño	10	10,00					
3	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	8,39	3,00					
4	Desmontaje de piezas	10	20,00					
5	Verificar la Magnitud del daño	7	10,00					
6	Tomar fotografías de partes afectadas	6	5,00					
7	Realizar la cotización	21,87	60,00					
8	Autorización del cliente	0	30,00					
9	Traslado vehículo al área de enderezada	32,92	8,00					
10	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	11,41	5,00					
11	Traslado Máquinas a la estación	12	6,00					
12	Reparación de la estructura	30	78,00					
13	Traslado vehículo al área de preparado	11,05	6,00					
14	Traslado los materiales a la estación de trabajo	8	4,00					
15	Preparar la superficie	10	40,00					
16	Se traslada a recoger materiales para empapelar las piezas	16,64	3,00					
17	Empapelar la superficie	12	20,00					
18	Traslado el vehículo para lavar	11,05	6,00					
19	Lavar completamente el vehículo	20	10,00					
20	Traslado el vehículo al área de pintura	9	6,00					
21	Prender compresor	10	1,00					
22	Pintar las piezas	40	40,00					
23	Esperar 1 hora de secado	-	60,00					
24	Traslado el vehículo al área de pulido	15,25	5,00					
25	Recoger materiales para lijar las piezas	10,32	3,00					
26	Lijar las piezas pintadas	15	20,00					
27	Recoger materiales para pulir	10,32	3,00					
28	Pulir las piezas	20	30,00					
29	Traslado el vehículo para lavar	18,91	6,00					
30	Lavar completamente el vehículo	20	15,00					
31	Inspección final	30	10,00					
32	Traslado de vehículo al estacionamiento	4	3,00					
33	Informar al cliente	14,45	5,00					
34	Entrega del vehículo	22,11	10,00					
<b>Total:</b>		<b>499,56</b>	<b>546,00</b>	<b>min</b>				

Elaborado por: Cordero, Luis (2024).

**Tabla 10.** Descripción del proceso actual de reparación de daño fuerte

CORDEAUTO										
Hoja N° 3 De:6 Diagrama N°:3		Operar.	x	Mater.		Maqui.				
Proceso: Proceso de reparación daño fuerte de un VH		RESUMEN								
Fecha: 27/10/2024		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo	Act.	Pro.	Econ.			
Fecha de Inicio: 27/10/2024			Operación	2897,00	12		0%			
Método : Actual: x Propuesto:			Transporte	112,00	17		0%			
Elaborado por: Luis Cordero			Inspección	85,00	3		0%			
			Espera	600,00	2		0%			
			Almacenaje	0,00	0		0%			
		Total de Actividades realizadas				34			0%	
		Distancia total en metros				520			0%	
		Tiempo min / hombre				3.694			0%	
NUMERC	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia (m)	Tiempo min	SÍMBOLOS PROCESOS						
										
1	Traslado a recepción	21,87	5,00							
2	Evaluar el grado del daño	10	25,00							
3	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	8,39	5,00							
4	Desmontaje de piezas	10	30,00							
5	Verificar la Magnitud del daño	7	40,00							
6	Tomar fotografías de partes afectadas	6	10,00							
7	Realizar la cotización	21,87	300,00							
8	Autorización del cliente	0	300,00							
9	Trasladar vehículo al área de enderezada	32,92	10,00							
10	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	11,41	5,00							
11	Trasladar Máquinas a la estación	12	8,00							
12	Reparación de la estructura	30	1200,00							
13	Trasladar vehículo al área de preparado	11,05	7,00							
14	Trasladar los materiales a la estación de trabajo	8	5,00							
15	Preparar la superficie	10	600,00							
16	Se traslada a recoger materiales para empapelar las piezas	16,64	3,00							
17	Empapelar la superficie	12	150,00							
18	Trasladar el vehículo para lavar	11,05	6,00							
19	Lavar completamente el vehículo	20	10,00							
20	Trasladar el vehículo al área de pintura	9	6,00							
21	Prender compresor	10	1,00							
22	Pintar las piezas	40	90,00							
23	Esperar 5 horas de secado	-	300,00							
24	Trasladar el vehículo al área de pulido	15,25	6,00							
25	Recoger materiales para lijar las piezas	10,32	3,00							
26	Lijar las piezas pintadas	20	180,00							
27	Recoger materiales para pulir	10,32	3,00							
28	Pulir las piezas	25	300,00							
29	Trasladar el vehículo para lavar	18,91	5,00							
30	Lavar completamente el vehículo	30	20,00							
31	Inspección final	30	20,00							
32	Traslado de vehículo al estacionamiento	4	4,00							
33	Informar al cliente	14,45	7,00							
34	Entrega del vehículo	22,11	30,00							
<b>Total:</b>		<b>519,56</b>	<b>3.694,00</b>	<b>min</b>						

Elaborado por: Cordero, Luis (2024).

**Tabla 11.** Descripción del proceso actual de reparación de daño medio del material

CORDEAUTO								
Hoja N° 4 De:6 Diagrama N°:4		Operar.	Mater.	<input checked="" type="checkbox"/>	Maqui.			
Proceso: Proceso de reparación daño medio de un VH		RESUMEN						
Fecha: 27/10/2024		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo	Act.	Pro.	Econ.	
Fecha de Inicio: 27/10/2024		●	Operación	338,00	6		0%	
Método : Actual: x Propuesto:		➔	Transporte	44,00	8		0%	
Elaborado por: Luis Cordero		■	Inspección	10,00	1		0%	
		⌒	Espera	143,00	1		0%	
		▼	Almacenaje	5,00	1		0%	
		Total de Actividades realizadas			17			0%
		Distancia total en metros			89			0%
		Tiempo min / hombre			540			0%
NUMERC	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia (m)	Tiempo min	SÍMBOLOS PROCESOS				
				●	➔	■	⌒	▼
1	El material esta en recepción	0	143,00					●
2	Trasladar vehículo al área de enderezada	8,39	7,00		●			
3	El material esta en reparación	0	89,00	●				
4	Trasladar vehículo al área de preparado	11,41	6,00		●			
5	El material esta en preparado	0	67,00	●				
6	Trasladar el vehículo para lavar	11,05	5,00		●			
7	El material esta en lavado	0	10,00	●				
8	Trasladar el vehículo al área de pintura	8,45	5,00		●			
9	El material esta en pintura	0	101,00	●				
10	Trasladar el vehículo al área de acabado	15,25	4,00		●			
11	El material esta en acabado	0	56,00	●				
12	Trasladar el vehículo para lavar	18,91	4,00		●			
13	El material esta en lavado	0	15,00	●				
14	El material esta en inspección	0	10,00			●		
15	Traslado de vehículo al almacenaje temporal	7,42	3,00		●			
16	El material esta almacenado	0	5,00					●
17	Entrega del vehículo	7,66	10,00		●			
<b>Total:</b>		<b>88,54</b>	<b>540,00</b>	<b>min</b>				

Elaborado por: Cordero, Luis (2024).

**Tabla 12.** Descripción del proceso general de reparación de un vehículo

<b>Proceso para la reparación de un vehículo</b>
<b>Traslado a recepción:</b> El operario se ocupará del cliente donde tendrá que hacer la hoja de ingreso del vehículo.
<b>Evaluar el grado del daño:</b> Se visualiza todas las partes afectadas para identificar si es necesario desmontar las piezas.
<b>Se traslada a recoger herramientas para desmontaje:</b> Se recogen las herramientas necesarias para poder desmontarlas las piezas afectadas del vehículo.
<b>Desmontaje de piezas:</b> Se procede a desmontar las piezas afectadas para visualizar posibles daños internos, lo que puede incluir puertas, parachoques y paneles.
<b>Verificar la Magnitud del daño:</b> En esta parte se realiza una verificación más detallada de las partes y piezas donde se decide si se puede reparar o si debe remplazar las piezas, también se hace un recuento de partes y piezas que sean importantes para la reparación.
<b>Tomar fotografías de partes afectadas:</b> Se documenta visualmente el daño y estado del vehículo mediante fotografías.
<b>Realizar la cotización:</b> Se elabora un presupuesto donde se analizará los costos para los materiales, repuestos y la mano de obra.
<b>Autorización del cliente:</b> El cliente analiza el presupuesto dado y en caso de que esté de acuerdo se realizara la orden de trabajo, pero en caso de que no esté de acuerdo se ajustan precios hasta llegar a un acuerdo.
<b>Trasladar vehículo al área de enderezada:</b> Una vez se haya generado la orden de trabajo, el vehículo es trasladado al área de enderezado, pero antes se deberá mover los demás vehículos para poder ingresar allí, donde es ingresado en la cama templadora para empezar con la reparación.
<b>Se traslada a recoger herramientas para desmontaje:</b> Se recogen las herramientas necesarias para poder desmontarlas las piezas afectadas del vehículo.
<b>Trasladar máquinas a la estación:</b> Se llevan las maquinas necesarias al área de trabajo.
<b>Reparación de la estructura:</b> Se utilizan varias técnicas para la reparación como el uso de gato hidráulico para restaurar la forma original del vehículo.
<b>Trasladar vehículo al área de preparado:</b> Una vez finalizado la reparación se traslada al área de preparado donde primero se deberá acomodar los vehículos que se encuentran allí para poder ingresar el vehículo al área de preparado.
<b>Trasladar los materiales a la estación de trabajo:</b> Se recogen los materiales necesarios como lijas, tacos, masilla a la estación.
<b>Preparar la superficie:</b> La superficie se limpia y se lija para colocar la masilla en las partes que fueron reparadas.
<b>Se traslada a recoger materiales para empapelar las piezas:</b> Se recogen los materiales necesarios como masking y papel a la estación.

<b>Empapelar la superficie:</b> Se empapelan las partes adyacentes a las áreas dañadas que no van a hacer pintadas.
<b>Trasladar el vehículo para lavar:</b> Se traslada el vehículo al lugar de lavado así mismo se acomodará los demás carros.
<b>Lavar completamente el vehículo:</b> Se lava completamente el vehículo para limpiar las superficies que fueron masillas.
<b>Trasladar el vehículo al área de pintura:</b> Se traslada el vehículo al área de pintura y de igual forma se deberá sacar los demás carros que se encuentran allí.
<b>Prender compresor:</b> El operario se encargará de prender el compresor para mantener cargado y poder pintar las piezas.
<b>Pintar las piezas:</b> Se aplica la pintura en las áreas reparadas donde se aplica una base, pintura y barniz.
<b>Esperar 1 hora de secado:</b> Se deja secar durante 1 hora para poder manipular las piezas.
<b>Trasladar el vehículo al área de pulido:</b> Se traslada el vehículo al área de pulido.
<b>Recoger materiales para lijar las piezas:</b> Se recoge las lijas necesarias para lijar las piezas pintadas.
<b>Lijar las piezas pintadas:</b> Se lijan las piezas para quitar imperfecciones y dejar un acabado uniforme.
<b>Recoger materiales para pulir:</b> Se recoge la máquina de pulir y materiales necesarios para pulir las piezas como pulimento, abrasivos, ceras, felpas.
<b>Pulir las piezas:</b> Se pule las piezas suavemente en repetidas ocasiones para tener un acabado brillante.
<b>Trasladar el vehículo para lavar:</b> Se traslada el vehículo nuevamente al lugar de lavado.
<b>Lavar completamente el vehículo:</b> Se lava el vehículo completamente para quitar el exceso de pulimento que se pega en las superficies.
<b>Trasladar el vehículo para el control de calidad:</b> Se traslada el vehículo al lugar donde se hará una inspección.
<b>Inspección final:</b> El operario se encargará de revisar completamente el vehículo asegurándose que todo esté en orden antes de entregar al cliente.
<b>Traslado de vehículo al almacenaje temporal:</b> Si no se entrega inmediatamente, el vehículo se almacena temporalmente en un lugar seguro.
<b>Informar al cliente:</b> Se notificará al cliente que el vehículo está listo y se seguirá los protocolos de entrega para la salida de un vehículo.
<b>Entrega del vehículo:</b> Una vez que el cliente haya cumplido con sus compromisos respectivos con el taller viene a retirar el vehículo donde se le explicará todo lo realizado según la orden de trabajo.

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## **Eficiencia operativa**

Para identificar la eficiencia operativa que existe en el proceso de reparación de un vehículo se ha identificado mediante los diagramas de flujo, como se muestra en la tabla 8, 9 y 10, el cual permite ver los tiempos que tienen los operarios en cada actividad, la ecuación es la siguiente:

$$\textit{Eficiencia operativa} = \frac{\textit{Tiempo total de operaciones}}{\textit{Tiempo total del proceso}}$$

**Ecuación 1.** Cálculo de la eficiencia operativa

**Tabla 13.** Cálculo de la eficiencia operativa

<b>Tipo de daño</b>	<b>Tiempo total de operaciones (minutos)</b>	<b>Tiempo total del proceso (minutos)</b>	<b>Eficiencia operativa</b>
Leve	151	298	51%
Medio	343	546	63%
Fuerte	3017	4.294	70%

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

### **Análisis**

En base a los cálculos obtenidos de la eficiencia operativa, se puede mejorar en la reducción de actividades no productivas como traslados, esperas e inspecciones.

Mediante la distribución de planta que se realizará, se espera reducir estos tiempos que no generan valor al proceso de reparación de un vehículo para poder mejorar la eficiencia en el taller.

Se ha identificado las siguientes áreas de trabajo en la empresa Cordeauto como se indica en la tabla 14.

**Tabla 14.** Áreas de trabajo de la empresa Cordeauto – estado actual

DESCRIPCIÓN ÁREA	CÓDIGO	ÁREA m <sup>2</sup>
RECEPCIÓN	Área 1	27
ENDEREZADO	Área 2	58.4
PREPARADO	Área 3	28.5
PINTURA	Área 4	29.15
PULIDO	Área 5	56.4
LAVADO	Área 6	23,03
ESTACIONAMIENTO	Área 7	78
BODEGA DE HERRAMIENTAS	Área 8	12
BODEGA REPUESTOS	Área 9	12
BODEGA	Área 10	19.25
BAÑOS	Área 11	6
OFICINA	Área 12	16.34

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

En el gráfico 9, permite identificar cuáles son las distancias entre áreas del taller para analizar el recorrido que tienen los operarios y el vehículo en los procesos productivos para las reparaciones.

