

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

Tema: OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO DE MATERIALES CON ENFOQUE
ESBELTO PARA LA INDUSTRIA CARROCERA

Trabajo de titulación previo a la obtención del Grado Académico de
Magíster en Producción y Operaciones Industriales

Modalidad de Titulación: Proyecto de Desarrollo

Autor: Ingeniero Ismael Augusto Fonseca Carrión

Directora: Ingeniera Jéssica Paola López Arboleda, Magíster

Ambato – Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Magíster e integrado por los señores: Ingeniero Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Magíster e Ingeniero Christian Ismael Ortiz Sailema, Magíster designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Optimización del flujo de materiales con enfoque esbelto para la industria carrocera”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Ismael Augusto Fonseca Carrión, para optar por el Grado Académico de Magíster en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
Presidenta y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La Responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Optimización del flujo de materiales con enfoque esbelto para la industria carrocera”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Ismael Augusto Fonseca Carrión bajo la dirección de la Ingeniera Jéssica Paola López Arboleda, Magíster, Directora del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Ismael Augusto Fonseca Carrión

AUTOR

Ing. Jéssica Paola López Arboleda, Mg.

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Ismael Augusto Fonseca Carrión

C.C. 1720556941

ÍNDICE

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
AGRADECIMIENTO	xiii
DEDICATORIA.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xv
EXECUTIVE SUMMARY	xvi
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO II.....	3
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	3
2.1 Estado del arte	3
2.1.1 Diseño de fábrica y flujo de materiales	3
Distribución de planta	3
Flujo de materiales	3
Investigaciones relacionadas	4
2.1.2 Manufactura esbelta y tiempo de valor agregado	6

Manufactura esbelta	6
Tiempo de valor agregado	8
Investigaciones relacionadas	8
2.1.3 Software para diseño de fábrica	10
Análisis basado en AutoCAD	10
Investigaciones relacionadas	11
CAPÍTULO III	13
MARCO METODOLÓGICO	13
3.1 Ubicación	13
3.2 Equipos y Materiales	13
3.3 Tipo de investigación.....	13
3.3.1 Cuantitativa.....	13
3.3.2 Experimental.....	14
3.4 Población y muestra.....	14
3.5 Recolección de información.....	14
3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico	15
3.6.1 Plan de procesamiento de la información.....	15
3.6.2 Análisis e interpretación de los resultados	15
3.7 Variables respuesta	16
3.7.1 Variable independiente: Flujo de materiales con enfoque esbelto.....	16
3.7.2 Variable dependiente: Tiempo por transportes	17
CAPÍTULO IV	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1 Descripción de la empresa	18
4.2 Análisis productos	20
4.2.1 Clasificación productos	20
4.2.2 Demanda promedio	22

4.3	Sistema de Producción.....	23
4.3.1	Flujo de Proyecto	23
4.3.2	Proceso de producción.....	26
4.3.3	Diagrama de proceso.....	28
4.4	Materiales del proceso	30
4.4.1	Lista de materiales	30
4.4.2	Distribución de materiales por proceso.....	33
4.5	Flujo de materiales y proceso.....	34
4.5.1	Análisis de áreas de trabajo	35
4.5.2	Estudio de actividades por proceso.....	37
4.5.3	Diagrama de recorrido general	39
4.5.4	Diagrama de recorrido por área.....	41
4.6	Desperdicios de producción y flujo de materiales.....	47
4.6.1	Análisis de valor agregado	47
4.6.2	Análisis de intensidad.....	50
4.6.3	Análisis origen - destino.....	68
4.6.4	Diagrama de identificación de desperdicio	68
4.7	Análisis de diseño de fábrica actual.....	70
4.7.1	Mapeo en flow planner actual.....	70
4.7.2	Nivel de tráfico actual	74
	Figura 4-26: Flujo Actual con Aisle Flow.	76
4.7.3	Evaluación del diseño actual	78
4.8	Análisis de mejoras.....	83
4.8.1	Descripción propuestas de mejora	83
4.8.2	Nivel de tráfico propuesto	85
4.8.3	Evaluación del diseño propuesto	89
4.8.4	Comparación descriptiva de mejoras	93

4.8.5	Comparación numérica de mejoras.....	95
CAPÍTULO V		98
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA.....		98
5.1	Conclusiones	98
5.2	Recomendaciones	99
5.3	BIBLIOGRAFÍA.....	100
5.4.	ANEXOS.....	103
Anexo 01: DETALLE MATERIALES POR PROCESO.....		103
Anexo 02: CURSOGRAMA 1.1 – ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA...		108
Anexo 03: CURSOGRAMA 2.1 – ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA..		109
Anexo 04: CURSOGRAMA 2.2 – ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA..		110
Anexo 05: CURSOGRAMA 2.3 – ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA...		111
Anexo 06: CURSOGRAMA 3.1 – FORRADO Y TEMPLADO		112
Anexo 07: CURSOGRAMA 3.2 – FORRADO Y TEMPLADO		113
Anexo 08: CURSOGRAMA 3.3 – FORRADO Y TEMPLADO		114
Anexo 09: CURSOGRAMA 4.1 – FORRADO Y TEMPLADO		116
Anexo 10: CURSOGRAMA 4.2 – FORRADO Y TEMPLADO		117
Anexo 11: CURSOGRAMA 4.3 – FORRADO Y TEMPLADO		118
Anexo 12: CURSOGRAMA 5.1 – FORRADO Y TEMPLADO		119
Anexo 13: CURSOGRAMA 5.2 – FORRADO Y TEMPLADO		120
Anexo 14: CURSOGRAMA 5.3 – FORRADO Y TEMPLADO		121
Anexo 15: CURSOGRAMA 6.1 – FORRADO Y TEMPLADO		122
Anexo 16: CURSOGRAMA 6.2 – FORRADO Y TEMPLADO		123
Anexo 17: CURSOGRAMA 7.1 – ACOPLÉ INTERNO		124

Anexo 18: CURSOGRAMA 7.2 – ACOPLÉ INTERNO	125
Anexo 19: CURSOGRAMA 8.1 – PREPARACIÓN Y PINTURA	126
Anexo 20: CURSOGRAMA 8.2 – PREPARACIÓN Y PINTURA	127
Anexo 21: CURSOGRAMA 9.1 – ACABADOS	128
Anexo 22: CURSOGRAMA 9.2 – ACABADOS	129
Anexo 23: CURSOGRAMA 10.1 – ACABADOS	130
Anexo 24: CURSOGRAMA 11.1 – INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	131
Anexo 25: DATOS INGRESADOS EN FLOW PLANNER	132
Anexo 26: DATOS PARA PESTAÑA MÉTODOS	138
Anexo 27: RECUPERACIÓN INVERSIÓN.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	14
Tabla 3-2: PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	14
Tabla 3-3: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE INDEPENDIENTE.....	16
Tabla 3-4: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE DEPENDIENTE.....	17
Tabla 4-1: CLASIFICACIÓN PRODUCTOS.....	20
Tabla 4-2: DEMANDA MENSUAL - ANUAL.....	22
Tabla 4-3: DEMANDA POR CLASIFICACIÓN 2019.....	23
Tabla 4-4: LISTADO DE MATERIALES.....	31
Tabla 4-5: CANTIDAD DE MATERIALES POR PROCESO.....	33
Tabla 4-6: CANTIDAD DE ACTIVIDADES POR TIPO.....	47
Tabla 4-7: RESUMEN VALOR AGREGADO POR ÁREA.....	48
Tabla 4-8: RATIO DE VALOR AGREGADO POR ÁREA.....	49
Tabla 4-9: HOJA DE RUTA MATERIALES ESTRUCTURADO.....	51
Tabla 4-10: HOJA DE RUTA MATERIALES FORRADO.....	54
Tabla 4-11: HOJA DE RUTA MATERIALES ACABADOS.....	59
Tabla 4-12: DISTANCIA TOTAL ENTRE ÁREAS EN METROS.....	66
Tabla 4-13: ORIGEN - DESTINO.....	68
Tabla 4-14: FLUJO PARA FLOW PLANNER.....	71
Tabla 4-15: REPORTE ACTUAL STRAIGHT FLOW.....	78
Tabla 4-16: REPORTE ACTUAL AISLE FLOW.....	79
Tabla 4-17: EVALUACION ACTUAL DISEÑO DE FABRICA.....	80
Tabla 4-18: HALLAZGOS PRINCIPALES.....	83
Tabla 4-19: REPORTE PROPUESTO STRAIGHT FLOW.....	89
Tabla 4-20: REPORTE PROPUESTO AISLE FLOW.....	90
Tabla 4-21: EVALUACION PROPUESTO DISEÑO DE FABRICA.....	91
Tabla 4-22: COMPARACION FLUJO ACTUAL Y PROPUESTO.....	95
Tabla 4-23: COMPARACION POR RELACIÓN ENTRE ÁREAS.....	96
Tabla 4-24: COMPARACION TIEMPOS DE VIAJE FLUJO ACTUAL Y PROPUESTO.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1: Mapa de Procesos.	19
Figura 4-2: Carbuss 1 de Manual de Diseños de CarBuss Yaulema.	21
Figura 4-3: Victoria de Manual de Diseños de CarBuss Yaulema.	21
Figura 4-4: Patrones de demanda.	23
Figura 4-5: Flujograma de proyecto de construcción de una carrocería.	25
Figura 4-6: Proceso general.	27
Figura 4-7: Diagrama de flujo de proceso para carrocería.	29
Figura 4-7: Diagrama de flujo de proceso para carrocería (continuación).	30
Figura 4-8: Concentración porcentual de materiales.	34
Figura 4-9: Layout de la empresa Car Buss Yaulema.	35
Figura 4-10: Diagrama Recorrido General – Elaboración Carrocería.	40
Figura 4-11: Diagrama Recorrido por Área - Estructurado.	42
Figura 4-12: Diagrama Recorrido por Área – Forrado 1.	43
Figura 4-13: Diagrama Recorrido por Área – Forrado 2.	44
Figura 4-14: Diagrama Recorrido por Área – Forrado 3.	45
Figura 4-15: Diagrama Recorrido por Área – Acabados.	46
Figura 4-16: Detalle visual de valor agregado por área.	49
Figura 4-17: Diagrama distancia vs intensidad - Estructurado.	66
Figura 4-18: Diagrama distancia vs intensidad - Forrado.	67
Figura 4-19: Diagrama distancia vs intensidad - Acabados.	67
Figura 4-20: Diagrama de identificación de desperdicio y flujo de materiales.	69
Figura 4-21: Lista de Materiales en FlowPlanner.	72
Figura 4-22: Locaciones en FlowPlanner.	72
Figura 4-23: Pasillos y asignación a locaciones en FlowPlanner.	73
Figura 4-24: Método de movilización de materiales en FlowPlanner.	74
Figura 4-25: Flujo Actual con Straigh Flow.	75
Figura 4-26: Flujo Actual con Aisle Flow.	76
Figura 4-27: Nivel de tráfico con Congestion Flow.	77
Figura 4-28: Diagrama Frecuencia Distancia Actual - Estructurado.	81
Figura 4-29: Diagrama Frecuencia Distancia Actual - Forrado.	81
Figura 4-30: Diagrama Frecuencia Distancia Actual - Acabados.	82
Figura 4-31: Diagrama de tiempos de transporte - Actual.	82