#### Distancia entre áreas

DESTINO ORIGEN	RECEPCIÓN	ENDEREZADO	PREPARADO	PINTURA	PULIDO	LAVADO	ESTACIONAMIENTO	BODEGA HERRAMIENTAS	BODEGA REPUESTOS	BAÑOS	OFICINA	BODEGA	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	
RECEPCIÓN	A1	0	8,39	11,05	8,47	21,16	5,08	7,66	25,11	24,5	14,49	21,87	16,49
ENDEREZADO	A2	8,39	0	11,41	8,83	19,27	8,47	13,31	21,22	22,49	12,05	19,97	10,6
PREPARADO	A3	13,3	11,41	0	7,41	12,69	11,05	8,47	16,64	17,91	5,47	13,39	4,02
PINTURA	A5	8,47	8,83	7,41	0	15,25	8,47	11,05	18,5	19,78	8,05	15,97	6,6
PULIDO	A5	21,16	19,27	12,69	15,25	0	18,91	16,34	10,32	11,59	5,67	7,07	6,84
LAVADO	A6	5,08	8,47	11,05	8,47	18,91	0	7,42	20,28	21,55	9,11	17,03	12,49
ESTACIONAMIENTO	A7	7,66	13,31	8,47	11,05	16,34	7,42	0	17,7	18,97	6,53	14,45	9,91
BODEGA DE HERRAMIENTAS	A8	25,11	21,22	16,64	18,5	10,32	20,28	17,7	0	4,5	11,62	5,95	8,84
BODEGA REPUESTOS	A9	24,5	22,49	17,91	19,78	11,59	21,55	18,97	4,5	0	12,89	7,22	11,54
BAÑOS	A10	14,49	12,05	5,47	8,05	5,67	9,11	6,53	11,62	12,89	0	7,62	2,89
OFICINA	A11	21,87	19,97	13,39	15,97	7,07	17,03	14,45	5,95	7,22	7,62	0	6,59
BODEGA	A12	16,49	10,6	4,02	6,6	6,84	12,49	9,91	8,84	11,54	2,89	6,59	0

**Gráfico 9.** Distancia entre áreas de trabajo

Elaborado por: Cordero, Luis (2024).

### Diagrama origen – destino

A continuación, se describe la cantidad de vehículos que ingresaron al taller en el último año dependiendo del tipo de daño como se indica en la tabla 15.

**Tabla 15.** Cantidad de vehículos que ingresaron al taller

Daño	Total
Leve	36
Medio	20
Fuerte	29
<b>Total</b>	<b>85</b>

Elaborado por: Cordero, Luis (2024).

En el gráfico 10 se puede observar la cantidad de vehículos que pasan por las estaciones de trabajo para el proceso de reparación de vehículos de daño leve, medio y fuerte. Tomando en cuenta que los vehículos de daño leve no pasan por todas las estaciones de trabajo ya que no lo requieren y el 42% son vehículos de daño leve, por lo tanto, el gráfico permite identificar cuáles son la estaciones donde pasaron más unidades en el año, en este caso es el área de recepción, preparado y pulido. Estas áreas son claves que se deben considerar para la nueva distribución y así tener un mejor flujo de trabajo.

ORIGEN \ DESTINO	RECEPCIÓN (A1)	ENDEREZADO (A2)	PREPARADO (A3)	PINTURA (A4)	PULIDO (A5)	LAVADO (A6)	ESTACIONAMIENTO (A7)	TOTAL
RECEPCIÓN (A1)	-----	49	65	-----	-----	-----	-----	114
ENDEREZADO (A2)	-----	-----	49	-----	-----	-----	-----	49
PREPARADO (A3)	-----	-----	-----	85	-----	-----	-----	85
PINTURA (A4)	-----	-----	-----	-----	85	-----	-----	85
PULIDO (A5)	-----	-----	-----	-----	-----	85	36	121
LAVADO (A6)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	49	49
<b>TOTAL</b>		49	114	85	85	85	85	

**Gráfico 10.** Diagrama origen - destino  
Elaborado por: Cordero, Luis (2024).

### Diagrama de relación

Los diagramas de relación sirven para identificar con letras los grados de relación deseada entre maquinas, material o departamentos (Muther, *Sistematic Layout Planning*, 1973). Para lo cual se emplea los siguientes criterios en la tabla 18 y 19:

**Tabla 16.** Criterio de cercanía

<b>Código</b>	<b>Argumento</b>
<b>1</b>	Procesos relacionados
<b>2</b>	Peligro de incendio
<b>3</b>	Polvo suspendido
<b>4</b>	Seguridad del operario
<b>5</b>	Flujo de operarios
<b>6</b>	Vapores de pintura
<b>7</b>	Ruido excesivo

Fuente: (Muther, 1980).

**Tabla 17.** Clasificación de cercanías

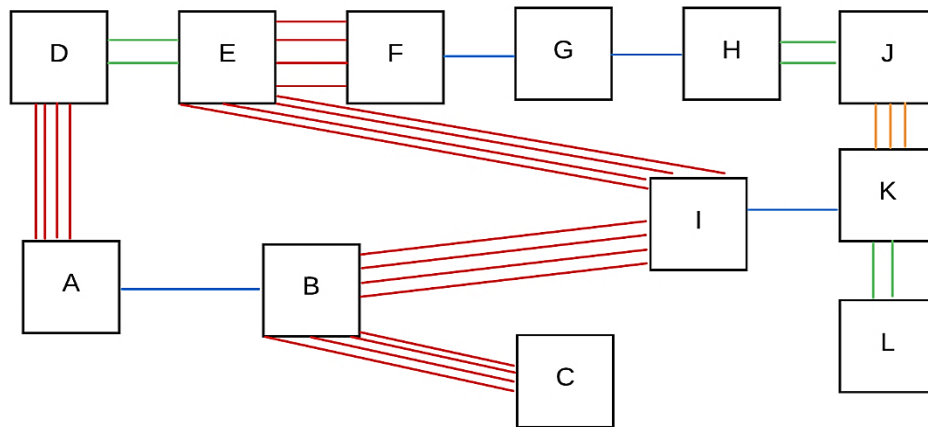
<b>Código</b>	<b>Relación</b>
<b>A</b>	Absolutamente necesario
<b>E</b>	Especialmente importante
<b>I</b>	Importante
<b>O</b>	Ordinario
<b>U</b>	Sin importancia
<b>X</b>	No deseable

Fuente: (Muther, 1980).

### Diagrama de relación actual

El gráfico REL permite establecer las adyacencias que debería tener entre cada departamento del taller Cordeauto, para determinar cuáles son los departamentos que deben estar adyacentes o cuales no, con la finalidad de tener un mejor manejo en el proceso.





**Gráfico 12.** Relación de adyacencia  
**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

En este caso como se puede ver en el gráfico 12 existen 3 cruces de líneas como lo es en el área de pintura, pulido, lavado y estacionamiento. Esto permitirá visualizar de mejor manera como están ubicados los departamentos en la planta.

**Diagrama actual de relación de actividades**

Enderezada D	Pintura E	Preparado F	Bodega G	Baño H	Oficina J
Recepción A	Lavado B	Estacionamiento C		Pulido I	Bodega He K
					Bodega Re L

**Gráfico 13.** Relación de actividades actual  
**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

**Distancia rectilínea entre departamentos del taller**

Para conocer la distancia rectilínea entre departamentos con relación a la cantidad de vehículos que pasan por las áreas, se debe observar el gráfico 10 donde se detalla los vehículos que pasan por cada área y en el gráfico 13 se muestra el diagrama de bloques de la planta para poder calcular la distancia rectilínea, en la tabla 19 se muestra los resultados.

**Tabla 19.** Distancia rectilínea de los departamentos

<b>Departamento</b>	<b>Cantidad Vehículos</b>	<b>Distancia Actual</b>	<b>(Cantidad * Distancia actual)</b>
A1 - A2	75	1	75
A1 - A3	110	3	330
A2 - A3	75	2	150
A3 - A4	140	1	140
A4 - A5	140	3	420
A5 - A6	140	2	280
A5 - A7	65	1	65
A6 - A7	75	1	75
		<b>TOTAL</b>	<b>1535</b>

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

### **Análisis**

En base al análisis realizado con los diagramas de la metodología SLP, se propone quitar dos departamentos. El primero es una bodega destinada al almacenamiento de repuestos dañados, y el segundo es una bodega para herramientas y materiales. En lugar de esta última, se busca implementar carros metálicos para herramientas y materiales en cada estación de trabajo, lo que facilitaría el acceso directo a los materiales y se reduciría los desplazamientos de los operarios.

El área de bodega no contribuye al flujo de trabajo del taller y, por el contrario, ocupa un espacio en la planta.

Con esto se podrá calcular el espacio necesario para cada departamento donde el propósito es maximizar el espacio en la planta.

### **Asignación de la superficie necesaria**

El siguiente paso consiste en asignar espacio para los departamentos (Muther, *Systematic Layout Planning*, 1973). La ecuación para calcular la superficie total (St) es la siguiente:

Superficie Total (St)

$$St = SS + Sg + Se$$

**Ecuación 2.** Área necesaria total.

**Fuente:** Avilés, Edwin (2019).

Dónde:

Ss: Superficie estática (es el área que corresponde a máquinas e instalaciones).

Sg: Superficie de gravitación (área de trabajo que rodea al operario y material).

Se: Superficie de evolución (área designada para el desplazamiento de operarios).

En la tabla 20 se detalla los factores utilizados para el cálculo de espacio.

**Tabla 20.** Factores

Nomenclatura	
EBM	ESPACIO BASICO DE LA MÁQUINA
EOYM	ESPACIO DEL OPERARIO Y MTTO
ETEP	ESPACIO DE TRABAJO EN EL PROCESO
AAE	ALMACENAMIENTO DE AMORTIGUADOR DE ENTRADA
AAS	ALMACENAMIENTO DE AMORTIGUADOR DE SALIDA
DDR	DESPERDICIO DESECHOS Y REPROCESOS
HAT	HERRAMIENTAS TROQUELES Y ACCESORIOS
SMN	SUMINISTRO Y MATERIALES DE MTTO
N	NUMERO DE LADOS DE LA MÁQUINA DONDE SE DEZPLAZA EL OPERARIO
Sg	SUPERFICIE DE GRAVITACIÓN
Ss	SUPERFICIE ESTÁTICA
Se	SUPERFICIE DE EVOLUCIÓN
K	CONSTANTE RAZÓN DE LA EMPRESA
St	SUPERFICIE TOTAL
L	LARGO
A	ANCHO
AM	ÁREA DE MTTO
AO	ÁREA DEL OPERARIO
LAM	LARGO ÁREA DE MTTO
AAO	LARGO ÁREA DEL OPERARIO

**Fuente:** (Krajewski, Ritzman , & Malhotra , 2004)

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

### **Formulas aplicadas para el cálculo de espacio requerido**

$$ST = S_s + S_g + S_e.$$

#### **Ecuación 3. Superficie Total**

$$S_s = EBM + EOYM + ETEP.$$

#### **Ecuación 4. Superficie Estática**

$$S_g = S_s * n.$$

#### **Ecuación 5. Superficie Gravitacional**

$$S_e = (S_s + S_g) * K (ETEP).$$

#### **Ecuación 6. Superficie de Evolución**

$$ETEP = AAE + AAS + DDR + HAT + SMM.$$

#### **Ecuación 7. Espacio de ordenador y mtto**

**Fuente:** (Krajewski, Ritzman , & Malhotra , 2004)

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

Una vez que se eliminó el área de bodega y bodega de herramientas se tuvo un área libre de 40 m<sup>2</sup> lo cual permitirá reajustar a las áreas que requerían más espacio para así poder distribuir de mejor manera en el mismo espacio disponible que se tiene en el taller Cordeauto donde se determinó el cálculo para las necesidades de espacio para todas las áreas y máquinas del taller como se observa en la tabla 21.

**Tabla 21.** Cálculo necesidades de espacio

Cálculo de superficies de los de departamentos de Cordeauto																											
Departamentos		EBM (m2)			EYOME (m2)						ETP (m2)						SS	Sg			Se				SUPERFICIE TOTAL (m2)	SUPERFICIE ACTUAL (m2)	
		L	A	EMB	L	A	AM	AO	LAM	AAO	EOYMI	AAE	AAS	DDR	HAT	SMM		ETE	SS	N	Sg	SS	SG	K			Se
1	RECEPCIÓN	4,8	1,8	8,64	4,8	1,8	0,6	0,95	5,4	2,75	8,15	0,1	0,1	0,2	0	0	0,4	17,19	17,2	1	17	12	17	1	11,86	41,51	27
2	ENDEREZADA	5,6	2,2	12,32	5,6	2,2	0,6	0,95	6,2	3,15	9,35	0,1	0,1	0,2	0	0	0,4	22,07	22,1	1	22	74	22	1	38,588	82,73	58,4
3	PREPARADO	4,8	1,8	8,64	4,8	1,8	0,6	0,95	5,4	2,75	8,15	0,1	0,1	0,2	0	0	0,4	17,19	17,2	1	17	8	17	1	10,076	44,46	28,5
4	PINTURA	4,8	1,8	8,64	4,8	1,8	0,6	0,95	5,4	2,75	8,15	0,1	0,1	0,2	0	0	0,4	17,19	17,2	1	17	28	17	1	17,876	52,26	29,15
5	PULIDO	4,8	1,8	8,64	4,8	1,8	0,6	0,00	0	0,00	0	0,1	0,1	0,2	0	0	0,4	9,04	9,04	1	9	34	9	1	17,296	35,38	56,4
6	LAVADO	4,8	1,8	8,64	4,8	1,8	0,6	0,70	5,4	2,50	7,9	0,1	0,1	0,1	0	0	0,3	16,84	16,8	1	17	0,3	17	1	5,142	38,82	27
7	ESTACIONAMIENTO	4,8	1,8	8,64	4,8	1,8	0,6	0,95	5,4	2,75	8,15	0,1	0,1	0,2	0	0	0,4	17,19	17,2	1	17	101	17	1	47,104	81,48	78
8	BODEGA DE REPUESTOS	2	1,4	2,72	2	1,4	0	0,0	2	1,36	3,36	0,1	0,1	0,1	0	0	0,3	6,38	6,38	1	6,4	0,4	6,4	1	2,034	14,79	12
9	BAÑO	1	1,5	1,5	1	1,5	0	0	0	1,50	0	0	0	0	0	0	1,5	1,5	0	1,5	0	1,5	1	0	3,00	6	
10	OFICINA	3	3	9	3	3	0	0	3	3,00	0	0	0	0	0	0	9	9	1	9	0,6	9	1	0	18,00	16,34	
																						Superficie Total			378,23		

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## Productividad Multifactorial Actual

La productividad multifactorial necesita el uso de variables que permitan medir sus efectos, de forma que puedan incorporarse, ya sea de manera explícita o implícita, en la estructura de costos a nivel sectorial o agregado (Gutiérrez Pulido, 2020).

A continuación, se detallan los vehículos que ingresaron al taller en el último año, esto se obtiene mediante datos históricos del taller.

### Cantidad de vehículos ingresados por mes durante un año

En la tabla 22. Se muestra el número de vehículos que ingresaron al taller mensualmente por lo cual, en promedio se reparan 7 unidades al mes.

**Tabla 22.** Cantidad de vehículos que ingresaron al mes durante un año

Mes	Cantidad Leve	Cantidad Medio	Cantidad Fuerte	Total de vehículos al mes
Enero	3	2	3	8
Febrero	2	1	2	5
Marzo	3	2	3	8
Abril	4	1	2	7
Mayo	3	2	3	8
Junio	4	1	2	7
Julio	3	1	3	7
Agosto	2	2	2	6
Septiembre	3	1	2	6
Octubre	4	3	2	9
Noviembre	3	2	2	7
Diciembre	2	2	3	7
<b>Total</b>				<b>85</b>

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

Para el cálculo de la productividad multifactorial se debe conocer los costos de producción o costos directos y los costos operativos o costos indirectos, estos costos se obtienen mediante los datos históricos que proporciona el taller, a continuación, en las siguientes tablas se detallan los costos mensuales.

## Ingresos mensuales

En la tabla 23. Se detallan los ingresos mensuales de reparación por cada tipo de daño.

**Tabla 23.** Ingresos mensuales de reparación según el tipo de daño

Mes	INGRESOS LEVE	INGRESOS MEDIO	INGRESOS FUERTE	TOTAL INGRESOS AL MES
Enero	\$210	\$440	\$3.600	\$4.250
Febrero	\$180	\$200	\$2.000	\$2.380
Marzo	\$360	\$680	\$2.790	\$3.830
Abril	\$280	\$210	\$2.200	\$2.690
Mayo	\$330	\$440	\$2.400	\$3.170
Junio	\$312	\$380	\$1.900	\$2.592
Julio	\$315	\$365	\$2.100	\$2.780
Agosto	\$160	\$600	\$2.600	\$3.360
Septiembre	\$300	\$320	\$2.900	\$3.520
Octubre	\$360	\$840	\$2.470	\$3.670
Noviembre	\$240	\$700	\$2.400	\$3.340
Diciembre	\$240	\$490	\$2.940	\$3.670

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## Costos fijos

### Costo producción Mano de Obra

En la tabla 24. Se observa los costos de producción de la mano de obra.

**Tabla 24.** Costos de producción mano de obra

Trabajadores	Horas día	Costo día	Días de trabajo	Costo mensual mano de obra
Enderezador	8	20	30	\$600
Preparador	8	15,67	30	\$470
Pintor	8	20	30	\$600
Total, costo				\$1.670

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

En la tabla 25. Se observa los costos de internet, teléfono y arriendo.

**Tabla 25.** Costos de internet, teléfono y arriendo

<b>Descripción</b>	<b>Costo (Mensual)</b>
Internet	\$26
Teléfono	\$7
Arriendo	\$450

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

### **Costos variables**

#### **Costo mensual de Energía Eléctrica**

En la tabla 26. Se detallan los costos de producción de energía eléctrica.

**Tabla 26.** Costo de energía eléctrica

<b>Costos de producción Energía Eléctrica</b>	
<b>Mes</b>	<b>Costo</b>
Enero	\$10
Febrero	\$15
Marzo	\$9
Abril	\$7
Mayo	\$8
Junio	\$13
Julio	\$10
Agosto	\$12
Septiembre	\$13
Octubre	\$8
Noviembre	\$9
Diciembre	\$14

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

### Costo mensual de servicio básico

En la tabla 27. Se detallan los costos de producción de agua.

**Tabla 27.** Costo servicio básico (agua)

Costos de producción Agua	
Mes	Costo
Enero	\$13
Febrero	\$10
Marzo	\$8
Abril	\$9
Mayo	\$8
Junio	\$15
Julio	\$12
Agosto	\$10
Septiembre	\$11
Octubre	\$9
Noviembre	\$13
Diciembre	\$14

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## Costo de producción de Insumos

En la tabla 28. Se observa los costos de producción de insumos.

**Tabla 28.** Costo de insumos en el año

Costo de producción insumos		
Detalle	Cantidad	Costo anual
Masilla plástica	35 galón	\$795
Fondo	40 litro	\$843
Thinner	25 galón	\$492
Pintura	48 litro	\$3.738
Pulimento	15 litro	\$391
Cera	10 litro	\$320
Lijas	300 unid	\$445
Wipe	60 kg	\$135
Masilla Roja	35 litro	\$360
Barniz	52 litro	\$1.851
Disco de corte	45 unid	\$295
Disco de esmerilar	48 unid	\$394
Brocas	180 unid	\$220,0
Masking	250 unid	\$489
Microfibra	120 unid	\$340
Mastico	95 unid	\$285
<b>Total</b>		<b>\$11.392</b>

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

**Costos mensuales de insumos según el tipo de daño: leve, medio y fuerte.**

En la tabla 29. Se detallan los costos de producción de insumos según el tipo de daño.

**Tabla 29.** Costos de insumos según el tipo de daño

<b>Mes</b>	<b>INSUMOS - LEVE</b>	<b>INSUMOS - MEDIO</b>	<b>INSUMOS - FUERTE</b>	<b>TOTAL COSTO AL MES</b>
Enero	\$180	\$200	\$729	\$1.109
Febrero	\$140	\$150	\$494	\$784
Marzo	\$288	\$272	\$702	\$1.262
Abril	\$284	\$125	\$402	\$811
Mayo	\$201	\$290	\$642	\$1.133
Junio	\$316	\$127	\$480	\$923
Julio	\$258	\$92	\$636	\$986
Agosto	\$114	\$242	\$370	\$726
Septiembre	\$216	\$98	\$434	\$748
Octubre	\$332	\$345	\$444	\$1.121
Noviembre	\$231	\$204	\$340	\$775
Diciembre	\$188	\$256	\$570	\$1.014
		<b>Total</b>		<b>\$11.392</b>

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

### Costos de mantenimiento mensual de máquinas y equipos del taller

En la tabla 30. Se detallan los costos de mantenimiento de las máquinas del taller.

**Tabla 30.** Costos de mantenimiento

Mes	COSTO (Mensual)	COSTO (Anual)
Enero	\$22,00	
Febrero	\$30,00	
Marzo	\$20,00	
Abril	\$25,00	
Mayo	\$30,00	
Junio	\$25,00	
Julio	\$30,00	<b>\$278,00</b>
Agosto	\$18,00	
Septiembre	\$31,00	
Octubre	\$22,00	
Noviembre	\$15,00	
Diciembre	\$10,00	

**Fuente:** Cordeauto

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

Para calcular la productividad multifactorial mensual se deben conocer los ingresos y costos calculados anteriormente de cada mes, la ecuación de la productividad multifactorial es la siguiente:

$$P. M = \frac{\text{Ingresos mensuales (Precio x Cantidad)}}{\text{Costos de factores producidos usados (C. M. O + C. insumos + C. varios)}}$$

**Ecuación 8.** Productividad Multifactorial

**Fuente:** (Gutiérrez Pulido, 2020)

En la tabla 31. Se calcula la productividad mensual para obtener un promedio de la productividad en el último año.

**Tabla 31.** Productividad multifactorial

Mes	TOTAL COSTOS	TOTAL INGRESOS	PRODUCTIVIDAD
Enero	\$3.307	\$4.250	1,29
Febrero	\$2.992	\$2.380	0,80
Marzo	\$3.452	\$3.830	1,11
Abril	\$3.005	\$2.690	0,90
Mayo	\$3.332	\$3.170	0,95
Junio	\$3.129	\$2.592	0,83
Julio	\$3.191	\$2.780	0,87
Agosto	\$2.919	\$3.360	1,15
Septiembre	\$2.956	\$3.520	1,19
Octubre	\$3.313	\$3.670	1,11
Noviembre	\$2.965	\$3.340	1,13
Diciembre	\$3.205	\$3.670	1,15
Promedio			1,04

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

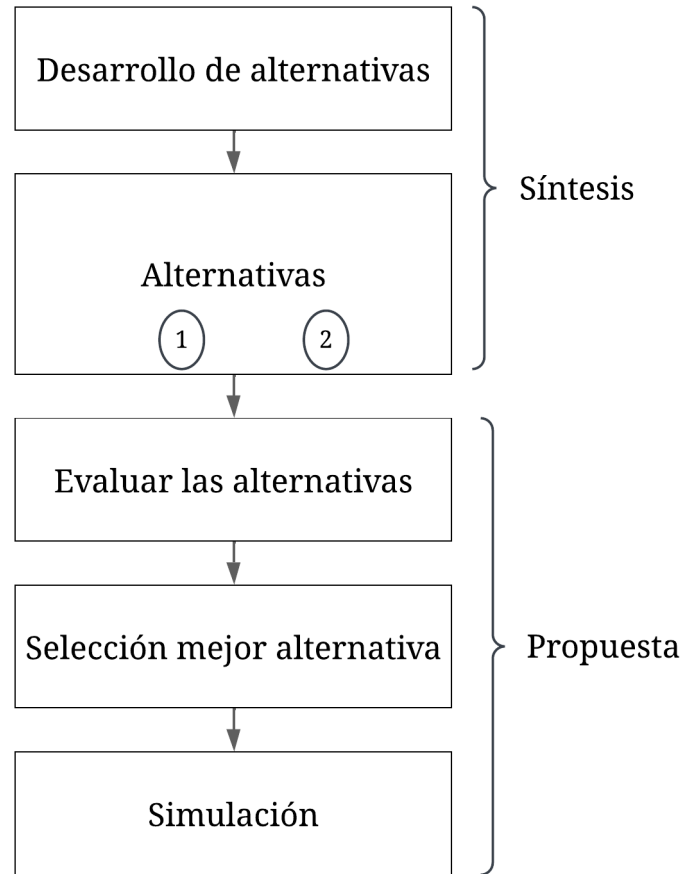
### Área de Estudio

**Tabla 32.** Área de estudio

Dominio	Tecnología y Sociedad.
Línea de investigación	Sistemas industriales.
Campo	Procesos Industriales.
Área	Gestión de Sistemas Productivos.
Aspecto	Distribución de planta
Objeto de estudio	Flujo de trabajo optimizado en el proceso de reparación de vehículos
Periodo de estudio	Octubre 2024 – Febrero 2025

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## Modelo Operativo



**Gráfico 14.** Modelo Operativo

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2024).

## Desarrollo del modelo operativo

### Desarrollo de alternativas

#### Diagrama de relación

Los diagramas de relación sirven para identificar con letras los grados de relación deseada entre maquinas, material o departamentos (Muther, *Systematic Layout Planning*, 1973).

Tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Identificar todos los departamentos para la organización de la planta.
- Determinar los criterios de evaluación que se van a utilizar.

#### Diagrama de relación de actividades

El diagrama de relación de actividades permite visualizar de manera gráfica como están unidos los departamentos con los datos recopilados, así como análisis y cálculos obtenidos (Muther, 1973).

Se estableció 2 alternativas para la distribución del taller Cordeauto, donde se realizará una distribución a escala tomando en cuenta los siguientes factores:

- Adyacencia de departamentos (Diagrama de actividades).
- Forma de los departamentos (Coeficiente de forma de los departamentos [F]).

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

**Ecuación 9.** Forma de los departamentos

Donde:

F: Forma de departamento

P: Perímetro

A: Área

### **Evaluar las alternativas**

Una vez desarrolladas las alternativas, se procede a seleccionar una de ellas, en este punto cada alternativa deberá ser evaluada en relación con los siguientes factores establecidos, estos son los factores requeridos para la óptima distribución de la planta de Cordeauto (Arias, Moore, & Rivera, 2022).

- Comparación de ventajas y desventajas
- Análisis de factores ponderados
- Comparación de costos
- Otros

### **Selección mejor alternativa**

Una vez finalizado la evaluación teniendo ya los resultados, se elige la alternativa que tenga un valor del 100% donde se identifica el que tenga un factor mayor para la adyacencia de departamentos.

### **Simulación**

El programa de simulación FlexSim es un simulador de eventos discretos que se centra en objetos definidos, permitiendo la visualización y el análisis del flujo de procesos. (FlexSim Software Products, I., 1993 - 2015).

A continuación, se muestra las técnicas para reducir problemas en la distribución mediante computadora como se observa en la tabla 35.

**Tabla 33.** Técnicas para reducir problemas en la distribución mediante computadora.

<b>Naturaleza del problema</b>	<b>Corelap</b>	<b>Arena</b>	<b>Planet</b>	<b>FlexSim</b>
Falta de confianza en la solución	Puede realizar pruebas mediante la variación de proporciones del ancho de los departamentos y establecer nuevas corrientes de trabajo.	Realiza simulaciones de eventos discretos confiables, pero requiere de experiencia para modelar.	Puede variar las prioridades de colocación y realiza varios procesos nuevos de la rutina.	Tiene un nivel de confianza alto, ya que permite simulaciones en tiempo real, visualizaciones 3D y análisis dinámico.

Fuente: (Tompkins, 1978).

Para este proyecto se eligió el programa FlexSim para la simulación, ya que permitirá simular en tiempo real además que tiene un nivel alto de confianza donde se pueda simular la mejor alternativa de distribución de planta.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

La propuesta de esta investigación se enfoca en un diseño de planta de la empresa Cordeauto, donde se busca reducir los tiempos de los procesos y distancias recorridas por los operarios mejorando la Productividad del taller, basándose en la metodología SLP (Systematic Layout Planning), (Planeación sistemática de diseño), para adecuar de mejor manera las áreas de producción del taller de enderezada y pintura.

Mediante el diagnóstico realizado en el capítulo anterior donde se ha identificado los tiempos de reparación, áreas de trabajo, máquinas, distancias de recorrido del vehículo y operario, se pudo identificar áreas que no aportan al proceso productivo más bien ocupan espacio por lo cual se quitaron esas áreas quedando un espacio de 40 m<sup>2</sup>, además de realizar el cálculo necesario de espacio para áreas que si lo requerían, para que se pueda realizar de mejor manera los procesos como se indica en la tabla 21.

Para ello se plantea 2 alternativas de distribución de planta para el taller Cordeauto con el objetivo de tener una alternativa que busque la reducción de recorrido entre áreas, mejorar el flujo de trabajo y se logre mejorar la productividad del taller donde se pueda atender un mayor número de vehículos siniestrados o de cualquier otro tipo de reparación.

### Alternativa 1

Para el desarrollo de la alternativa 1 se ha considerado quitar áreas que no aportan al proceso productivo más bien ocupan espacio considerable en la planta, lo cual permite reubicar las demás áreas en el mismo espacio de la planta.






A continuación, se realiza la interacción de las áreas del taller Cordeauto donde se preguntó al jefe de taller para llenar el diagrama, como se muestra en el gráfico 15.