Figura 4-32: Diagrama recorrido - Propuesto.	85
Figura 4-33: Flujo Propuesto con Straigh Flow.	86
Figura 4-34: Flujo Propuesto con Aisle Flow.	87
Figura 4-35: Nivel de tráfico propuesto con Congestion Flow.	88
Figura 4-36: Diagrama Frecuencia Distancia Propuesto - Estructurado.....	92
Figura 4-37: Diagrama Frecuencia Distancia Propuesto - Forrado.....	92
Figura 4-38: Diagrama Frecuencia Distancia Propuesto - Acabados.....	93
Figura 4-39: Diagrama de tiempos de transporte - Propuesto.....	93
Figura 4-40: Diagrama de tiempos de transporte - Propuesto.....	94
Figura 4-41: Comparación flujos – Diagrama Frecuencia vs Distancia.	97

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento primero a Dios por darme la fuerza y sabiduría y que día a día a guiado esta etapa de mi vida. A la Universidad Técnica de Ambato por brindarme los conocimientos necesarios para la realización de esta investigación a la Empresa Car-

Buss Yulema por brindarme las facilidades para el desarrollo de la Tesis, a la Ing Jessica López Mg. por el asesoramiento y el apoyo brindado durante todo el tiempo de ejecución del presente trabajo a mis compañeros de trabajo Byron y Diego por su apoyo incondicional en momentos claves.

Ismael

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis hijos Ismael, Daniel, y Jhon a mis padres César y Rosario a mis hermanos Marco, César, Byron y Geovanny porque gracias a sus consejos apoyo y confianza se convirtieron en pilares fundamentales de mi formación académica, moral y espiritual.

Ismael

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

TEMA:

Optimización del Flujo de Materiales con enfoque esbelto para la Industria Carrocera.

AUTOR: Ing. Ismael Augusto Fonseca Carrion

DIRECTOR: Ing. Jéssica Paola López Arboleda, Mg.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

- Diseño, materiales y producción.

FECHA: 06 de enero de 2021

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación plantea la optimización del flujo de materiales a través de la redistribución de áreas para el proceso de elaboración de carrocerías. Se identifica tres grupos de áreas: procesos, subensambles y bodegas de acuerdo a la distribución actual. Para cada proceso el producto mantiene una posición fija y se infiere que en este tipo de producción las áreas de apoyo: subensambles y bodegas deben tener una adecuada ubicación para que las distancias de recorrido sean menores, los tiempos de viaje y esperas disminuyan. El análisis inicia con el levantamiento del flujo de procesos y la identificación de la cantidad de materiales que se mueven por área en el que se observa que, acabados, forrado y estructurado tienen alta concentración de flujo de materiales. Posteriormente, se diagrama el recorrido general y por áreas, diagramas de distancia vs intensidad en los que se identifican las principales relaciones de transporte que se deben acercar y con el uso de diagrama de identificación de desperdicio se condensa en un solo gráfico este análisis. El proyecto plantea el uso de FlowPlanner como herramienta de evaluación de diseño de fábrica en el que se visualiza el nivel de tráfico y se propone una nueva distribución a partir de cinco principios de flujo de material. FlowPlanner estudia el diseño desde tres premisas, flujo entre áreas, flujo a través de pasillos y nivel de congestión en los que se observa que la bodega 2 debe tener una ubicación central y se pueden unificar las áreas de subensambles. La distancia total entre áreas para una carrocería pasa de 570,2 m a 509,7 m con una reducción del 10,61%. Los resultados anuales muestran una reducción de 46% en distancia recorrida, el tiempo de viaje pasa de 206,85 h a 144,69 h, se reduce 30% el costo por viajes con un ahorro de \$ 3108,3 y una reducción de 32% para el tiempo promedio de viaje por material entre áreas relacionadas.

Descriptor: identificación de desperdicios, diseño de fábrica, manufactura esbelta, flujo de materiales, nivel de tráfico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

TOPIC:

Material Flow Optimization with Lean Approach for Metal Bodywork Industry.

AUTHOR: Ing. Ismael Augusto Fonseca Carrión

DIRECTED BY: Ing. Jéssica Paola López Arboleda, Mg.

LINE OF RESEARCH:

- Design, materials and production.

DATE: January 06, 2021

EXECUTIVE SUMMARY

This research project proposes materials flow optimization through the redistribution of areas for the bodywork manufacturing process. Three groups of areas are identified: processes, subassemblies and warehouses according to layout. For each process, the product maintains a fixed position and it is inferred that in this type of production the support areas: subassemblies and warehouses must have an adequate location so that travel distances are shorter and travel times and wait decrease. The analysis begins with the survey of process flow and the identification of the amount of materials that moves per area in which it is observed that finished, covered and structured have high concentration of material flow. Subsequently, the general route and by areas are diagrammed, distance vs. intensity diagrams in which the main transport relationships that must be approached are identified and with the use of a waste identification diagram this analysis is condensed into a single graph. The project proposes the use of FlowPlanner as a factory design evaluation tool in which the level of traffic is visualized and a new distribution is proposed based on five principles of material flow. FlowPlanner studies the design from three premises, flow between areas, flow through aisle and level of congestion in which it is observed that warehouse 2 must have a central location and the subassembly areas can be unified. Total distance between areas for one unit bodywork goes from 570,2 m to 509,7 m with a reduction of 10,61%. The annual results show a reduction of 46% in distance traveled, travel time changes from 206,85 h to 144,69 h, cost of trips is reduced by 30% with a saving of \$ 3108,3 and a reduction of 32% for the average travel time per material between related areas.

Keywords: factory layout, lean manufacturing, materials flow, traffic level, transportation, waste identification.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Existen problemas de diseño de instalaciones (FLP por sus siglas en inglés) en muchas aplicaciones industriales, como el diseño de plantas de fabricación, el diseño del flujo de materiales y la planificación de edificios Wen & Ting, (2019). A nivel industrial los FLP son de gran interés y se reconoce que se encuentran entre los temas más desafiantes e importantes Amar & Abouabdellah, (2017); Liu & Xu, (2017); Mohammed & Hasan, (2017). En complemento, Lean Manufacturing se ha convertido en uno de los conceptos clave en la gestión y operación, para crear procesos altamente eficientes al reducir las actividades sin valor agregado.

En este contexto, para una operación más eficiente de las plantas industriales, existe la necesidad de flujos de trabajo mejorados y planes de diseño apropiados Kokoc et al., (2017); la relación entre el diseño del flujo de materiales y Lean hace visible la importancia de integrar estos dos conceptos. La propuesta del informe de investigación se centra en la optimización del sistema de flujo de materiales con un enfoque lean y la aplicación de herramientas informáticas de análisis y diseño de fábrica basado en AutoCAD.

El contenido de la presente investigación se define a continuación:

En el Capítulo I se detalla la justificación del proyecto y se muestra los objetivos a cumplir. En el Capítulo II se recopila información para los antecedentes investigativos y se identifica bibliografía existente para el desarrollo del estado del arte sustento de la investigación. En el Capítulo III se encuentra los niveles de investigación y la metodología que se utiliza para la recolección de información necesaria para la investigación. En el Capítulo IV se analiza la situación actual del flujo de materiales, se diseña la propuesta con enfoque esbelto y se evalúa la nueva distribución a través de herramientas informáticas basado en AutoCAD para la determinación de resultados. En el Capítulo V se muestra las conclusiones y recomendaciones resultado de la investigación.

1.2 Justificación

La optimización del sistema de flujo de materiales con enfoque en Manufactura Esbelta permite que la fabricación de carrocerías sea más eficiente y con el menor número de traslados posibles de material y persona. Actualmente, el movimiento de materiales se ajusta a la distribución que se ha generado y mantenido haciendo evidente la necesidad de un estudio de optimización. Los beneficiarios de este proyecto son los trabajadores de Car Buss Carrocerías y se tiene un impacto positivo en la reducción de traslados a través de la fábrica. Para la compañía es importante la realización de este proyecto pues su operación actual se presenta desordenada y la optimización del sistema de flujo de materiales es una buena oportunidad de mejora.

El proyecto de desarrollo propuesto es necesario porque considera la integración del enfoque de los 7 desperdicios de producción de Lean con los 10 principios del flujo de materiales y su aplicación mediante herramientas de análisis y diseño de fábrica basado en AutoCAD, esto lleva al proceso a menores distancias de transporte, incluso cuando se opera en entornos de alta individualización de productos. El proyecto es original porque considera el uso de una solución informática que pueda calcular fácilmente, manipular rápidamente y mostrar visualmente los flujos de material dentro de las instalaciones de fábrica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Optimizar el flujo de materiales con enfoque esbelto en las instalaciones de una empresa carrocera.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar la situación actual del flujo de materiales para las oportunidades de mejora mediante diagramas de recorrido.
- Analizar los desperdicios de producción del enfoque esbelto y su relación con los principios de flujo de materiales mediante diagrama de identificación de desperdicio.
- Evaluar la nueva distribución de materiales con aplicaciones informáticas de análisis y diseño de fábrica y comparar los resultados de la propuesta respecto a la situación inicial del flujo de materiales.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Estado del arte

2.1.1 Diseño de fábrica y flujo de materiales

Distribución de planta

Meyers & Stephens, (2006) menciona que uno de los campos que se puede abordar dentro del diseño de fábrica es la distribución de planta debido a que por lo general impacta directamente a la productividad y a la rentabilidad de una compañía. El proyecto de distribución de la planta se refiere a la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía. El diseño de instalaciones incluye la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales.

De acuerdo a Platas & Cervantes, (2014) el objetivo de la conformación de la planta es proponer la distribución idónea de maquinaria, recursos humanos, materiales, y servicios, de manera que todos estos factores ofrezcan un valor agregado al sistema de producción. Se pretende el incremento de la producción, reducción de riesgos laborales, optimización del área, reducción del manejo de materiales y producto en proceso, supervisión fácil y efectiva y la disminución del tiempo de fabricación.