NÚM	Áreas o Estación de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	RECEPCIÓN	1	2									
2	ENDEREZADO	E 7	2	3								
3	PREPARADO	I 1	A 1	3	4							
4	PINTURA	U 6	I 6	O 3	4	5						
5	PULIDO	O 3	O 3	O 3	I 6	5	6					
6	LA VADO	U 4	O 3	I 1	U 3	A 1	6	7				
7	ESTACIONAMIENTO	E 1	O 3	U 3	E 3	O 3	A 1	7	8			
8	BODEGA REPUESTOS	U 5	I 5	O 5	U 3	O 3	U 3	U 3	8	9		
9	BAÑOS	O 5	I 5	I 5	I 5	I 5	O 5	I 5	O 5	I 5	9	10
10	OFICINA	I 1	U 7	U 3	U 6	U 3	O 3	O 3	E 5	I 5	10	11

Código	Proximidad	Código	Argumento
A	Absolutamente necesario	1	Procesos relacionados
E	Especialmente importante	2	Peligro de incendio
I	Importante	3	Polvo suspendido
O	Ordinario	4	Seguridad del operario
U	Sin importancia	5	Flujo de operarios
X	No deseable	6	Vapores de pintura
		7	Ruido excesivo

**Gráfico 15.** Relación de áreas alternativa 1  
**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

**Tabla 34.** Valores y porcentajes de adyacencia de alternativa 1

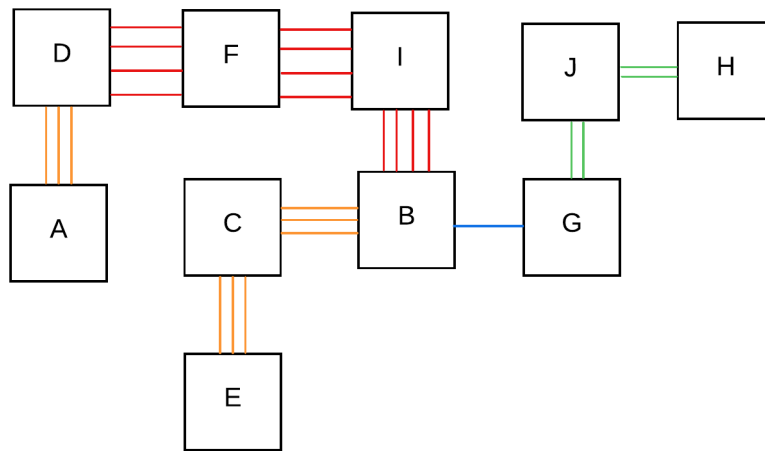
<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>LETRA</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>No. Total</b>	<b>NO. ADYAC.</b>	<b>% Cumplimiento</b>		<b>RESULTADO</b>
	A	Absolutamente necesario	3	3	100,00	243	729
	E	Especialmente Importante	4	3	75,00	81	243
	I	Importante	13	10	76,9	27	270
	O	Ordinario	13	9	69,23	9	81
-	U	Sin importancia	12	10	83,33	3	30
	X	No deseable	0	0	0,00	-243	0
		<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>35</b>		<b>Total</b>	<b>1353</b>

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

### **Análisis**

En la tabla 34 el resultado de la adyacencia entre los diferentes departamentos del taller Cordeauto es de 1353, este resultado indica que la adyacencia entre los departamentos es apropiada, ya que satisface la mayoría de las relaciones de adyacencia.

**Diagrama de relación de adyacencia alternativa 1**



**Gráfico 16.** Relación de adyacencia alternativa 1

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

**Diagrama de relación de actividades alternativa 1**

Enderezada D		Preparado F		Pintura E	Oficina H
Recepción A	Estacionamiento C	Lavado B	Pulido I	Bodega Repuestos J	Baño G

**Gráfico 17.** Relación de actividades alternativa 1

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

**Tabla 35.** Forma de los departamentos alternativa 1

DEPARTAMENTOS	ÁREA	LARGO	ANCHO	PERIMETRO	F	CUMPLE
RECEPCIÓN	41,5	6	5,93	23,86	0,93	NO
ENDEREZADO	82,85	13,91	6,27	40,36	1,11	SI
PREPARADO	44,7	8	5,67	27,34	1,02	SI
PINTURA	52,22	6,8	6,74	27,08	0,94	NO
PULIDO	35,72	9	4,64	27,28	1,1	SI
LAVADO	37,1	5,93	5,93	23,72	1,0	NO
ESTACIONAMIENTO	81,8	5,93	9,91	31,68	0,88	NO
BODEGA REPUESTOS	14,74	4	3,69	15,38	1,00	SI
BAÑOS	3	2,14	1,5	7,28	1,05	SI
OFICINA	19,69	5	3,95	17,9	1,01	SI

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

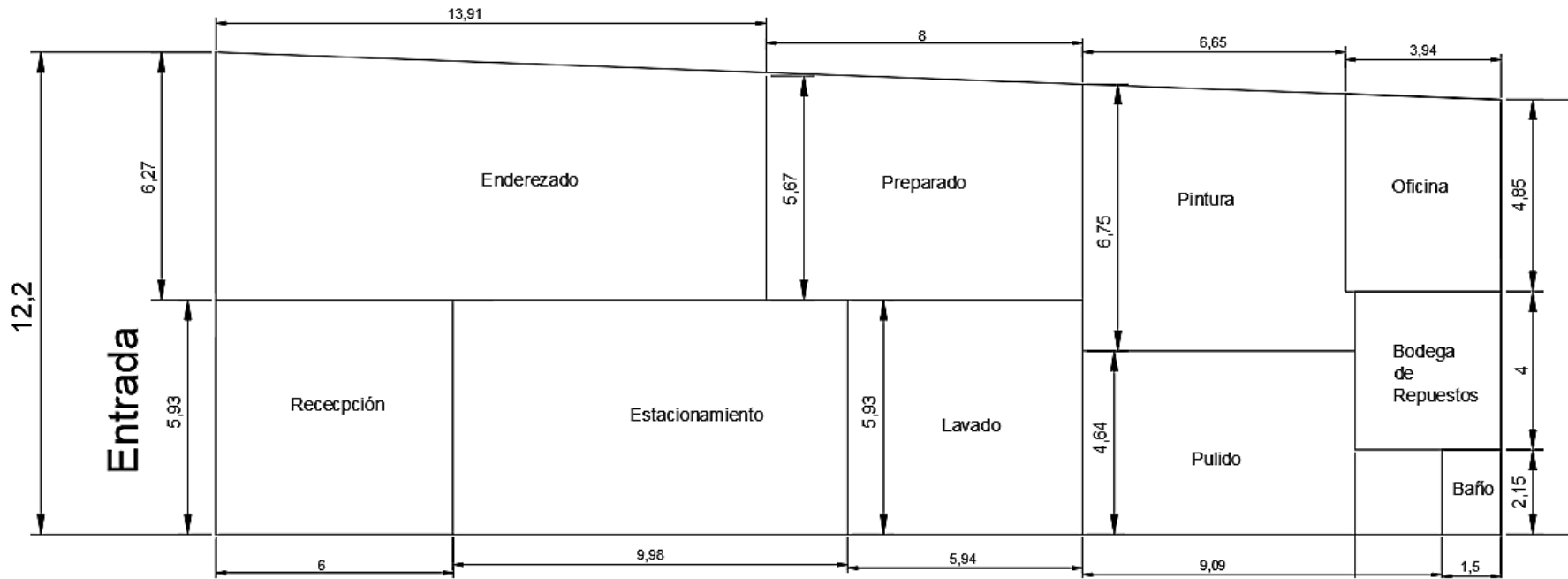
En la tabla 35 se evaluó la forma de cada departamento, esto quiere decir que si se encuentra en el rango  $\leq 1 F \leq 1.4$ , la forma de los departamentos es adecuada caso contrario no sería apropiada, en este caso para la alternativa 1 del taller Cordeauto, la forma de los departamentos cumple con el 60 % en cada uno de sus departamentos.

**Tabla 36.** Distancia rectilínea actual vs distancia propuesta alternativa 1

Departamento	Cantidad	Distancia Actual	(Cantidad * Distancia actual)	Distancia Alternativa 1	(Cantidad * Distancia alternativa 1)
A1 - A2	75	1	75	1	75
A1 - A3	110	3	330	2	220
A2 - A3	75	2	150	1	75
A3 - A4	140	1	140	1	140
A4 - A5	140	3	420	1	140
A5 - A6	140	2	280	1	140
A5 - A7	65	1	65	1	65
A6 - A7	75	1	75	1	75
		<b>TOTAL</b>	<b>1535</b>	<b>TOTAL</b>	<b>930</b>

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

En la tabla 36 se determinó las distancias rectilíneas que existe entre áreas con relación a la cantidad de vehículos que transitan por las distintas estaciones de trabajo donde se obtuvo un valor de 1535 en la distribución actual, es decir, la distancia es mayor en comparación con la distribución propuesta de la alternativa 1 donde la distancia es menor con un valor de 930.



**Gráfico 18.** Dimensiones de la propuesta alternativa 1

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

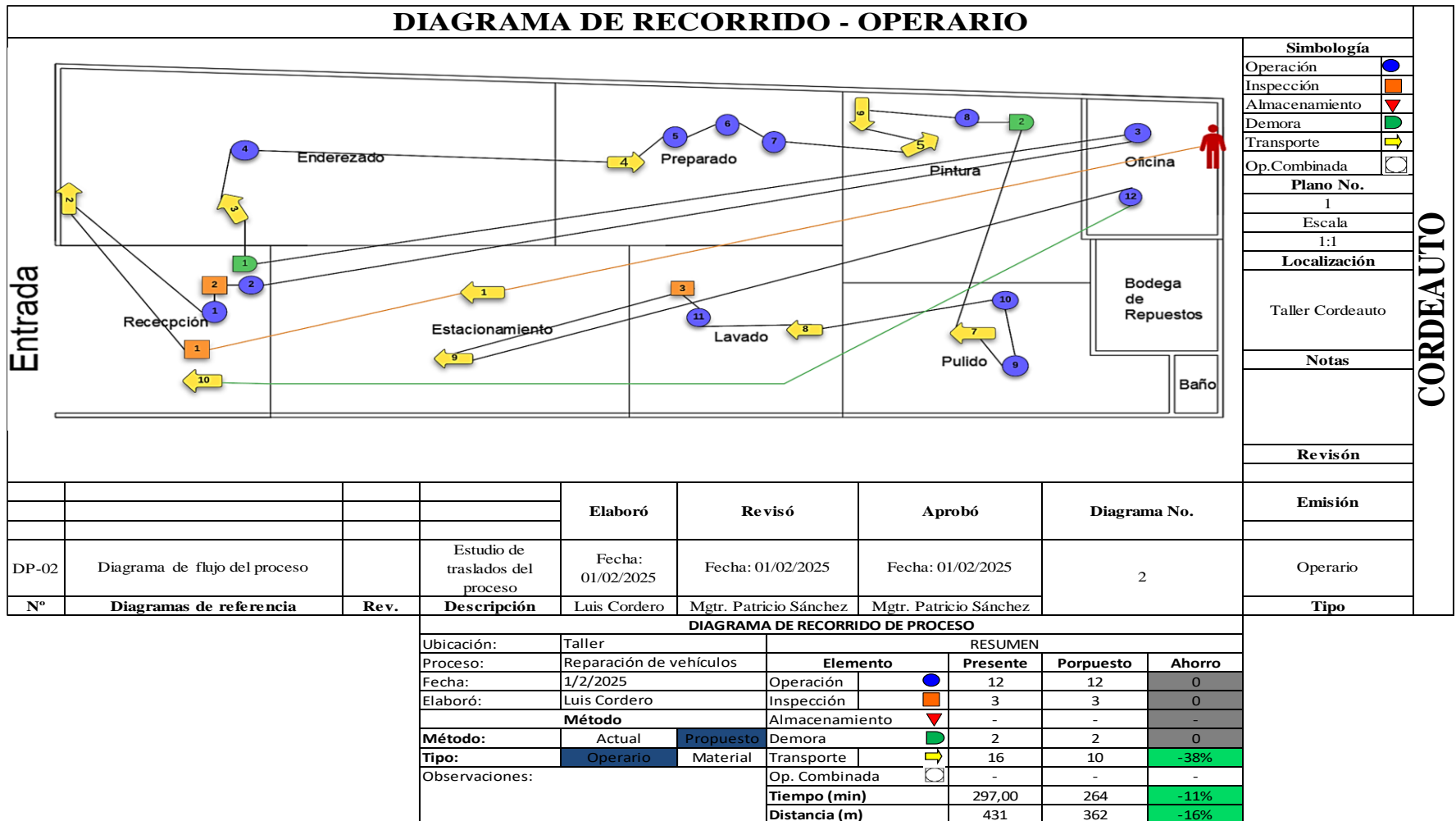


Gráfico 19. Diagrama propuesto de recorrido alternativa 1

Elaborado por: Cordero, Luis (2025).

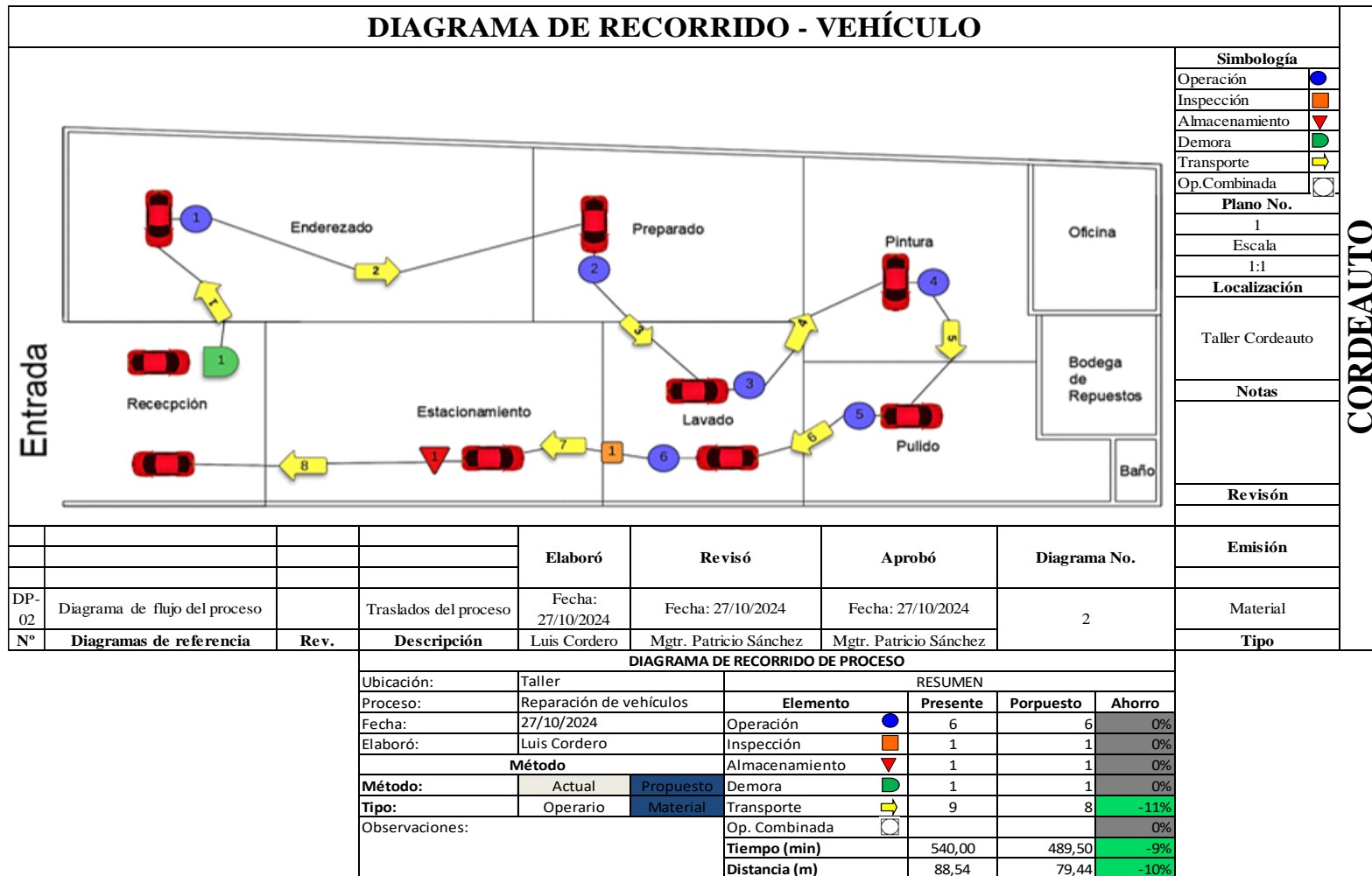













Gráfico 20. Diagrama propuesto de recorrido del material alternativa 1

Elaborado por: Cordero, Luis (2025).

**Tabla 37.** Descripción del proceso de reparación de daño medio para alternativa 1

CORDEAUTO								
Hoja N° 5 De:6 Diagrama N°:5		Operar.	<input checked="" type="checkbox"/>	Mater.	<input type="checkbox"/>	Maqui.		
Proceso: Proceso de reparación daño medio de un VH		RESUMEN						
Fecha: Febrero 2025		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo	Act.	Pro.		
Método : Actual: Propuesto: x			Operación	344,00	12	12		
Elaborado por: Luis Cordero			Transporte	36,50	17	10		
			Inspección	25,00	3	3		
			Espera	90,00	2	2		
			Almacenaje	3,00	0	0		
		Total de Actividades realizadas			34	27		
		Distancia total en metros			500	420		
		Tiempo min / hombre			546	496		
						0%		
						-41%		
						0%		
						0%		
						0%		
						-21%		
						-16%		
						-9%		
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia (m)	Tiempo min	SÍMBOLOS PROCESOS				
								
1	Traslado a recepción	21,87	2,00		●			
2	Evaluar el grado del daño	10	10,00		●			
3	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	8,39	1,50		●			
4	Desmontaje de piezas	10	18,00	●				
5	Verificar la Magnitud del daño	7	10,00		●			
6	Tomar fotografías de partes afectadas	6	8,00	●				
7	Realizar la cotización	21,87	60,00	●				
8	Autorización del cliente	0	30,00				●	
9	Trasladar vehículo al área de enderezada	32,92	5,00		●			
10	Reparación de la estructura	30	78,00	●				
11	Trasladar vehículo al área de preparado	11,05	4,00		●			
12	Preparar la superficie	10	40,00	●				
13	Empapelar la superficie	12	20,00	●				
14	Limpiar completamente el vehículo	20	10,00	●				
15	Trasladar el vehículo al área de pintura	9	5,00		●			
16	Prender compresor	10	1,00		●			
17	Pintar las piezas	40	40,00	●				
18	Esperar 1 hora de secado	-	60,00				●	
19	Trasladar el vehículo al área de pulido	15,25	2,00		●			
20	Lijar las piezas pintadas	15	20,00	●				
21	Pulir las piezas	20	30,00	●				
22	Trasladar el vehículo para lavar	18,91	3,00		●			
23	Lavar completamente el vehículo	20	15,00	●				
24	Inspección final	30	5,00		●			
25	Traslado de vehículo al estacionamiento	4	3,00		●			
26	Informar al cliente	14,45	5,00	●				
27	Entrega del vehículo	22,11	10,00		●			
<b>Total:</b>		<b>419,82</b>	<b>495,50</b>					min

Elaborado por: Cordero, Luis (2025).

## Alternativa 2

Para el desarrollo de la alternativa 2 se ha considerado quitar áreas que no aportan al proceso productivo más bien ocupan espacio considerable en la planta, lo cual permite reubicar las demás áreas en el mismo espacio de la planta.






A continuación, se realiza la interacción de las áreas del taller Cordeauto donde se preguntó al jefe de taller para llenar el diagrama, como se muestra en el gráfico 21.

NÚM	Áreas o Estación de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	RECEPCIÓN	1	2									
2	ENDEREZADO	A	2	3								
3	PREPARADO	E	A	3	4							
4	PINTURA	O	I	A	4	5						
5	PULIDO	U	O	A	A	5	6					
6	LA VADO	U	O	I	O	A	6	7				
7	ESTACIONAMIENTO	O	U	O	I	I	A	7	8			
8	BODEGA REPUESTOS	U	A	O	U	U	U	U	8	9		
9	BAÑOS	O	I	I	O	O	O	U	I	9	10	
10	OFICINA	I	O	U	U	U	O	O	E	I	10	11

Código	Proximidad	Código	Argumento
A	Absolutamente necesario	1	Procesos relacionados
E	Especialmente importante	2	Peligro de incendio
I	Importante	3	Polvo suspendido
O	Ordinario	4	Seguridad del operario
U	Sin importancia	5	Flujo de operarios
X	No deseable	6	Vapores de pintura
		7	Ruido excesivo

**Gráfico 21.** Relación de áreas alternativa 2  
**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

**Tabla 38.** Valores y porcentajes de adyacencia de alternativa 2

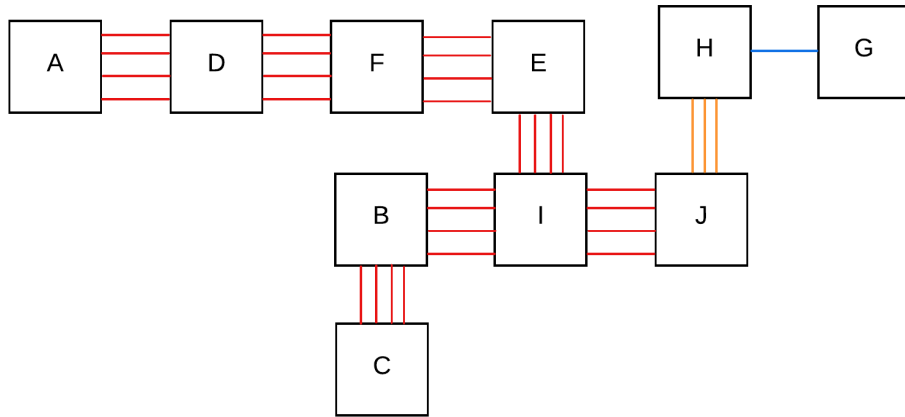
<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>LETRA</b>	<b>PONDERACION</b>	<b>No. Total</b>	<b>NO. ADYAC.</b>	<b>% Cumplimiento</b>		<b>RESULTADO</b>
	A	Absolutamente necesario	8	6	75,00	243	1458
	E	Especialmente Importante	2	2	100,00	81	162
	I	Importante	9	5	55,6	27	135
	O	Ordinario	14	10	71,43	9	90
-	U	Sin importancia	12	7	58,33	3	21
	X	No deseable	0	0	0,00	-243	0
		<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>30</b>		<b>Total</b>	<b>1866</b>

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

### **Análisis**

En la tabla 38 se tiene como resultado que la adyacencia entre los diferentes departamentos del taller Cordeauto es de 1866, este resultado indica que la adyacencia entre los departamentos es apropiada, ya que satisface la mayoría de las relaciones de adyacencia.

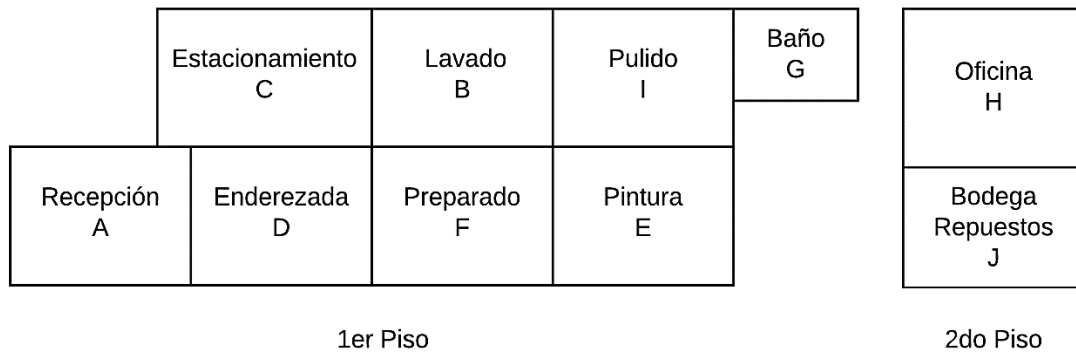
**Diagrama de relación de adyacencia alternativa 2**



**Gráfico 22.** Relación de adyacencia alternativa 2

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

**Diagrama de relación de actividades alternativa 2**



**Gráfico 23.** Relación de actividades alternativa 2

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

**Tabla 39.** Forma de los departamentos alternativa 2

DEPARTAMENTOS	ÁREA	LARGO	ANCHO	PERIMETRO	F	CUMPLE
RECEPCIÓN	41,5	6	7	26	1,01	SI
ENDEREZADO	82,85	11,85	7	37,7	1,04	SI
PREPARADO	44,7	6,67	6,67	26,68	1,00	SI
PINTURA	52,22	7,98	6,67	29,3	1,01	SI
PULIDO	35,72	8	4,5	25	1,0	SI
LAVADO	37,1	7,86	4,62	24,96	1,02	SI
ESTACIONAMIENTO	81,8	16,66	5,2	43,72	1,21	SI
BODEGA REPUESTOS	14,74	4,46	3,3	15,52	1,01	SI
BAÑOS	3	2	1,57	7,14	1,03	SI
OFICINA	19,69	4,5	4,4	17,8	1,00	SI

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

### Análisis

En la tabla 39 se evaluó la forma de cada departamento, esto quiere decir que si se encuentra en el rango  $\leq 1 F \leq 1.4$ , la forma de los departamentos es adecuada caso contrario no sería apropiada, en este caso para la alternativa 2 del taller Cordeauto, la forma de los departamentos cumple con el 100 % en cada uno de sus departamentos.

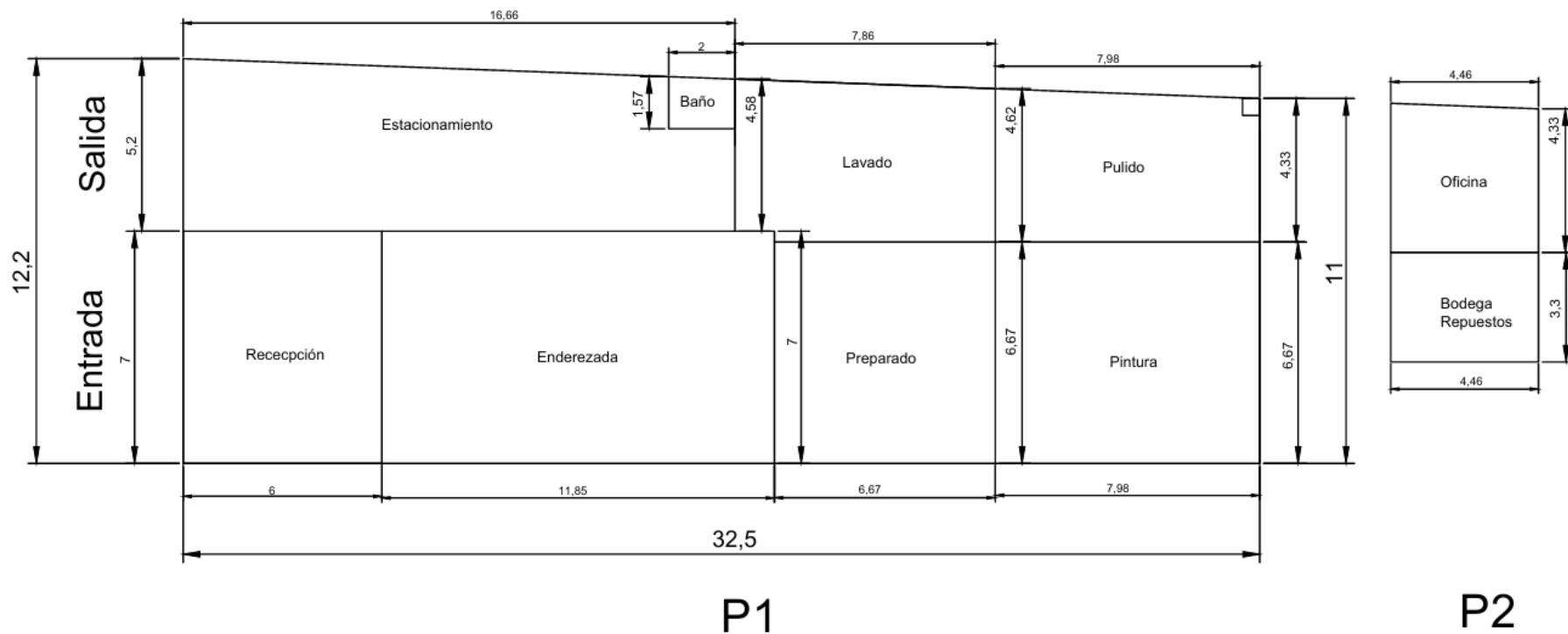
**Tabla 40.** Distancia rectilínea actual vs distancia propuesta de alternativa 1 y 2

Departamento	Cantidad	Distancia Actual	(Cantidad * Distancia actual)	Distancia Alternativa 1	(Cantidad * Distancia alternativa 1)	Distancia alternativa 2	(Cantidad * Distancia alternativa 2)
A1 - A2	75	1	75	1	75	1	75
A1 - A3	110	3	330	2	220	2	150
A2 - A3	75	2	150	1	75	1	75
A3 - A4	140	1	140	1	140	1	75
A4 - A5	140	3	420	1	140	1	75
A5 - A6	140	2	280	1	140	1	75
A5 - A7	65	1	65	1	65	2	150
A6 - A7	75	1	75	1	75	1	75
		<b>TOTAL</b>	<b>1535</b>	<b>TOTAL</b>	<b>930</b>	<b>TOTAL</b>	<b>750</b>

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

En la tabla 40 se determinó las distancias rectilíneas que existe entre áreas con relación a la cantidad de vehículos que pasan por las distintas áreas de trabajo donde se obtuvo un

valor de 1535 en la distribución actual, es decir, la distancia es mayor en comparación con la distribución propuesta de la alternativa 1 que tiene una distancia de 930 y en la distribución propuesta de la alternativa 2 es de 750.



**Gráfico 24.** Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa 2

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

Se propone para una de las alternativas trasladar la oficina y bodega de herramientas al segundo piso, dejando el primer piso exclusivamente para las actividades de producción del taller como se puede ver en el gráfico 24.