Flujo de materiales

Meyers & Stephens, (2006) sugieren que en todo proyecto de diseño de instalaciones de manufactura se debe estudiar los patrones de flujo de material para establecer cuál es la mejor y contar con las distancias de recorrido más cortas. Se dice que, si se mejora el flujo de material, en forma automática se reducen los costos de producción. Entre más corto es el flujo a través de la planta, mayor es la reducción de costos. El manejo de materiales ocasiona, aproximadamente, el 50 por ciento de todos los accidentes, y entre el 40 y el 80 por ciento de todos los costos de operación.

Según Muñoz Negrón, (2009) el flujo de materiales permite la interacción de todas las unidades de la planta y existen situaciones que hacen necesario el diseño y la disposición de materiales en un sistema de producción; así, cuando se toma la decisión de producir algo nuevo, existen cambios en el diseño de productos, o se decide introducir cambios administrativos estratégicos que afectan la operación de la planta.

Investigaciones relacionadas

En cuanto a trabajos que analizan distribución de planta, destacan Li et al., (2018) quienes optimizan la distribución de una línea de producción de automóviles, usan la investigación de operaciones y establecen un modelo de programación entera mixta y para la solución diseñan un algoritmo de búsqueda de variables por cercanía. Mediante estas herramientas se obtienen las coordenadas de ubicación de cada máquina, así como la longitud del borde horizontal y el borde vertical para cada estación de trabajo. Luego, mediante simulación se analiza la solución de diseño de la línea de producción en un caso real con 19 máquinas y 9 estaciones de trabajo, se reduce en 75% el área usada en comparación con la distribución inicial para una capacidad de 129 automóviles.

Wen & Ting, (2019) presentan una nueva formulación de problemas de diseño con enfoque en las restricciones espacio libre y orden geométrico relativo, la primera es una restricción dura de la mínima distancia entre dos estaciones de trabajo y la segunda es una restricción suave sobre la relación ordinal de dos estaciones de trabajo en una dirección dada. Usan la matriz de covarianza que es un algoritmo evolutivo de optimización numérica y su objetivo es encontrar la distribución con la mínima área y longitud de recorridos. Su investigación considera tres grados de movilidad de las estaciones de trabajo: reemplazo, eje fijo y estación libre ya que estos problemas típicamente implican ubicar materiales de diferentes tamaños dentro de un espacio para cumplir un cierto objetivo. Los resultados numéricos validan que su método propuesto es adecuado para obtener una distribución factible con suficiente calidad en aproximadamente dos minutos, lo cual es considerablemente más corto que un esfuerzo humano.

Andriani et al., (2017) estudian y describen el sistema real para obtener una imagen clara del proceso y los problemas de diseño enfrentados en una empresa alimenticia, realizan la recolección de datos y calculan el área requerida, identifican las relaciones entre la proximidad de las instalaciones de producción, a través, de un gráfico de relación de actividad y para el diseño de la distribución de planta utilizan el método BLOCPLAN. La función objetivo del método es minimizar la distancia entre las instalaciones o maximizar la relación de proximidad entre ellas. El diseño de la distribución de planta se hace en el software BLOCPLAN 90, en la investigación se obtienen cinco distribuciones alternativas diferentes que se evalúan en función de tres criterios existentes, a saber, puntaje de adyacencia que indica la eficiencia del diseño del espacio, puntaje R que es la puntuación normalizada del software para el diseño de fábrica y movimiento de productos en cuanto a la distancia total.

Liu & Xu, (2017) se enfocan en mejorar la eficiencia de producción y reducir los costos logísticos de la fabricación de automóviles, se considera el método de planeación sistemática de la distribución de planta (SLP por sus siglas en inglés). Primero analizan las características del proceso y tomando en cuenta las áreas requeridas, pasilla principal, entrada y salida, establecen un modelo de programación multi-objetivo para minimizar el costo de movimiento de materiales y maximizar las relaciones entre actividades. El modelo considera el flujo del proceso del taller, el principio de la línea de producción y las restricciones de producción. Además, desarrolla un algoritmo genético y la experimentación muestra que se pueden resolver problemas prácticos de distribución de planta en la fabricación de automóviles.

Amar & Abouabdellah, (2017) desarrollan un sistema de evaluación para comparar entre diseños de distribución de planta en base a su efectividad y confiabilidad dentro del proceso de producción. La metodología consta de dos pasos: evaluación lingüística y modelado matemático con el método de interpolación. En el primer paso, el objetivo es transformar el nivel de importancia de cada indicador clave en un valor numérico (peso). En el segundo paso, mediante aproximación lineal y método de interpolación se obtiene el nivel de efectividad de cada alternativa. Los resultados del enfoque propuesto se muestran mediante un tablero de efectividad y confiabilidad

de las diferentes alternativas lo cual facilita la gestión visual y muestra un panorama general del conjunto de indicadores clave con su evaluación para cada alternativa.

Morinaga et al., (2016) proponen un método integrado entre diseño de distribución de planta y programación de producción, mencionan que la eficiencia se logra solo al relacionar ambas herramientas en secuencia. En esta investigación, los tiempos de transporte se calculan en base a la distancia de Manhattan entre instalaciones para las cuales las rutas de transporte no pueden ser consideradas. Para el ruteo se aplica el algoritmo Dijkstra, el cual para una distribución dada encuentra la ruta más corta entre puntos de carga y descarga de dos estaciones de trabajo; y, la programación de producción usa un algoritmo genético lo cual deriva en una óptima distribución de planta con la mínima distancia entre el inicio y fin del recorrido entre estaciones de trabajo.

2.1.2 Manufactura esbelta y tiempo de valor agregado

Manufactura esbelta

Según Socconini, (2019) manufactura esbelta se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas. El verdadero poder de manufactura esbelta radica en descubrir continuamente las oportunidades de mejora que esconde toda empresa, se trata de una filosofía en la búsqueda continua de los desperdicios que existen.

Según Buzón Quijada, (2019) manufactura esbelta es una filosofía/sistema de gestión sobre cómo operar un negocio. Enfocando esta filosofía/sistema de herramientas en la eliminación de todos los desperdicios, permitiendo reducir el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto, mejorando la calidad y reduciendo los costos. Desde el punto de vista de los resultados tangibles, cualquier empresa que pase de un sistema de producción en lotes y colas a un sistema Esbelto de flujo continuo de una sola pieza, donde es el cliente el que tira de toda la producción (sistema pull) dobla la productividad de la mano de obra a lo largo de toda la cadena, reduce los tiempos de producción un 90% y reduce los inventarios un 90% también.

Los errores y defectos que llegan al cliente se reducen a la mitad de la misma forma que los accidentes laborales. El tiempo para lanzar nuevos productos se reduce a la mitad permitiendo lanzar una gran variedad de productos sin apenas coste marginal.

Dentro de esta filosofía se identifican siete desperdicios de producción y en la última década se agrega un octavo (50 Minutos, 2017):

1. Sobreproducción: que corresponde a una producción más temprana, más rápida o más abundante con respecto a lo que había pedido el cliente.
2. Inventario: que incluye el almacenaje de las materias primas, de productos que se están produciendo o de productos acabados.
3. Esperas: que designa el tiempo de espera de las personas o de las piezas a lo largo de un ciclo de producción.
4. Movimientos innecesarios: que son los movimientos inútiles de personas o de materias en el seno de un proceso de fabricación (desplazamiento de operarios).
5. Transporte: que es el transporte inútil de personas o de unidades entre los procesos de fabricación (desplazamiento de los objetos).
6. Productos defectuosos: que incluyen las unidades defectuosas, los defectos, las repeticiones o correcciones del procedimiento.
7. Sobreprocesamiento: que es el tratamiento más allá del nivel solicitado por el cliente.
8. Utilización de las personas: que corresponde a las competencias que no se utilizan o que se emplean mal, sobre todo a causa de una falta de formación y de flexibilidad del personal.

El flujo de materiales representa 2 y hasta 3 de los 7 desperdicios de manufactura esbelta: esperas, movimientos innecesarios y transporte. El flujo implica el movimiento (reubicación) de materiales (contenedor, piezas, herramientas, disparadores kanban) utilizando métodos (carretillas elevadoras, personas, carros). El objetivo de cualquier estudio de mejora está dirigido principalmente a mejorar o eliminar el movimiento porque los materiales y métodos en sí mismos pueden no ser propicios para el cambio ni ofrecer beneficios significativos para ahorrar costos y tiempo.

Tiempo de valor agregado

Jones & Womack, (2018) mencionan que el punto de partida básico para el pensamiento esbelto es el valor. El valor sólo puede definirlo el consumidor final. Y solamente es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico (un bien o servicio, y a menudo ambos a la vez) que satisface las necesidades del consumidor a un precio concreto, en un momento determinado. El análisis de flujo de valor muestra casi siempre la existencia de tres tipos de acciones a lo largo de este: se descubrirán muchos pasos cuya creación de valor es inequívoca, se descubrirán muchos otros pasos que no crean valor alguno, pero que son inevitables de acuerdo con la tecnología actual y los activos de producción disponibles y nos daremos cuenta de que muchos pasos adicionales no crean valor alguno y pueden evitarse de inmediato.

El tiempo de valor agregado se expresa como el tiempo en el que sería posible realizar todas las operaciones, si no existieran interrupciones de flujo, ni inventarios en proceso y las operaciones se realizaran en flujo continuo. Idealmente, la relación entre el tiempo de entrega y el tiempo de valor agregado debería ser de 50/50 de acuerdo a Rother & Aulinger, (2018); Socconini & Martín, (2019).

Investigaciones relacionadas

Charrua-Santos et al., (2020) analizan la relación entre el conocimiento en manufactura esbelta y las implementaciones exitosas, para realizar este análisis usan el coeficiente de correlación de Spearman que es una medida de correlación entre dos variables aleatorias, a través, del paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS). El primer análisis muestra una correlación significativa entre las variables, lo que significa que a medida que aumenta el nivel de prácticas de manufactura esbelta, la implementación es más fácil. El segundo análisis determina el nivel de implementación de las diferentes prácticas de manufactura esbelta considerando cinco principios: el valor del cliente, el valor de la cadena, la producción pull, el flujo de producción y mejora continua; se determina, que no todas las empresas aplican estos principios.

Valamede & Santos Akkari, (2020) investigan la posibilidad de integrar los conceptos de Industria 4.0 y manufactura esbelta. Se categorizan los principios, atributos, tecnologías y elementos rectores de ambos conceptos y se desarrolla una matriz de relación. Los principios de manufactura esbelta que se definen en esta investigación son: definir valor, mapear la cadena de valor, creación de flujo, establecer pull y mejora continua. Los principios de industria 4.0 que se definen son: interoperabilidad, virtualización, capacidad en tiempo real, descentralización, orientación de servicio, modularidad. En la matriz de relación se proponen puntos de convergencia entre los conceptos y se explica cómo los requisitos están relacionados entre sí desde una perspectiva de integración holística. Se observa que cada principio de manufactura esbelta tiene al menos tres puntos de sinergia con los atributos de la industria 4.0.

Busert & Fay, (2019) proponen un procedimiento de seis etapas, basado en un método de mapeo de flujo de valor extendido. El procedimiento analiza sistemáticamente la producción y los procesos logísticos con el objetivo de mejorar su coordinación y control mediante el uso de métodos de control con flujos de información armonizados (proceso iterativo de captura, definición, análisis y conciliación de datos). Se inicia con el análisis del mapeo de flujo de valor actual, desarrollo de conceptos, modelamiento de flujos de información, armonización de la información, detallada planeación e implementación y evaluación de la efectividad de los conceptos de manufactura esbelta.

De-La-Cruz-Arcela et al., (2019) aplican herramientas de manufactura esbelta para reducir el tiempo que no agrega valor dentro del proceso. El principal problema identificado en la investigación es el alto porcentaje de tiempos de inactividad generados en el proceso de fabricación de ladrillos, esto se determina mediante recopilación de datos sobre los tiempos utilizados en el proceso, que se comparan con los tiempos estándar y se calcula el tiempo total desperdiciado. Se identifica que hay diversos factores que aportan al problema como la falta de orden y limpieza en las instalaciones, las condiciones inseguras en el área de trabajo, la ausencia de mecanismos para controlar la producción y el flujo de materiales inadecuado. La metodología propuesta en esta investigación consta de cuatro etapas: revisión de literatura de manufactura esbelta, visitas a la compañía de interés, selección de las

herramientas de manufactura esbelta y validación del proyecto. En esta última etapa se muestra que el tiempo inactivo bajó de 12.59 minutos a 4.83 minutos por unidad producida y se incrementa la producción mensual de 296 a 390 unidades.

Arevalo-Barrera et al., (2019) identifican una alta tasa de desperdicio en un proceso de producción de ladrillos, que tiene dos causas principales: altos niveles de reprocesamiento y tiempos de espera. Según el análisis de la causa raíz, se propone la implementación de un modelo de mejora utilizando herramientas de la filosofía de manufactura esbelta. Este modelo tiene dos enfoques, uno en procesos que usan herramientas como Poka Yoke y Jidoka, otro en mantenimiento que usa herramientas como mantenimiento productivo total (TPM) y cambio rápido de moldes (SMED).

Para el análisis se usa diagrama de operaciones el cual refleja presencia de desperdicios de producción, incluyendo pérdida de materia prima y producto defectuoso, se usa diagramas de ruteo en el que se identifica rutas repetidas y mal diseñadas y se usa mapeo del flujo de valor en el que se observa un bajo porcentaje de valor agregado entre el 19% y 40%. Para mostrar los resultados de la metodología se hace un plan piloto real con una duración de dos meses y una simulación con un periodo de seis meses en el que se obtiene que la productividad incrementa de 62.81 kg/min a 91.48 kg/min.

Peralta-Quispe et al., (2019) clasifican las herramientas de manufactura esbelta dentro de cuatro aspectos de una empresa de calzado: proceso de producción, mantenimiento, distribución de planta y almacenamiento. Para la distribución de planta integran mapeo de flujo de valor con diagrama de ruteo multi-producto, matriz de distancias, matriz de cantidades, matriz de esfuerzos y diagrama de relación de actividades con las que obtienen un nuevo diseño que se evalúa en el software Arena y la cantidad de pares producidos incrementa de 266 a 305 pares.

2.1.3 Software para diseño de fábrica

Análisis basado en AutoCAD

Dentro de la ingeniería de detalle se encuentra el diseño integrado de plantas para el cual existe herramientas informáticas como AutoCAD que es una plataforma de de

dibujo profesional 2D y 3D. El avance que han experimentado en los últimos años los sistemas de diseño de plantas industriales se puede calificar de revolucionario. A finales de los años setenta el dibujo de plantas industriales se realizaba por un sistema convencional o artesanal, donde los proyectistas y delineantes dibujaban en el tablero y sobre papel vegetal.

En la década de los años ochenta se produce la irrupción de los ordenadores personales y con ellos los programas de diseño de dos dimensiones asistidos por ordenador (CAD). En los comienzos de la implantación de este sistema de trabajo, existía discrepancia sobre el coste de los trabajos, en lo que se refiere a incremento o disminución de horas/hombre empleadas en diseño tradicional y en CAD dos dimensiones, hoy en día está claro que se mejora el rendimiento utilizando el dibujo asistido por ordenador Storch de Gracia & Herrero Sánchez, (2018).

Investigaciones relacionadas

Naranje et al., (2019) inician con la comprensión del diseño de la planta de una compañía de apoyo terrestre, identifican que es necesario rediseñar la distribución existente para reducir los desperdicios de producción y aumentar la productividad. Se utiliza el software Auto CAD para diseñar la distribución existente y representar la posición del inventario dentro de la planta.

Después de analizar el diseño existente, se observó que los elementos que se mueven rápidamente se colocan en el entrepiso expandido. Por lo tanto, lleva más tiempo cargar y descargar las piezas. Además, tiene poca accesibilidad. Otro problema es la acumulación de existencias de poco uso en los lugares más destacados del entrepiso, resulta en un desperdicio de espacio, de trabajo y aumenta el tiempo de preparación de material para la transferencia de existencias para la producción, por lo tanto, se desperdicia más tiempo para los trabajadores. Para optimizar el diseño se usa SLP, bajo este análisis de flujo, el diagrama de relación de actividades, disponibilidad de espacio, el diagrama de relación – espacio, se utilizan para identificar la relación entre varias variables y encontrar un diseño óptimo.

Pierreval, (2018) sugiere y evalúa un enfoque de optimización para distribución de planta, a través de simulación integrado y genérico, que evite desarrollar un generador de diseño dedicado basado en la optimización (por ejemplo, algoritmo genético) y programar su conexión con la herramienta de simulación. Con este enfoque, la medida de rendimiento, que define la función objetivo f , puede ser estocástica y, por lo general, basarse en el tiempo medio de flujo de los trabajos ó la distancia media recorrida por los operadores.

Nafors et al., (2017) investigan y evaluar la utilidad de los modelos de diseño 3D realistas en el proceso de planificación del diseño de distribución de planta, abordado por un estudio industrial sobre cómo se pueden aplicar los métodos existentes para la visualización. Este documento muestra que la utilización de modelos de diseño realistas y precisos permite debates fructíferos, mientras que se pueden evitar varios errores potenciales. También muestra beneficios al evaluar un diseño y la precisión del modelo en la realidad virtual inmersiva, donde se puede adquirir una mejor perspectiva del diseño.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

La investigación se realizó en la empresa Car-Buss Yaulema de la ciudad de Riobamba, en el proceso de elaboración de carrocerías.

Car-Buss Yaulema se ubica en la Avenida Pedro Vicente Maldonado Km 2 ½ via a Guayaquil, Riobamba-Ecuador.

3.2 Equipos y Materiales

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Computadora
- Tablero soporta hojas
- Impresora
- Cámara de fotos
- Flexómetro
- Cronómetro
- GPS
- Software AutoCAD versión 2019, plug in Flow Planner

3.3 Tipo de investigación

3.3.1 Cuantitativa

El enfoque de la investigación es cuantitativo ya que se planteó el problema con su objetivo y pregunta; así: optimizar el flujo de materiales con enfoque Esbelto en las instalaciones de una empresa carrocera y ¿se disminuye el tiempo por transportes en el proceso al diseñar el flujo de materiales dentro de la fábrica?

Se usó levantamiento de procesos y diagramación de hilos para la situación actual del flujo de materiales y se calculó la distancia recorrida de materiales, porcentajes de

valor agregado y niveles de tráfico dentro de la planta. Los resultados se compararon de forma numérica y se determinó las variaciones porcentuales en cada uno. Se realizaron mediciones, dragramación, diseño y validación para la solución de un problema específico.

3.3.2 Experimental

El tipo de investigación es experimental ya que la propuesta se diseñó en base a la manipulación de ubicaciones de materiales dentro de una herramienta informática de diseño de fábrica basada en AutoCAD, las variables de entrada son la ubicación, el tipo de contenedor, la distancia a recorrer y se obtuvieron informes en AutoCAD para las variables de salida como el costo del movimiento de materiales, frecuencias de transporte, distancia recorrida y tiempos por viaje.

3.4 Población y muestra

Para este caso, la población de estudio se encuentra en el área de elaboración de carrocerías de Car-Buss Yaulema.

Tabla 3-1: UNIDAD DE OBSERVACIÓN.

Proceso	Número de Personas	Porcentaje
Supervisión	4	16,67%
Estructura	6	25,00%
Forrado	6	25,00%
Pintura	4	16,67%
Acabados y control de calidad	4	16,67%
Total	24	100,00%

En virtud de que el número de elementos es menor a 100, se trabaja con todo el universo sin que sea necesario sacar muestra representativa.

3.5 Recolección de información

Tabla 3-2: PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación.

Tabla 3-2: PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (Continuación).

Preguntas básicas	Explicación
2. ¿De qué persona u objetos?	Materiales y trabajadores de la carrocería.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Indicadores (matriz de Operacionalización de Variables).
4. ¿Quién, quienes?	Investigador.
5. ¿Cuándo?	En el segundo trimestre del 2020.
6. Dónde?	Car-Buss Yaulema
7. ¿Cuántas veces?	Las que sean necesarias.
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación, diagramas de flujo.
9. ¿Con qué?	Hojas de registro de producción, layout de planta, hojas de materiales, software de diagramación AutoCAD.
10. ¿En qué situación?	Durante el desarrollo de los turnos de producción Car-Buss Yaulema

3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico

3.6.1 Plan de procesamiento de la información

- Revisión crítica de la información recogida, descarte de la información defectuosa, contradictoria, incompleta, etc.
- Organización de los datos recolectados.
- Llevar a cabo diagramación, gráfica de datos, inspecciones visuales, análisis estadísticos, u otras operaciones en los datos de forma apropiada.
- Interpretación y presentación de los resultados.

3.6.2 Análisis e interpretación de los resultados

- Análisis de los resultados obtenidos en la diagramación y las mediciones que se utilizan en el plan para la recolección de la información, acentuando las relaciones entre las variables, en función de los objetivos planteados.
- Interpretación de los resultados con apoyo del estado del arte, tanto en la variable independiente (flujo de materiales con enfoque esbelto) y la variable dependiente (tiempo por transportes).
- Establecimiento de las conclusiones y recomendaciones.