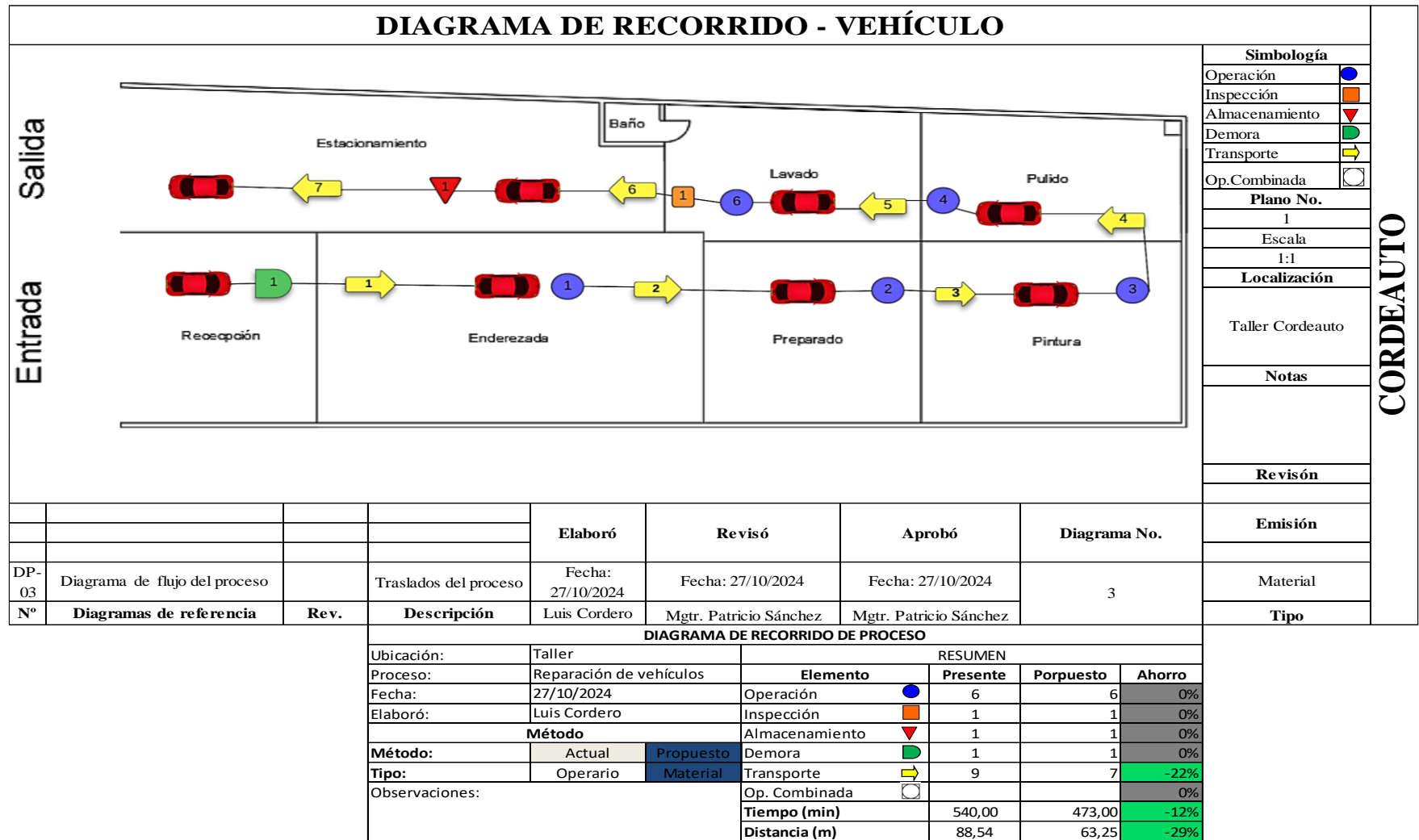


Gráfico 25. Diagrama propuesto de recorrido del material alternativa 2  
 Elaborado por: Cordero, Luis (2025).

Para la propuesta de la alternativa 2 se ha diseñado una distribución de planta en forma de “U” con el objetivo de optimizar los recorridos y reducir los tiempos de traslado entre estaciones dentro del taller Cordeauto. Sin embargo, debido a las dimensiones limitadas del espacio entre ciertas estaciones, las maniobras de giro son complejas, ya que los vehículos requieren de varios movimientos hacia adelante y en reversa para poder alinearse correctamente en la estación.

Para mejorar esta dinámica, se propone la implementación de un “Dolly de chasis central” como se observa en la imagen 2, un dispositivo diseñado para levantar el vehículo desde un punto delantero, central o posterior del chasis y permitir su desplazamiento sin necesidad de encender el vehículo. Con este sistema, los vehículos pueden ser movidos de manera más ágil sin mucho esfuerzo físico, reduciendo los tiempos de maniobra y facilitando los giros en espacios estrechos.



**Imagen 2.** Dolly de chasis central

**Fuente:** Eastwood company (2025).

El uso de esta herramienta ha sido implementado en empresas automotrices de Ambato, como Ciauto Cia. Ltda. Ensambladora de vehículos, donde se emplean dollies de chasis central para trasladar carrocerías en proceso de ensamble a diferentes estaciones. De igual manera, en los talleres de la empresa ASSA – Automotores de la Sierra S.A, el uso de este sistema ha permitido mejorar la movilidad de los vehículos dentro del taller sin la necesidad de encenderlos, optimizando el flujo de trabajo y reduciendo el esfuerzo del personal.

### **Acondicionar las estaciones**

Las áreas como enderezado, preparado, pintura y pulido no cuentan con herramientas y materiales cercanos por el desorden en el taller, es por ello que en esta propuesta se busca organizar las estaciones de trabajo con gabinetes de herramientas, para esta alternativa son necesarios 4 gabinetes, 3 de tipo rodines y 1 tipo aéreo, donde se colocará un gabinete con ruedas en el área de enderezado, preparado y pintura y el de tipo aéreo en el área de pulido, con esta propuesta se crea un espacio de trabajo adecuado para cada estación donde facilite el acceso rápido a las herramientas y material de tal manera que se tenga un orden en las áreas de trabajo.

#### **Gabinete tipo aéreo**




#### **Gabinete tipo rodines**



**Imagen 3.** Gabinetes para herramientas.

**Fuente:** Eastwood company (2025).

**Tabla 41.** Descripción del proceso de reparación de daño medio para alternativa 2

CORDEAUTO									
Hoja N° 6 De:6 Diagrama N°:6		Operar.	x	Maqui.					
Proceso: Proceso de reparación daño medio de un VH		RESUMEN							
		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo	Act.	Pro.	Econ.		
Fecha: Febrero 2025		●	Operación	344,00	12	12	0%		
Método : Actual: Propuesto: x		➡	Transporte	25,00	17	10	-41%		
Elaborado por: Luis Cordero		■	Inspección	19,00	3	3	0%		
		⬇	Espera	85,00	2	2	0%		
		▼	Almacenaje	2,00	0	0	0%		
		Total de Actividades realizadas				34	27	-21%	
		Distancia total en metros				500	322	-36%	
		Tiempo min / hombre				546	473	-13%	
NUMERC	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia (m)	Tiempo min	SÍMBOLOS PROCESOS					
				●	➡	■	⬇	▼	
1	Traslado a recepción	21,62	2,00		●				
2	Evaluar el grado del daño	5	7,00			●			
3	Se traslada a recoger herramientas para desmontaje	4	1,00		●				
4	Desmontaje de piezas	10	18,00	●					
5	Verificar la Magnitud del daño	15	7,00			●			
6	Tomar fotografías de partes afectadas	7	8,00	●					
7	Realizar la cotización	21,62	60,00	●					
8	Autorización del cliente	0	25,00				●		
9	Trasladar vehículo al área de enderezada	8,92	1,00		●				
10	Reparación de la estructura	20	78,00	●					
11	Trasladar vehículo al área de preparado	9,12	2,00		●				
12	Preparar la superficie	15	40,00	●					
13	Empapelar la superficie	12	20,00	●					
14	Limpiar completamente el vehículo	20	10,00	●					
15	Trasladar el vehículo al área de pintura	7,2	2,00		●				
16	Prender compresor	3	1,00		●				
17	Pintar las piezas	30	40,00	●					
18	Esperar 1 hora de secado	-	60,00				●		
19	Trasladar el vehículo al área de pulido	5,5	2,00		●				
20	Lijar las piezas pintadas	7	20,00	●					
21	Pulir las piezas	15	30,00	●					
22	Trasladar el vehículo para lavar	7,93	2,00		●				
23	Lavar completamente el vehículo	20	15,00	●					
24	Inspección final	20	5,00			●			
25	Traslado de vehículo al estacionamiento	11,32	2,00		●				
26	Informar al cliente	12,39	5,00	●					
27	Entrega del vehículo	13,26	10,00		●				
<b>Total:</b>		<b>321,88</b>	<b>473,00</b>	min					

Elaborado por: Cordero, Luis (2025).

## Resultados esperados

Mediante los criterios empleados para el análisis de las alternativas propuestas de distribución del Taller Cordeauto se presentan los resultados obtenidos, donde se toma en cuenta la adyacencia, la forma de los departamentos y distancias de las alternativas, como se puede ver en la tabla 42.

**Tabla 42.** Evaluación de alternativas

EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS				
NÚMERO	DENOMINACIÓN	ADYACENCIA	FORMA	DISTANCIA
1	ALTERNATIVA 1	1353	40%	930
2	ALTERNATIVA 2	1866	100%	750

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

A partir de los parámetros obtenidos en los diagramas de relación, en la adyacencia de las alternativas, forma y distancia de los departamentos se determina cuál de los dos presenta una mayor puntuación. En este análisis, la Alternativa 2 es la que alcanza los mejores valores considerando los criterios evaluados.

## Eficiencia operativa

En la tabla 43 se puede observar la comparativa de los porcentajes de eficiencia en base a lo actual vs lo propuesto, en este caso se puede observar que la alternativa 2 presenta una mejora de la eficiencia en cada uno de los tipos de daño, ya que se ha eliminado actividades como transporte, que no generaban valor agregado al proceso llegando así a un 81 % de eficiencia.

**Tabla 43.** Eficiencia operativa

Tipo de daño	Eficiencia operativa actual	Eficiencia operativa alternativa 1	Eficiencia operativa alternativa 2
Leve	51%	63%	72%
Medio	63%	69%	73%
Fuerte	70%	80%	81%

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

### Comparación de los tiempos para reparación de vehículos

A continuación, en la tabla 44 se indica los tiempos actuales vs los tiempos de la alternativa 1 y alternativa 2.

**Tabla 44.** Comparación de tiempos de reparación

Tipo de daño	Tiempo actual (min)	Tiempo de alternativa 1 (min)	Tiempo de alternativa 2 (min)
Leve	298	268,5	226
Medio	546	495,5	473
Fuerte	3694	3617	3577

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

Como se puede ver en la tabla 45 se ha realizado una comparativa entre el ahorro que hay en cada alternativa propuesta con respecto al tiempo actual, en este caso la alternativa 2 es la que presenta un mayor ahorro para cada tipo de daño reduciendo aproximadamente un 24 % de tiempo para la reparación.

**Tabla 45.** Reducción de los tiempos de reparación

Tipo de daño	Tiempo actual (min)	Ahorro de Alternativa 1	Ahorro de alternativa 2
Leve	298	10%	24%
Medio	546	9%	13%
Fuerte	3694	2%	3%

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

### Comparación de distancias del operario

A continuación, en la tabla 46 se indica las distancias actuales del recorrido del operario vs las distancias de la alternativa 1 y alternativa 2.

**Tabla 46.** Comparación de distancias de operarios

Tipo de daño	Distancia actual (m)	Distancia de alternativa 1 (m)	Distancia de alternativa 2 (m)
Leve	431	362	311
Medio	500	420	322
Fuerte	520	449	360

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

Como se puede ver en la tabla 47 se ha realizado una comparativa entre el ahorro que hay en cada alternativa propuesta con respecto a la distancia actual, en este caso la alternativa 2 es la que presenta un mayor ahorro para cada tipo de daño reduciendo aproximadamente un 36 % de distancia para el recorrido de los operarios.

**Tabla 47.** Reducción de las distancias actuales y las alternativas propuestas

Tipo de daño	Distancia actual (m)	Ahorro de Alternativa 1	Ahorro de alternativa 2
Leve	298	16%	28%
Medio	546	16%	36%
Fuerte	3694	14%	31%

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

#### **Comparación de distancias del material (vehículo)**

En la tabla 48 se puede ver la reducción de distancia que existe entre la distancia actual vs la distancia de la alternativa 2 donde se reduce hasta en un 29% de recorrido para el vehículo con la propuesta de la alternativa 2.

**Tabla 48.** Reducción de las distancias del material entre lo actual y las alternativas

Tipo de daño	Distancia actual (m)	Distancia de alternativa 2 (m)	Ahorro
Leve	67,7	63	7%
Medio	88,54	63	29%
Fuerte	106,24	94	11%

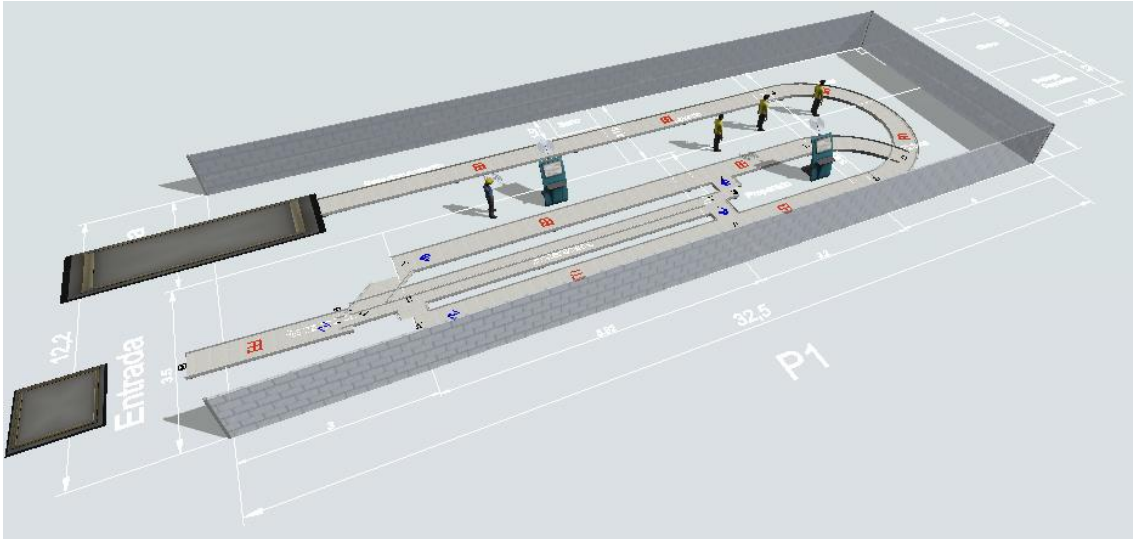
**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

## Simulación

Se ha seleccionado la mejor alternativa para la simulación la cual es la alternativa 2, por lo tanto, el modelo de simulación representa un taller de reparación de vehículos con un flujo de trabajo en forma de U, como se observa en la imagen 4, diseñado para optimizar la distribución del espacio y reducir los tiempos de traslado entre estaciones. La simulación fue desarrollada en FlexSim y cuenta con los siguientes elementos:

1. Fuente de entrada (Source)
2. Banda Transportadora (Conveyors)
3. Punto de decisión (Decision Point)
4. Estación de Trabajo ( Station)
5. Operarios (Operator)
6. Dispatcher (Despachador)
7. Queue (Cola de Espera)

### Vista en Perspectiva 1



**Imagen 4.** Simulación en FlexSim de la alternativa 2

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

## **Configuración de cada elemento**

### **Fuente de entrada (Source)**

El source es el elemento responsable de generar los vehículos dentro de la simulación, representando la llegada de unidades al taller en forma de cajas (box) o flowitems, en este caso ha sido parametrizado por 3 tipos de flowitems en forma de caja lo cual simula los vehículos de los tres tipos de daño que se reparan en el taller, como se puede ver en la imagen 5, la caja color verde es de tipo leve, la caja de color naranja es de tipo medio y la caja de color rojo es de tipo fuerte. Estas cajas están configuradas mediante una distribución exponencial que simula el flujo de llegada aleatorio con una frecuencia en días.