3.7 Variables respuesta

3.7.1 Variable independiente: Flujo de materiales con enfoque esbelto

Tabla 3-3: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE INDEPENDIENTE.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>El flujo de materiales de un sistema de producción representa los elementos dentro de la fábrica que se van a mover o generan flujo, ya sea materiales, hombre, equipos y documentos, produciendo en definitiva un bien o un servicio. Constituye un punto clave dentro del análisis de desperdicios de Lean Manufacturing y el análisis de problemas de diseño de instalaciones para el cual se requiere del uso de herramientas de diseño de fábrica basado en AutoCAD.</p>	Sistema de Producción	Flujo de proceso	¿Cuál es el flujo de proceso del ensamblaje de un bus?	Diagramas de Proceso Cursograma
	Materiales	Distribucion de materiales por área	¿Cómo se distribuyen los materiales dentro de las áreas?	Hojas de control de materiales Diagramas Distancia-Intensidad
	Enfoque Esbelto	Transportes	¿Cuál es la distancia recorrida dentro del área?	Hojas de registro de producción
	Diagramas de flujo AutoCAD	Tráfico de material	¿Cuál es el nivel de tráfico de materiales en la planta?	Diagramación CAD

3.7.2 Variable dependiente: Tiempo por transportes

Tabla 3-4: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE DEPENDIENTE.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Tiempo en el cual se moviliza materiales entre áreas de acuerdo a la distribución en planta. Este tiempo se analiza desde el punto de vista de Esbelto y se debe evitar los desperdicios relacionados al flujo de materiales como el transporte excesivo, y determinar el costo que genera el flujo de materiales.</p>	Distribución áreas	Distancia recorrida	¿Cuál es la distancia total recorrida?	Informes herramienta CAD
	Esbelto	Frecuencia de transporte	¿Cuál es la frecuencia de transporte entre áreas?	Informes herramienta CAD
	Transporte	Tiempo de transporte	¿Cuál es el tiempo de transporte de materiales?	Hojas de registro de producción Diagramación CAD
	Costo por flujo de materiales	Costo	¿Cuál es el costo que se genera por movimiento de materiales?	Informes herramienta CAD

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la empresa

CAR – BUSS YAULEMA es una reconocida empresa del sector carrocerero en la provincia de Chimborazo, su actividad principal se enfoca en la construcción de carrocerías nuevas para buses y a la reparación de todo tipo de carrocerías. Lleva en el mercado 15 años los cuales avalan su experiencia y cuentan con mano de obra calificada y procesos de manufactura tecnificados que les ha permitido entregar productos de calidad y ser una de las primeras opciones de los clientes.

Desde el año 2014, CAR – BUSS YAULEMA se convirtió en una empresa certificada por la Agencia Nacional de Transito (ANT) para la construcción de carrocerías nuevas, cumpliendo con las normas y los estándares de calidad exigidos por los diferentes organismos de regulación y según las leyes vigentes en el Ecuador.

Las instalaciones de la empresa se encuentran ubicadas en la ciudad de Riobamba desde la cual contribuyen con el desarrollo de la matriz productiva poniendo a disposición del transportista ecuatoriano un producto de excelente calidad para el transporte de pasajeros.

Entre los clientes principales se encuentran, en su mayoría, las cooperativas de transporte público que renuevan toda o de manera parcial su flota vehicular, y otro segmento de clientes son usuarios que particularmente requieren el producto y servicio de la empresa.

En la Figura 4-1 se muestra el mapa de procesos resumido de la empresa, en el cual se observa que el enfoque productivo parte desde el cliente y finaliza en el mismo. La empresa cuenta con dos procesos estratégicos, cuatro procesos clave y tres procesos de apoyo a través de los cuales se da el funcionamiento de la empresa y las múltiples interacciones entre procesos.

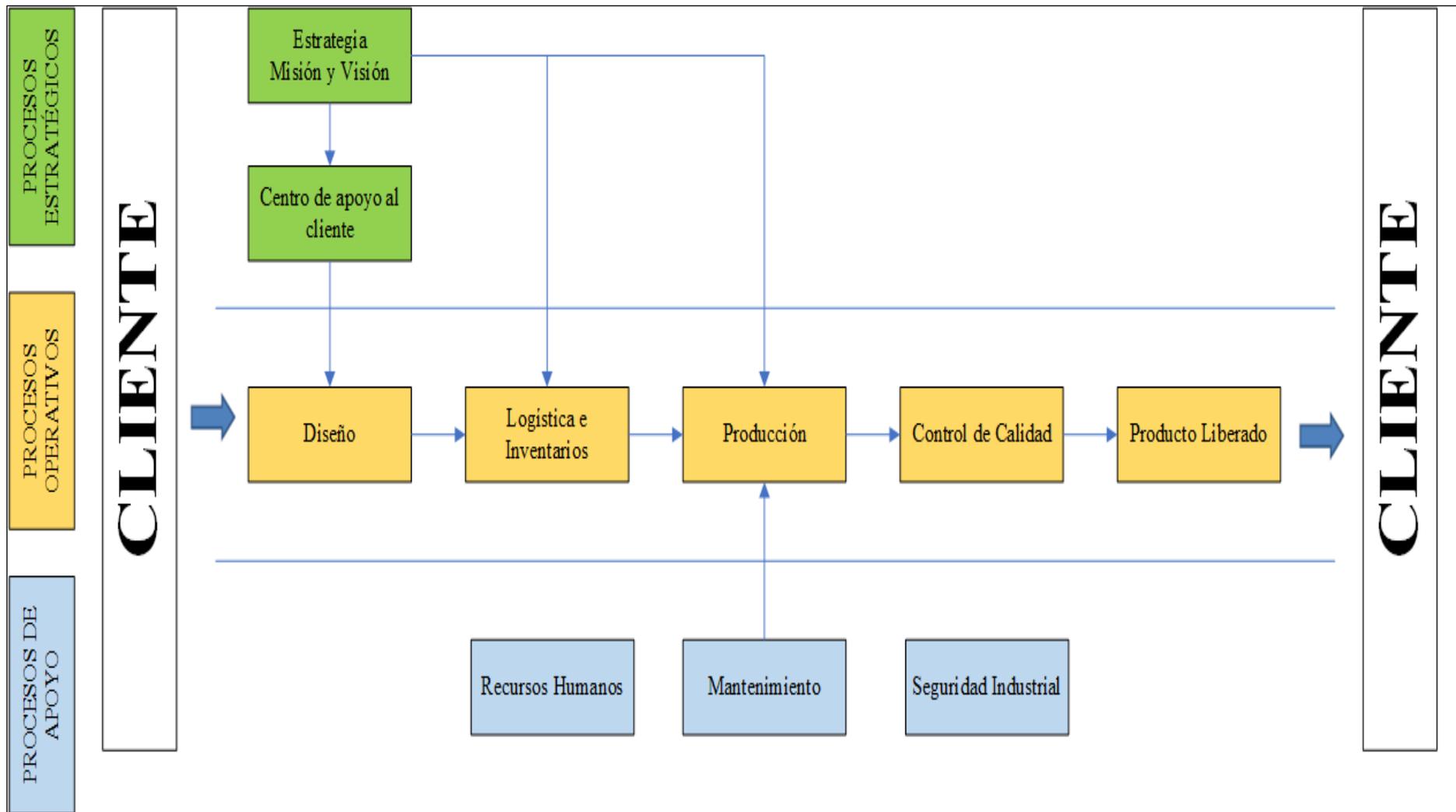


Figura 4-1: Mapa de Procesos.

4.2 Análisis productos

En esta sección se revisa el tipo de carrocerías que se producen en Car Buss Yaulema y la demanda histórica que tiene cada una para la selección de aquella que represente el mayor porcentaje de participación y hacer los análisis de proceso respectivos.

4.2.1 Clasificación productos

Car Buss Yaulema oferta carrocerías para buses interprovinciales e intraprovinciales a los que se denomina homologados (carrocerías que cumplen con las disposiciones administrativas y técnicas del estado) y carrocerías para buses especiales los cuales requieren de prototipado (diseño desde cero). Por lo general, los interprovinciales son carrocerías más desarrolladas y con mayor cantidad de materiales ya que la característica principal de estos es la comodidad y confort que deben brindar durante un viaje. Los intraprovinciales cuentan con menor cantidad de materiales y su diseño es adecuado al uso interno dentro de ciudades.

Dentro de la clasificación de productos se tiene cinco modelos diferentes como indica la Tabla 4-1 cada uno con características definidas por ficha técnica.

Tabla 4-1: CLASIFICACIÓN PRODUCTOS.

Clasificación	Modelo
Interprovincial	CARBUSS 1
	CARBUSS 900
Intraprovincial	VICTORIA
Turismo	TURISMO 1
Especiales	PROTOTIPADO

Como referencia, se muestra las características del modelo CARBUSS 1 dentro de la clasificación de carrocerías para buses interprovincial:

El CARBUSS 1 es un modelo homologado para el servicio de transporte de pasajeros en la modalidad de Interprovincial, este modelo a sido concebido para ser montado sobre un chasis de la marca HINO modelo AK8JRSA (AK). Una carroceria ligera pero lo suficientemente rigida capaz de soportar todas las exigencias que el

transportista requiera durante largos trayectos a través de las diferentes regiones del Ecuador. Una carrocería fabricada con materiales que cumplen las normas de calidad, respetando siempre las normas de seguridad exigidas por la ANT y sin dejar de lado el confort del pasajero.



Figura 4-2: Carbuss 1 de Manual de Diseños de CarBuss Yaulema.

Como referencia, se muestra las características del modelo VICTORIA dentro de la clasificación de carrocerías para buses intraprovincial:

El VICTORIA es un MINIBUS homologado para el servicio de transporte de pasajeros en la modalidad de Intraprovincial bajo norma NTE INEN 1668, este modelo a sido concebido para ser montado sobre un chasis de la marca HINO modelo FC9JKSZ (FC). Una carrocería versatil, divertida con la calidad y comodidad característica de todos los modelos fabricados en CAR-BUSS.



Figura 4-3: Victoria de Manual de Diseños de CarBuss Yaulema.

4.2.2 Demanda promedio

En la Tabla 4-2 se recoge los datos históricos de demanda total mensual del año 2019. Se identifica que el mes de mayor demanda es agosto de 2019 con 5 unidades producidas y existe meses con demanda de 0 unidades producidas.

De este análisis se obtiene que la empresa Car Buss Yaulema tiene una demanda promedio mensual de 2 unidades en el 2019, siendo el segundo y tercer trimestre los que presentan mayores picos de demanda.

Tabla 4-2: DEMANDA MENSUAL - ANUAL.

AÑO	MES	DEMANDA (UNIDADES)
2019	ENERO	2
	FEBRERO	1
	MARZO	0
	ABRIL	2
	MAYO	4
	JUNIO	3
	JULIO	0
	AGOSTO	5
	SEPTIEMBRE	1
	OCTUBRE	0
	NOVIEMBRE	0
	DICIEMBRE	0

La figura 4-4 muestra los patrones de demanda mensual en el que se observa que el segundo trimestre presenta mayores picos de demanda y en los meses de marzo, julio, octubre, noviembre y diciembre no existe demanda. La variabilidad no está en el alcance de este estudio, puese se toma el valor de demanda anual.

Para el desarrollo del proyecto y los análisis de flujo de proceso y materiales, se analiza la demanda por clasificación de carrocería en el año 2019 en la Tabla 4-3 en el que se identifica que el producto de mayor demanda son las carrocerías interprovinciales con 88,89% de participación. Se escoge esta clasificación, específicamente el modelo Carbuss 1 para la recolección de datos de proceso y el desglose de lista de materiales.

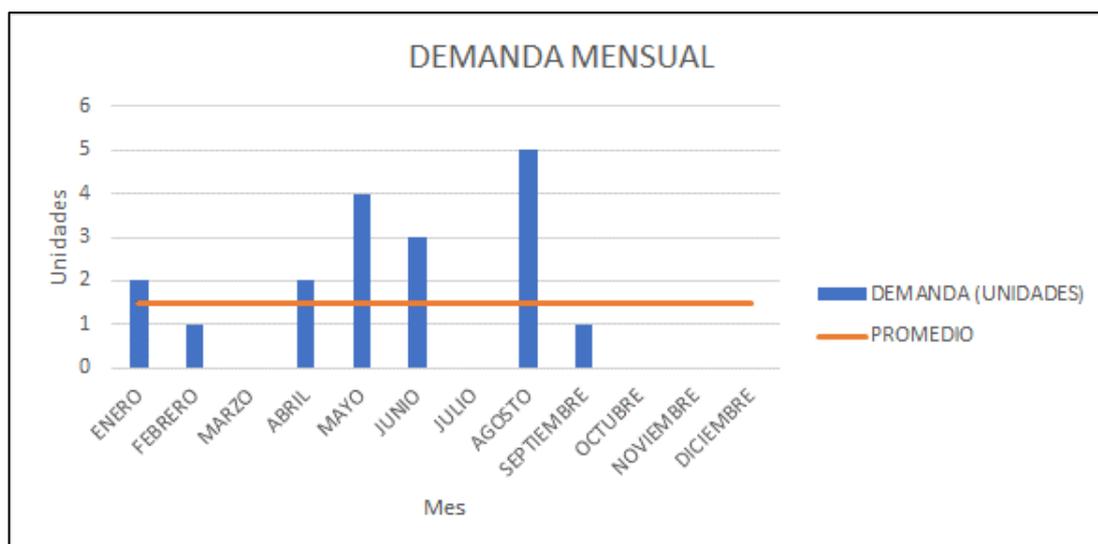


Figura 4-4: Patrones de demanda.

Tabla 4-3: DEMANDA POR CLASIFICACIÓN 2019.

CÓDIGO	DEMANDA	% RELATIVO	% ACUMULADO
INTERPROVINCIAL	16	88,89%	88,89%
INTRAPROVINCIAL	2	11,11%	100,00%
TURISMO	0	0,00%	100,00%
ESPECIALES	0	0,00%	100,00%
TOTAL	18		

4.3 Sistema de Producción

En esta sección se realiza el levantamiento de las características del sistema de producción desde el flujo de proyecto hasta el análisis del proceso y el diagrama de ensamble identificando las actividades necesarias para la producción de una carrocería para bus interprovincial.

4.3.1 Flujo de Proyecto

La construcción de carrocerías en Car Buss Yaulema se determina a través del seguimiento de un flujograma de actividades en el que intervienen el cliente y el representante de la empresa quien despliega los acuerdos que se realizan en la firma del contrato.

Se observa en la Figura 4-5 que en la elaboración del contrato se hace el reconocimiento del plano estructural el cual una vez finalizado de forma correcta resulta en la orden de trabajo para las áreas productivas de la empresa. Las primeras áreas en intervenir son bodega y compras los cuales revisan la disponibilidad de materiales y en caso de existir novedades proceden hacer el contacto con los proveedores para el abastecimiento respectivo.

Una vez que se asegura la disponibilidad de materiales, se emite la alerta de inicio hacia el área de producción la cual funciona bajo la modalidad de distribución de trabajos por bloques o por proceso. Esta modalidad parte de la asignación de responsabilidades y del principio que la elaboración de una carrocería cuenta con un número considerable de actividades que no pueden ser encargadas a un solo responsable.

El flujograma de proyecto define al proceso de producción con cuatro procesos macro: estructurado, vestidura o forrado, pintura y acabados con responsables y áreas físicas diferentes. Se debe observar que las líneas que conectan a estos cuatro procesos indican que son dependientes y se debe seguir el orden especificado.

Una vez que finalizan los cuatro procesos, se realiza el control de calidad final del cual se emiten informes y en caso de existir no conformidades la carrocería regresa al área de producción para solventar las mismas. Cuando el producto final cuenta con la calidad requerida se procede a encargar al jefe de producción y jefe de calidad la realización de la prueba de ruta en la cual por medio de un check list de verificación se recogen los resultados y se aprueba el producto para la entrega al cliente.

El proceso de entrega al cliente se realiza con la presentación de las características de la carrocería y el desglose de equipamiento con el que cuenta, en esta actividad se realiza la finalización del contrato y se proceden a firmar las hojas de entrega recepción para evitar incorformidades entre la empresa y el cliente. Además, se oferta el servicio post venta el cual asegura las garantías con las que cuenta la carrocería.

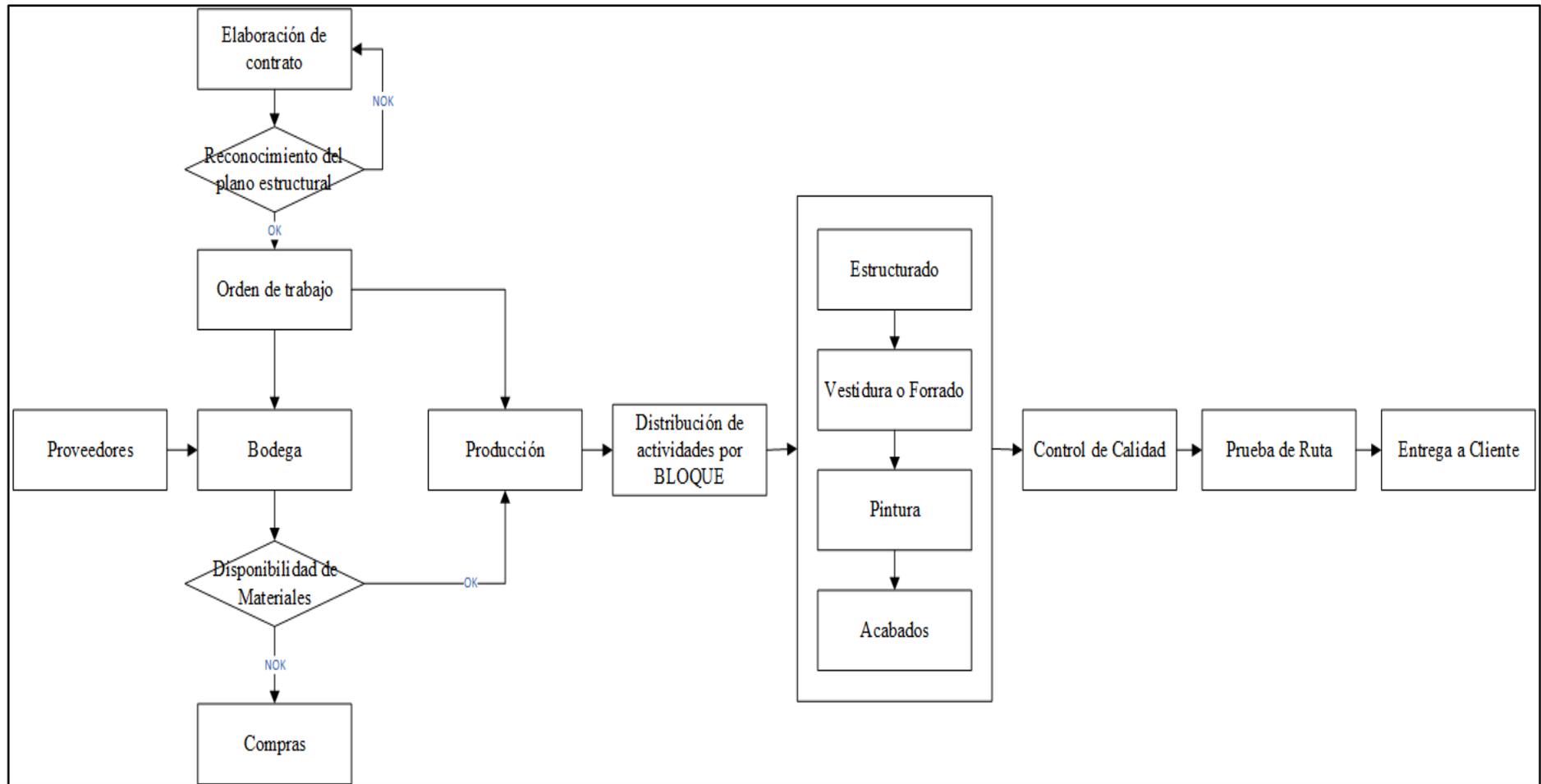


Figura 4-5: Flujograma de proyecto de construcción de una carrocería.

4.3.2 Proceso de producción

La construcción de una carrocería interprovincial cuenta con 10 procesos principales en los cuales se lleva a cabo varias actividades internas.

Se inicia con la recepción del chasis en la cual se revisa el funcionamiento de los sistemas eléctricos y neumáticos. Además, los elementos que pueden sufrir daños por soldadura se extraen del chasis ya que serán montados posteriormente.

El segundo proceso es el ensamble y anclaje de estructura que se realiza en base a los requerimientos paramétricos de los planos de construcción. Esta actividad consiste en estructurar mediante tubos galvanizados lo que se denomina el “esqueleto” de la carrocería. Este proceso es de mucha importancia ya que constituye el soporte donde se ubicarán el resto de elementos.