### **Banda Transportadora (Conveyors)**

El convector es el elemento encargado de transportar las unidades a lo largo del proceso de reparación. Se ha definido un transportador de banda para simular el movimiento controlado de vehículos entre las estaciones de trabajo, ajustando según el espacio disponible del taller.

### **Punto de decisión (Decision Point)**

El Decision Point es un elemento que permite desviar los vehículos dentro del sistema en este caso se ha configurado para dirigir los vehículos a distintas estaciones de reparación según su nivel de daño.

### **Estación de Trabajo ( Station)**

Las Stations representan las estaciones de trabajo donde se realizan las reparaciones de los vehículos en este caso se ha configurado 8 estaciones por las cuales el vehículo tendrá que pasar por cada una de ellas según el tipo de daño, además estas estaciones están configuradas de acuerdo al tiempo con una distribución triangular dependiendo del tipo de reparación.

### **Operarios (Operator)**

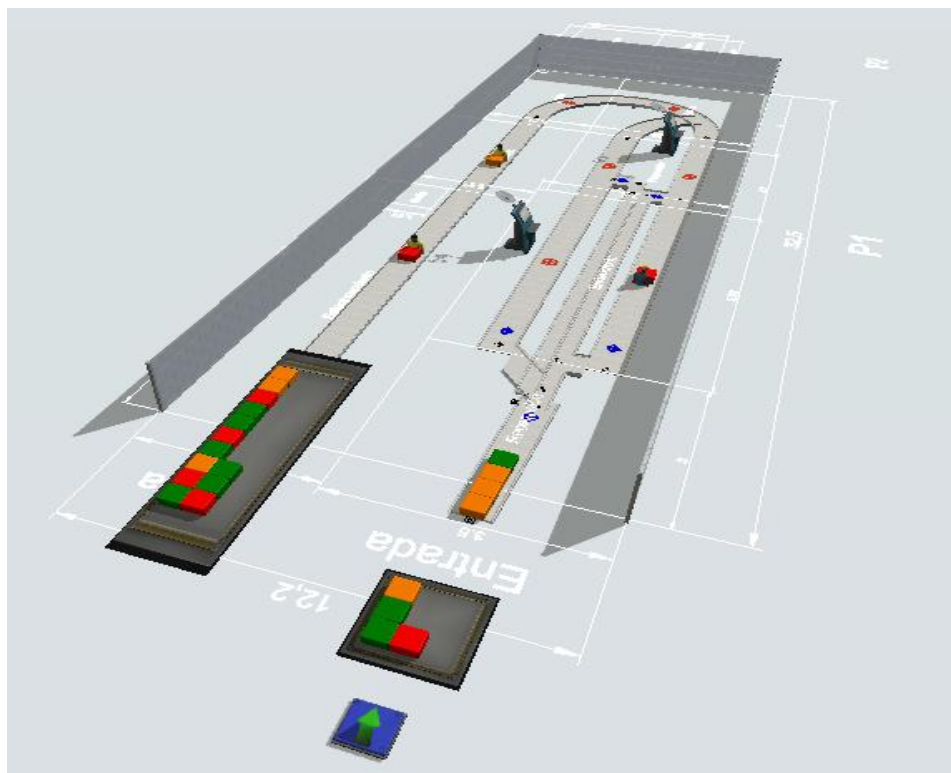
Para esta distribución se ha visto la necesidad de colocar 4 operarios para tener un mejor flujo de trabajo, los cuales están conectados a un Dispatcher que se encarga de asignar un operario a cada vehículo.

### **Dispatcher (Despachador)**

El Dispatcher es el elemento encargado de la gestión y asignación de los operarios a los vehículos en reparación, en este caso se ha configurado para que se asigne un operario a cada vehículo basado en la disponibilidad de tiempo del operario.

### **Queue (Cola de Espera- Almacenamiento)**

El Queue es el elemento encargado de almacenar las unidades ya procesadas, en este caso se ha integrado un segundo Queue como zona de almacenamiento o como el área de estacionamiento con la finalidad de visualizar las unidades que fueron reparadas por tipo durante 1 mes.



**Imagen 5.** Simulación de reparación de vehículos

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

## Interacción entre los elementos

Como se observa en la imagen 6, el flujo de trabajo dentro del modelo de simulación se desarrolla de la siguiente manera:

1. El **Soruce** genera un vehículo, asignándole atributos como el tipo de daño y el tiempo de reparación.
2. El vehículo se dirige a un **Queue**, donde espera su turno para ingresar a la estación de trabajo correspondiente.
3. Un **Decisión Point** lo dirige a la estación adecuada o **Station** según su tipo de reparación.
4. El **Dispatcher** asigna un operario al vehículo una vez que este entre a la estación.
5. El **Conveyor** transporta el vehículo de una estación a otra, dependiendo del proceso requerido.
6. Finalizada la reparación, el vehículo es almacenado en un **Queue** donde se registra su salida para la entrega al cliente.

### Vista Ortogonal 1

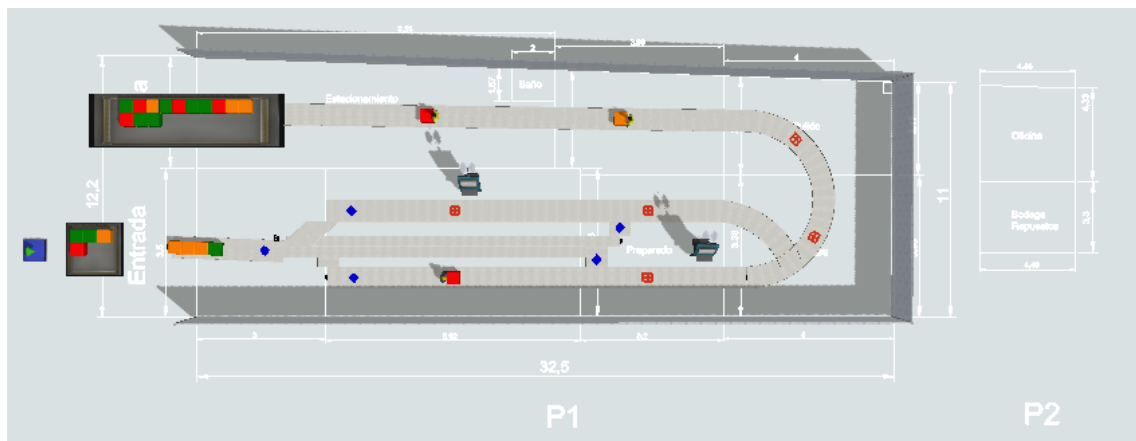
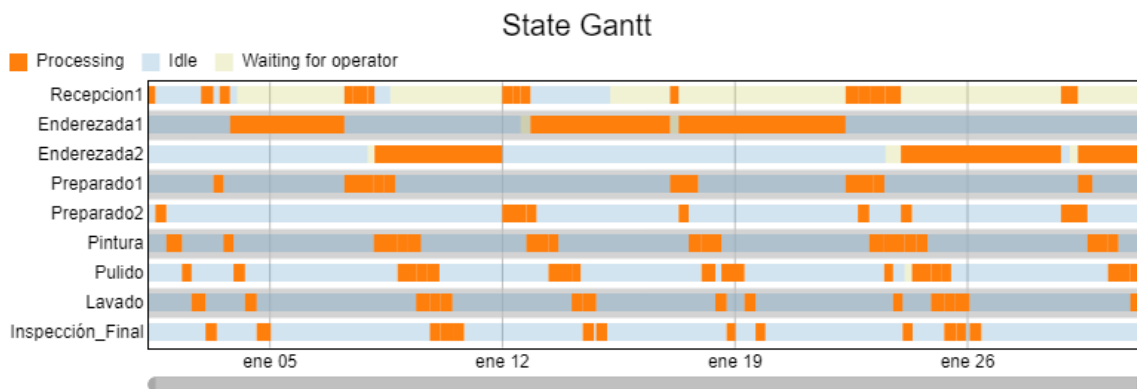


Imagen 6. Interacción entre elementos

Elaborado por: Cordero, Luis (2025).

Durante la simulación se puede obtener el diagrama de Gantt como se observa en el gráfico 26, el cual permite identificar como se distribuye el tiempo en cada estación de trabajo dentro del taller, permitiendo analizar la eficiencia del proceso de reparación de vehículos. Los colores representan los estados en los que se encuentra cada estación, por lo tanto, se muestra cuando está procesando un vehículo en color naranja, cuando la estación esta inactiva en color celeste y cuando la estación espera la disponibilidad de un operario en color amarillo pálido.



**Gráfico 26.** Diagrama de Gantt

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

Este análisis es importante ya que permitirá identificar cuellos de botella, tiempos muertos e ineficiencia de asignación de recursos, proporcionando información clave para que la empresa tome decisiones estratégicas al momento de implementar esta propuesta.

## Mejora de la Productividad

En base a la simulación realizada para la propuesta de la alternativa 2 se espera reparar 13 unidades al mes, esto se logra ya que al tener 2 estaciones más en la planta y 1 operario adicional, se puede tener un mejor flujo de trabajo y una polifuncionalidad del 50% es decir, que un operario puede trabajar en dos estaciones a la vez debido a los tiempos de espera que existe en los procesos de reparación.

### Cantidad de vehículos que se espera reparar para la propuesta de la alternativa 2

**Tabla 49.** Número de vehículos que se espera reparar al mes

Mes	Cantidad Leve	Cantidad Medio	Cantidad Fuerte
Enero	6	3	4

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

Por lo tanto, el costo mensual de la mano de obra sería de \$ 2.140 ya que se requiere de un operario adicional para la propuesta de la alternativa 2, como se muestra en la tabla 50.

**Tabla 50.** Costo de Mano de obra

Trabajadores	Horas día	Costo día	Días de trabajo	Costo mensual mano de obra
Enderezador	8	20	30	\$600
Preparador 1	8	15,67	30	\$470
Preparador 2	8	15,97	30	\$470
Pintor	8	20	30	\$600
Total, costo				\$2.140

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

Por lo tanto, para calcular la productividad esperada se asume los costos de producción y costos operativos calculados anteriormente de un mes. Por lo cual en la tabla 51 se calcula la productividad esperada de un mes.

**Tabla 51.** Productividad

Mes	TOTAL COSTOS	TOTAL INGRESOS	PRODUCTIVIDAD
Enero	\$4.085	\$6.420	1,57

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

Para saber si en realidad se mejoró la productividad, se calculan los intervalos asumiendo un nivel de confianza del 95 %, en este caso el promedio de productividad actual es de 1.04, como se indica en la tabla 33, y su desviación estándar es de 0.16, a continuación, se realiza el cálculo:

Probabilidad: 95%

$\alpha$ : 5 %

Probabilidad  $z_{\alpha/2}$ : 97.50 %

Para conocer el valor Z en base a nuestra probabilidad calculada se lo obtiene en la tabla de distribución normal (ver el anexo 3), por lo tanto:

**z= 1.96**

A continuación, se calcula el error estándar:

$$\text{Error estándar} = \frac{\text{Desviación estándar}}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Error estándar} = \frac{0.16}{\text{Raíz}(12)} = 0.05$$

Por lo tanto:

Intervalos de confianza al 95%

**Límite Inferior** = Promedio productividad actual –  $z_{\alpha/2}$ Error estándar

**Límite Inferior** = 0.95

**Límite Superior** = Promedio productividad actual +  $z_{\alpha/2}$ Error estándar

**Límite Superior** = 1.13

Una vez calculado los intervalos de confianza para la productividad actual, se obtuvo un límite inferior de 0.95 y un límite superior de 1.13. En base a estos límites se compara la productividad esperada de la propuesta para la alternativa 2 lo cual es de 1.57 como se muestra en la tabla 51, por lo tanto, se puede asumir de momento que existe una mejora

de la productividad. Sin embargo, el seguimiento de la medida de la productividad una vez realizada la implementación de la propuesta, dará cuenta de la mejora o no de la productividad.



### Análisis de costos

En la tabla 53, presenta un desglose de los costos asociados a la implementación de la alternativa 2 del rediseño del taller Cordeauto de la ciudad de Ambato, para el análisis de costos se tomó como referencia valores estimados actuales los cuales podrían variar al momento de llevar a cabo la ejecución.

**Tabla 53.** Análisis de costos

<b>Costos de implementación</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total (\$)</b>
Construcción de oficina y bodega (segundo piso 34m <sup>2</sup> )	250	34	8500
Demolición de paredes existentes (40 m <sup>2</sup> )	15	40	600
Fabricación e instalación puerta metálica (12,2m x 3m)	3000	1	3000
Traslado de máquina de enderezado	20	1	20
Remolque tipo Dolly	150	2	300
Gabinete metálico de herramientas	200	4	800
Pintura para piso de alto tráfico	120	1	120
Instalación eléctrica para máquinas	90	6	540
Capacitación al personal del taller	100	1	100
<b>Costo Total</b>			<b>13980</b>

**Elaborado por:** Cordero, Luis (2025).

### Análisis de costo y tiempo (Curva "S").

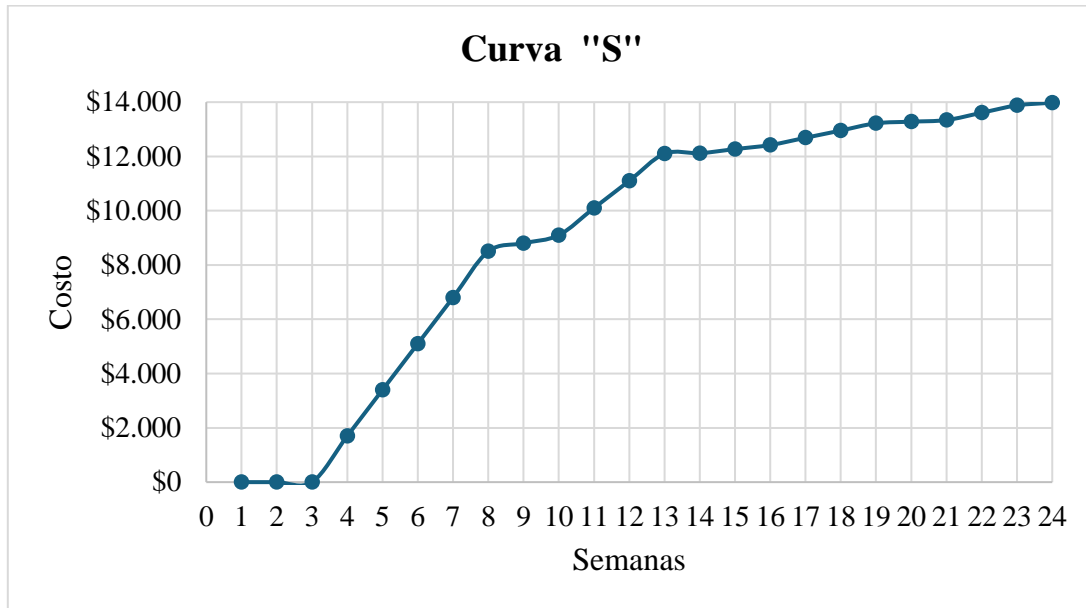


Gráfico 27. Curva "S"

Elaborado por: Cordero, Luis (2025).