A continuación, se encuentran los procesos de vestidura o forrado clasificados en tres procesos: forrado y templado, forrado interior y acople interior de los cuales depende la calidad de los acabados. Por un lado, se encuentra el forrado exterior en el que se cubrirá la estructura externa de la carrocería y por otro el forrado interior en el que la estética es primordial ya que será la parte de la carrocería que se encuentra vista hacia el usuario del bus.

El sexto proceso es la preparación y pintura el cual se considera en el diagrama con un símbolo mixto, proceso y calidad al mismo tiempo pues es crítico que los acabados sean de primera.

Los siguientes procesos son acabados e instalaciones eléctricas de los cuales depende los accesorios complementarios para la carrocería, para el caso de instalaciones eléctricas se considera en el diagrama como mixto, proceso y calidad al mismo tiempo.

Finalmente, se tiene la prueba de ruta y entrega al cliente.

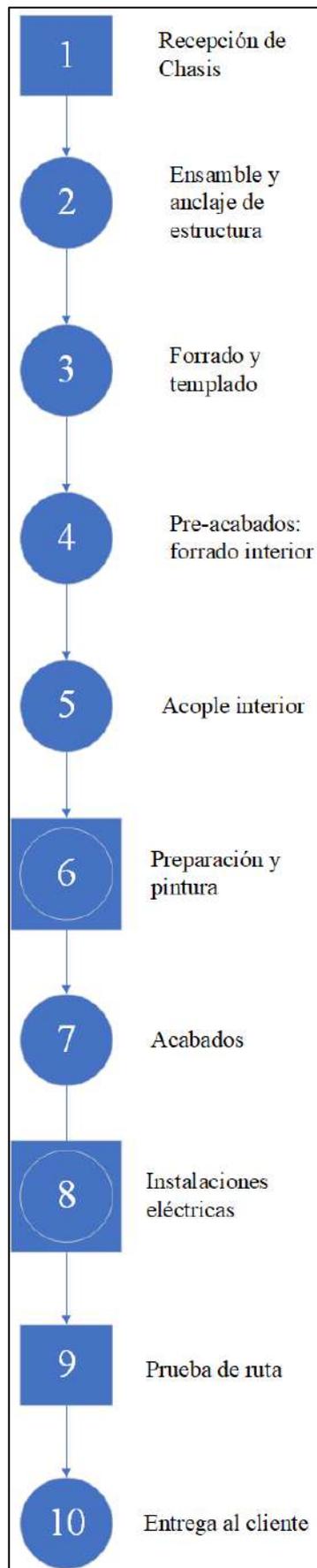


Figura 4-6: Proceso general.

4.3.3 Diagrama de proceso

El diagrama de proceso de construcción de una carrocería es extenso y se muestra a detalle en la Figura 4-7. Se identifica que cada proceso general cuenta con procesos internos que se deben ejecutar de forma secuencial y en algunos casos de forma paralela. En cada proceso que se realiza, la empresa ejecuta control de calidad para evitar encontrar inconformidades al final de la línea de producción ya que esto traería consigo altos costos por mala calidad e incluso se tendría que recurrir a desarmar partes de la carrocería para solucionar los inconvenientes.

Se identifica que el primer proceso es ensamblar la estructura de la carrocería; es decir, montaje de piso, laterales y techo, posteriormente de forma paralela se estructura el frente y las bodegas.

El forrado y templado cuenta con tres grupos de proceso secuenciales cada uno con tres procesos paralelos en los que se forra externamente laterales, techo y puertas. En los pre-acabados o forrado interior se realizan dos procesos en paralelo para continuar con el acople interior en el que se tapiza la cabina y se montan accesorios de TV y radio.

En preparación y pintura se deben llevar a cabo dos procesos paralelos como son el pintado de elementos de fibra y el pintado de toda la carrocería, aquí se debe considerar el tiempo de secado de la pintura y los acabados deben ser inspeccionados.

En los acabados se ubican los asientos, luces y elementos de la cabina para dar paso a las instalaciones eléctricas en la cual se realiza una prueba general de los elementos que se conectan.

Las pruebas y entrega a cliente son los procesos finales del diagrama a detalle.

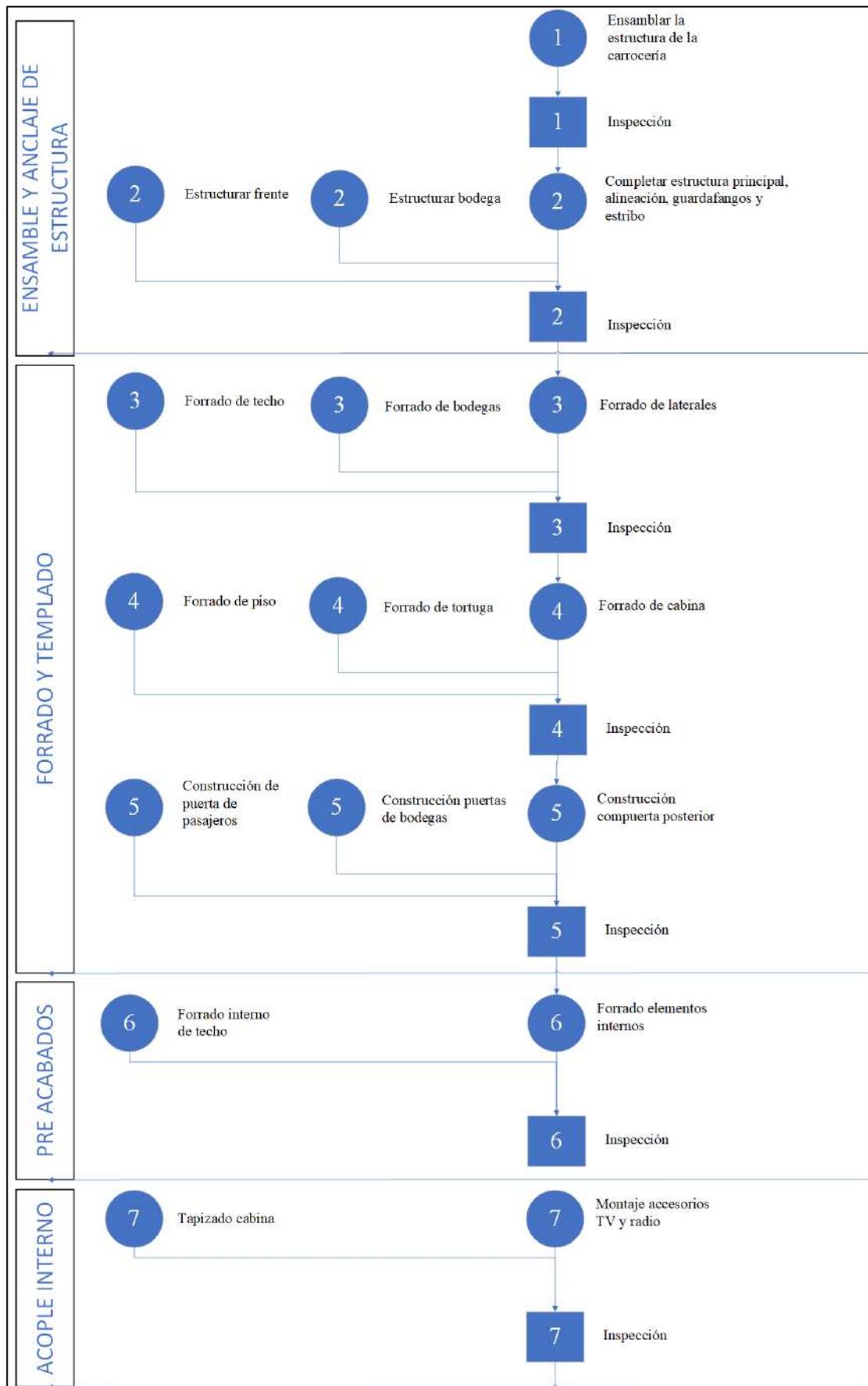


Figura 4-7: Diagrama de flujo de proceso para carrocería.

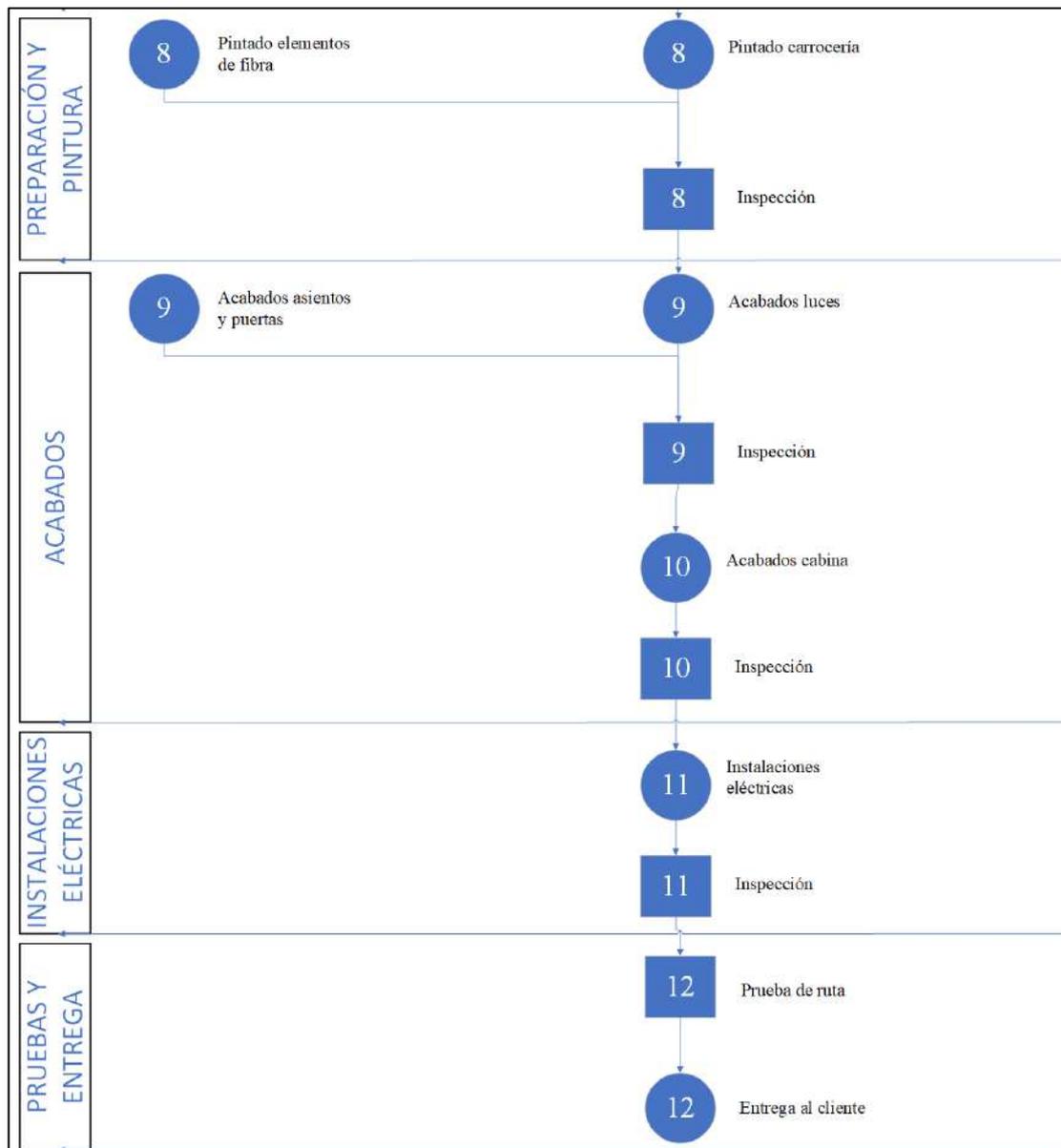


Figura 4-7: Diagrama de flujo de proceso para carrocería (continuación).