Como se puede observar en la curva "S" a partir de la semana 4 se prevé que la empresa tendrá que desembolsar para cubrir los gastos que se tiene en cuanto a la reubicación de oficina y bodega en el segundo piso, así como la demolición del área de bodega, así mismo en la semana 8 y 13 se tiene un aumento ya que se tiene la reubicación de máquinas a otro lugar al igual que la adquisición de herramientas y gabinetes para acondicionar las estaciones, por último de la semana 14 a la 24 se mantiene en los gastos y es donde se pintará el piso y se realizarán las conexiones eléctricas para las máquinas en las estaciones y por último la capacitación que se dará al personal de Cordeauto.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- Mediante el diagnóstico realizado en el taller se pudo identificar que tres máquinas en el taller no se utilizaban lo cual ocupaba espacio, además, se pudo observar que dos áreas en la planta no aportaban al proceso productivo más bien ocupaban espacio considerable el cual se consideró quitar esas áreas dejando un espacio libre de 40 m<sup>2</sup>, esta área disponible permitió el planteamiento de alternativas y la designación de mayor espacio para los procesos.
- Se desarrolló 2 alternativas de distribución de planta en el taller, por lo tanto, la alternativa 1 presentó una adyacencia de 1353 con una forma de los departamentos del 60% y una distancia de 930 por lo que esta alternativa, en cambio la alternativa 2 tiene una adyacencia de 1866 con una forma de los departamentos del 100% y una distancia de 750, por tanto, la comparación de los criterios evaluados permitió tomar la decisión de desarrollar la alternativa 2.
- Con la propuesta de la alternativa 2 se ha mejorado la eficiencia operativa del taller ya que, al reducir actividades como transportes e inspecciones, se tuvo una eficiencia del 80%, es decir una mejora de 60%.
- Los recorridos de los operarios se han reducido en un 36 % ya que al tener las estaciones en secuencia y en forma de U y además de acondicionar las estaciones con gabinetes para herramientas y material, los operarios ya no tienen que recorrer

- largas distancias como antes lo hacían, así mismo los tiempos de reparación para cada tipo de daño han disminuido aproximadamente en un 24 %.
- Mediante la simulación se pudo determinar que se pueden hacer 13 unidades en 1 mes debido a la distribución en U que se propuso, ya que al tener 2 estaciones adicional se logra un mejor flujo de trabajo en la planta.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda a la empresa tener un registro de datos sobre el tiempo que pasa un vehículo en cada estación, esto con el propósito de que la empresa pueda generar una estandarización y promediar el tiempo de atención por reparación con las respectivas holguras.
- Dar seguimientos una vez implantada la propuesta del rediseño en el taller, para comprobar que los resultados sean los deseados.
- Realizar capacitaciones frecuentes al personal operativo del taller sobre los rediseños implementados en la planta.

## Bibliografía

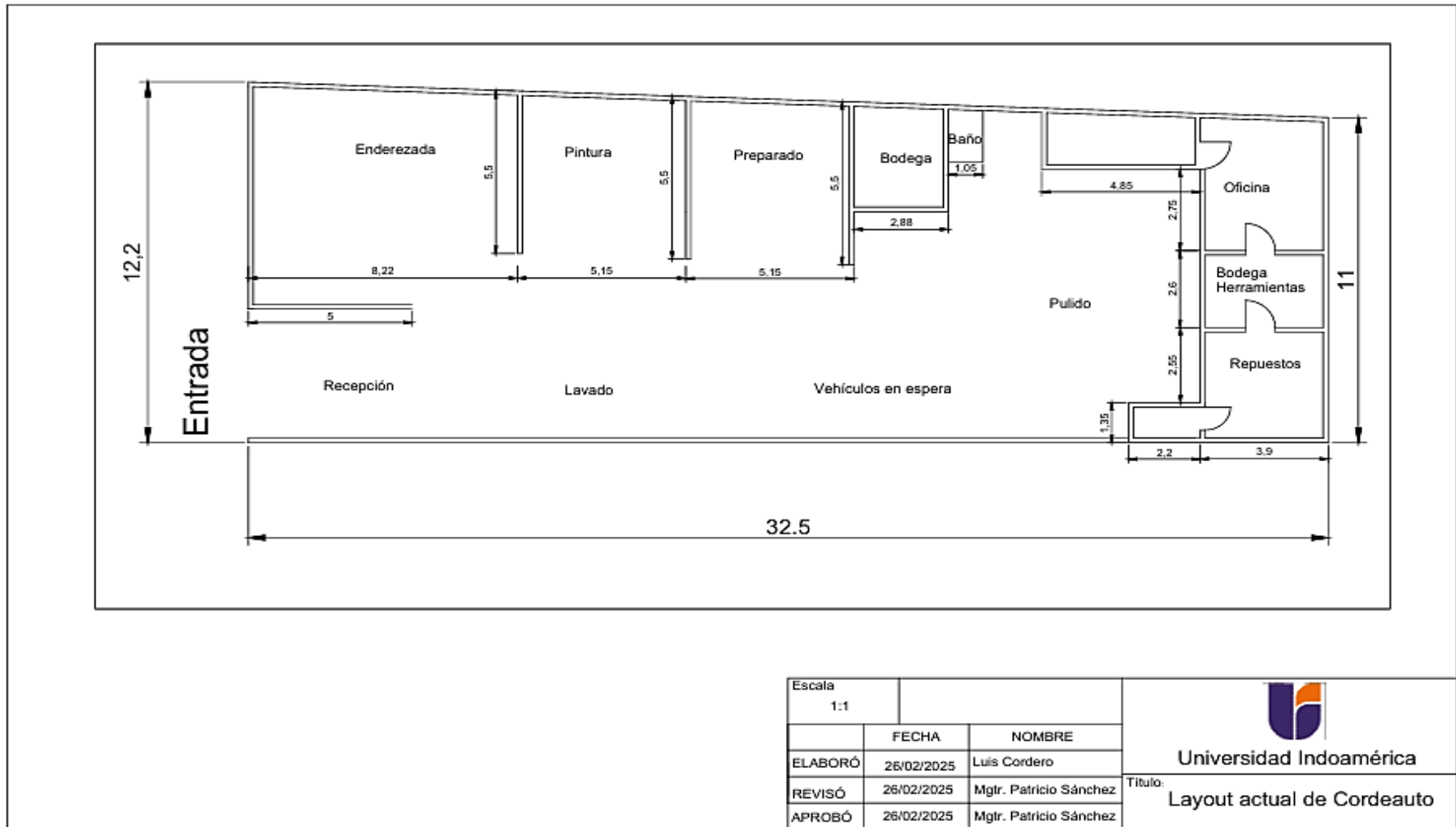
- Arias, Á., Moore, Á., & Rivera, H. (2022). Aplicación de Metodología SLP para Redistribución de Planta en Micro Empresa Colombiana del Sector Marroquinero: Un Estudio de Caso. *Boletín De Innovación, Logística Y Operaciones*, 4(1).
- Barrios, E., García, J., & Villazón, J. (2016). *Tablas de Probabilidades*. Instituto Tecnológico Autónomo de Mexico.
- Bou, J. M. (2000). *Localización, distribución en planta y mantenimiento*. Marcombo.
- Díaz Garay, B., & Noriega, M. T. (2017). *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*. Lima: Universidad de Lima.
- FlexSim Software Products, I. (1993 - 2015). *FlexSim Problem solved*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2024, de <https://www.flexsim.com/>
- García , D., & Fernandez Quesada, I. (2005). *Distribución en planta*. Universidad de Oviedo.
- Garza, R., & Martínez, E. (2019). *Evaluación y selección del layout de una instalación con el empleo de un enfoque híbrido simulación multiatributo*. Revista Científica “Visión de Futuro”, vol. 23, núm. 2, pp. 294-311, 2019.
- Gutiérrez Pulido, H. (2020). *Calidad y Productividad*. McGraw-Hill.
- Krajewski, L., Ritzman , L., & Malhotra , M. (2004). *Administración de operaciones*. Pearson educación, México .
- Lascano, E. (2019). *Distribución de planta en la empresa carrocías*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Muther, R. (1973). *Systematic Layout Planning*. Boston: Cahnerns Books .
- Muther, R. (1980). *The long and short of facilities planning*. Matrial Handling Engineering.
- Naranjo, E. J. (2022). *Distribución de planta y sus factores: Incidencia en el mejoramiento de la productividad*. Universidad de Guayaquil.

- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Pérez Gomez, E. E. (2019). *Evaluación de métodos de diseño de distribución en planta en el área de preparación y armado de una empresa manufacturera de neumáticos*. Universidad de Carabobo.
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de productividad (Manual práctico)*. CH-1211 Ginebra 22, Suiza.
- Rivera, L. C. (2012). Selección de alternativas de redistribución de planta: un enfoque desde las organizaciones. *Revista S&T*, 10(23), 9-26.
- Rodríguez Moreno, D. C. (2022). *La productividad en el servicio*. Editorial UPTC.
- Tompkins, J. (1978). *Moder Material Handling*. Cahners Publishing Company, Diviion of Reed Holdings, Inc.
- Vargas Vallejo, E. (2007). *Distribución de planta de un taller de mantenimiento automotriz para vehículos de hasta de toneladas para transporte de pasajeros*. Quito: Escuela Politécnica Superior.
- Pérez, E. & Gómez, E. (Dir.). (2019). *Evaluación de métodos de diseño de distribución en planta en el área de preparación y armado de una empresa manufacturera de neumáticos: (ed.)*. D - Universidad de Carabobo.

# **Anexo**

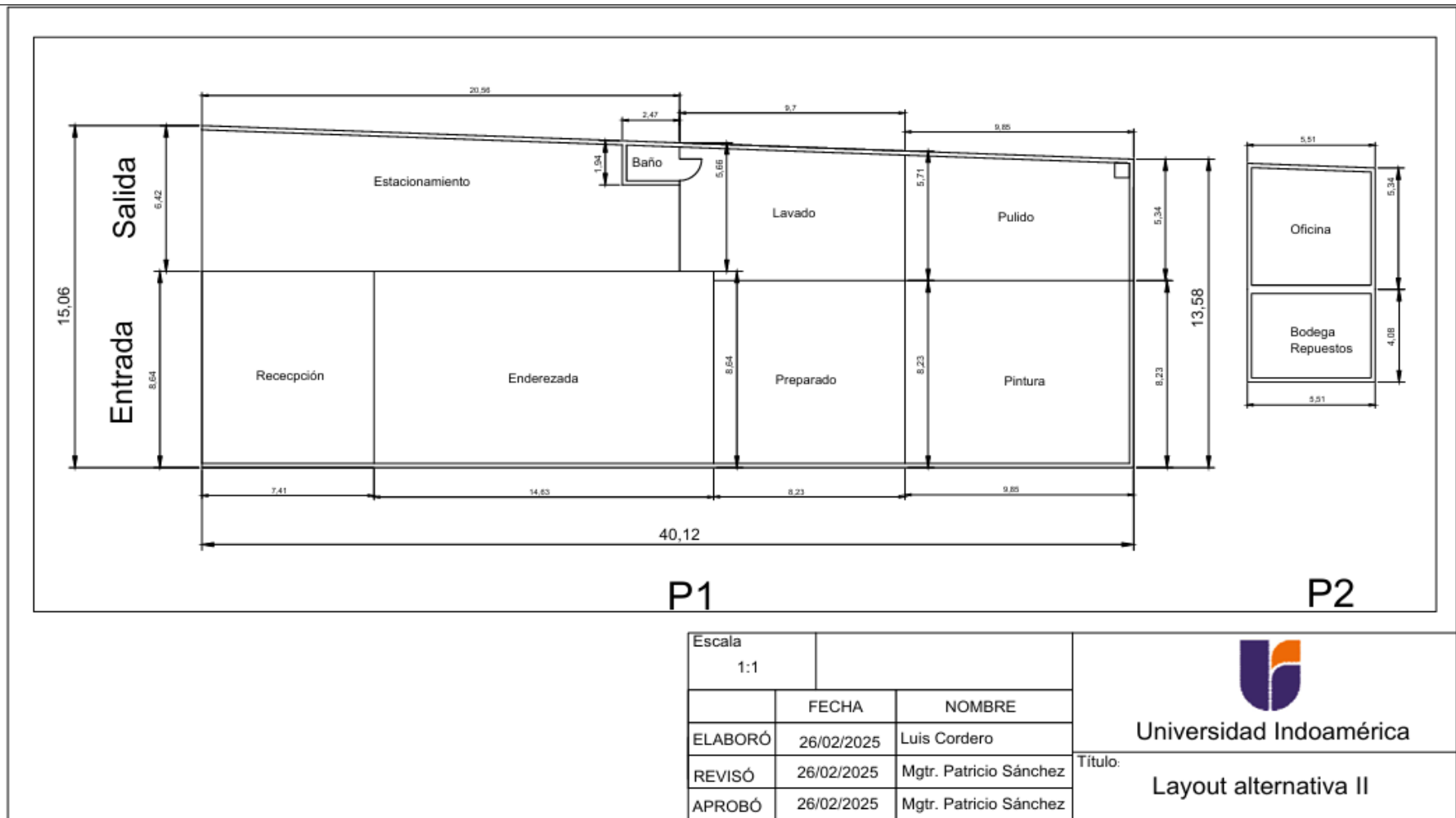
**Anexo 1.** Disposición actual del taller Cordeauto

**Fuente:** Cordeauto



**Anexo 2.** Disposición propuesta alternativa II del taller Cordeauto

**Fuente:** Cordeauto



**Anexo 3:** Tabla de la distribución normal estándar

Tabla 6B. Probabilidades acumuladas p de la distribución normal estándar.

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

**Fuente:** (Barrios, García, & Villazón, 2016)

**Anexo 4.** Carta de conformidad de la empresa “Cordeauto”

**Fuente:** Cordeauto

**Cordeauto**



**Certificado**

Ambato, 17 de marzo del 2025

Yo, Cordero Paredes Luis Xavier, gerente propietario del TALLER CORDEAUTO, certifico que el señor Cordero Vidal Luis Javier con CI. 1850073030, estudiante de la Universidad Tecnológica Indoamérica, realizó su trabajo de titulación denominado: **“DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA MAXIMIZAR LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA CORDEAUTO DE LA CIUDAD DE AMBATO”**.

Dicho trabajo de titulación es aprobado y avalado por el Mgtr. Patricio Sánchez y servirá como propuesta para mejorar la productividad del TALLER CORDEAUTO, que se encuentra ubicado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

En el desarrollo del trabajo de titulación el señor Cordero Vidal Luis Javier, ha demostrado capacidad, responsabilidad y colaboración con la empresa para la construcción de los objetivos planteados al inicio de este.

Se emite el presente certificado para fines que el señor Cordero Vidal Luis Javier considere pertinente.

Atentamente,

**CORDEAUTO**  
TALLER DE ENDEZADA Y PINTURA  
FIRMA AUTORIZADA

Cordero Paredes Luis Xavier

Gerente propietario