4.4 Materiales del proceso

En esta sección se identifica los materiales críticos para la construcción de una carrocería a partir de listas de componentes y se diagrama el recorrido actual de materiales y proceso en cada área.

4.4.1 Lista de materiales

La construcción de una carrocería requiere de gran cantidad de materiales debido a la magnitud del producto que se oferta. En este contexto, en la investigación se realiza

la identificación del listado de materiales en la Tabla 4-4 que intervienen durante todo el flujo de producción.

Se observa que para una carrocería de clasificación interprovincial se requiere un total de 151 referencias diferentes, en ciertos casos se han agrupado en familias los materiales para que el análisis de flujo se pueda llevar a cabo, este es el caso por ejemplo de la referencia #23 Cables que se usan en las instalaciones eléctricas, existe varios tipos de cables de acuerdo a su uso, sin embargo, para fines de esta investigación se los agrupa como una sola referencia o familia.

En el caso de materiales como tubos o platinas, no se agrupan por familias ya que se identifica que su flujo es considerable y se debe tomar en cuenta como referencias separadas.

Tabla 4-4: LISTADO DE MATERIALES.

#	Material	#	Material
1	Abrazaderas plásticas	77	Moqueta
2	Alarma	78	Motor de plumas
3	Alfombra	79	Neblineros
4	Aluminio para costado	80	Números de asientos
5	Aluminio para forro	81	Pantallas
6	Aluminio tipo T	82	Parabrisas
7	Amortiguadores	83	Parantes
8	Amplificador	84	Parasol
9	Ángulos de 40x3	85	Parlantes
10	Ángulos, perfiles, tubos	86	Pegamento
11	Antena de TV	87	Pernos
12	Antenas de radio	88	Persiana
13	Asientos	89	Piezas accesorios internas y externas
14	Bandejas portamaletas	90	Pintura
15	Barrederas	91	Placas de 1/4
16	Bases	92	Plástico decorativo
17	Basurero	93	Platinas de 1 1/2 x 1/4
18	Batería	94	Platinas de 3/4 x 1/8
19	Bisagras	95	Platinas de 3/4 x 3/16
20	Bloqueos	96	Poma de agua plumas
21	Bota	97	Porta basurero
22	Buster	98	Porta interruptores
23	Cables	99	Porta martillo

Tabla 4-4: LISTADO DE MATERIALES (Continuación).

#	Material	#	Material
24	Caja de batería	100	Portamatela
25	Calafateo	101	Portavasos
26	Cámara	102	Radio
27	Cañerías para aire	103	Refuerzos
28	Cañerías para cables	104	Refuerzos de tol 1/16
29	Caucho para puertas de bodegas	105	Remache
30	Cejas superiores de bodegas	106	Respaldo interior
31	Cerchas	107	Retrovisores
32	Cerco de claraboyas	108	Rudón
33	Chapas	109	Sikaflex
34	Chasis	110	Sockers
35	Claraboyas	111	Soportes
36	Computadora	112	Tabla MDF
37	Consola	113	Tablero
38	Cortinas	114	Tanque de combustile
39	Cuerina	115	Tapas
40	Esponja	116	Teflón
41	Espron	117	Terminales
42	Estribo	118	Thinner
43	Faros delanteros	119	Tol de 1/16
44	Faros posteriores	120	Tol de 1/20
45	Fibra	121	Tol de 2 mm
46	Focos	122	Tornillos
47	Focos flurescentes	123	Ts
48	Fondo	124	Tubo protector de cables
49	Forro de fibra	125	Tubo redondo de 50x3
50	Forros centrales del techo interior	126	Tubos cuadrados de 100x50x2
51	Forros de ventanas	127	Tubos cuadrados de 50x25x2
52	Forros interiores de fibra	128	Tubos cuadrados de 50x25x3
53	Forros para cabina, puertas y ventana	129	Tubos cuadrados de 50x50x2
54	Forros para costados del techo	130	Tubos cuadrados de 50x50x3
55	Fuselera	131	Tubos de 100x50x3
56	Fusibles	132	Tubos de 20x20x2
57	Galvalumen 1/20	133	Tubos de 40x20x2
58	Ganchos para fibrar	134	Tubos de 40x40x2
59	Grada neumática	135	Tubos de 60x40x2
60	Guardachoque	136	Tuercas
61	Guardafangos de tol	137	TV
62	Guardalodos de lona	138	U de aluminio
63	Guías	139	Uniones
64	Instrumentos de control	140	Us de 50x50x2

Tabla 4-4: LISTADO DE MATERIALES (Continuación).

#	Material	#	Material
65	Interruptores	141	Us y mecanismos
66	Limpia parabrisas	142	Válvulas para aire
67	Ls de fibra	143	Vidrios para cabina
68	Ls de vidrio	144	Aluminio filo de grada
69	Luces	145	Fibras
70	Madera	146	Malla metálica
71	Manubrios	147	Placas
72	Marco de cabina	148	Faldones
73	Martillo rompe vidrio	149	Puertas
74	Masilla plástica	150	Anticorrosivo
75	Masilla roja	151	Fondo rojo
76	Mecanismos		

4.4.2 Distribución de materiales por proceso

Para que el análisis sea más concreto y preciso, se realiza la clasificación de materiales en cada proceso. En este análisis intervienen el diagrama de proceso de la Figura 4-6 y el listado de materiales de la Tabla 4-4.

Para cada proceso general, se identifica aquellos materiales que intervienen y se subrayan en el listado. Cabe aclarar que no se eliminan debido a que pueden aparecer en dos procesos diferentes. Posteriormente, se ordenan los materiales subrayados en la clasificación de cada proceso y se elabora el Anexo 1. Del análisis previo se realiza el conteo de materiales por proceso en la Tabla 4-5, en la cual se identifica que el proceso de acabados tiene la mayor cantidad con 53 referencias y recepción de chasis la menor cantidad con 1 referencia.

Tabla 4-5: CANTIDAD DE MATERIALES POR PROCESO.

Proceso	Cantidad Materiales
Recepción de Chasis	1
Ensamble y anclaje de estructura	28
Forado y templado	43
Pre acabados	39
Acople interior	15
Preparación y pintura	6
Acabados	53
Instalaciones Elécticas	14

En la Figura 4-8 se calcula la concentración en porcentaje de cantidades de referencias de material por proceso, se observa que el proceso con mayor concentración es Acabados con el 27%, seguido del proceso de forrado-templado con 22%. Al ser los de mayor concentración, se hace el análisis de flujo detallado.

En el caso del proceso inicial de ensamble y anclaje de estructura en el cual intervienen materiales de mayor tamaño hay una concentración del 14% de materiales respecto del total. Al ser el proceso inicial y del cual dependen el resto de proceso se hace el análisis de flujo detallado. Los procesos de recepción de chasis, acople interior, preparación y pintura e instalaciones eléctricas representan juntos un 18% de concentración de referencias por lo cual no se analiza su flujo a detalle en esta investigación ya que los recorridos son mínimos respecto de las otras áreas ya que sus materiales están en percha en el puesto de trabajo.

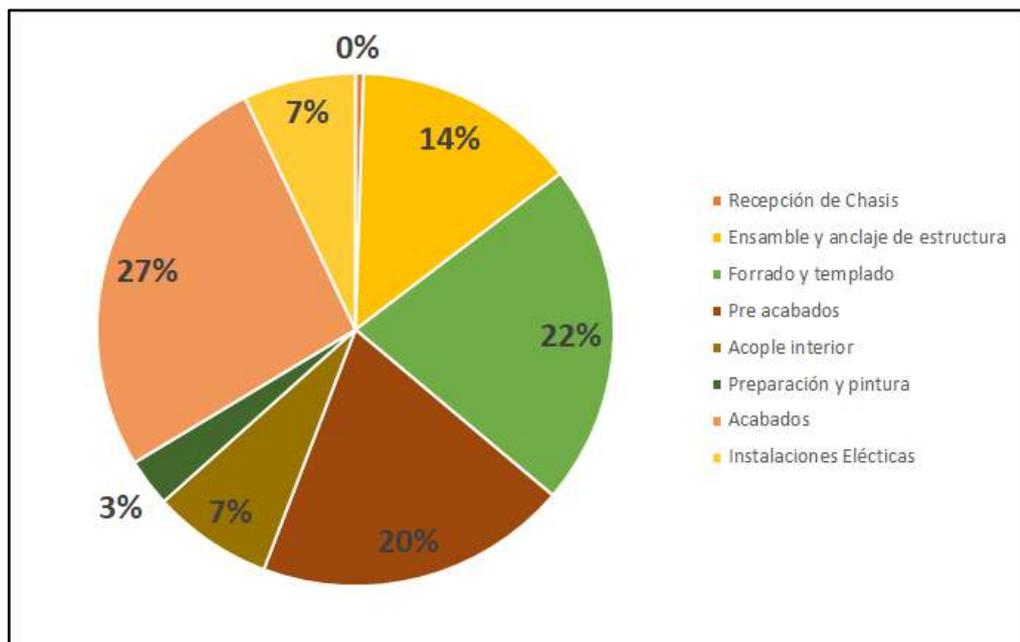


Figura 4-8: Concentración porcentual de materiales.

4.5 Flujo de materiales y proceso

En esta sección se analiza el flujo de los materiales principales en relación con su flujo de proceso haciendo énfasis en los transportes y recorridos en los que intervienen para la realización de las actividades.

4.5.1 Análisis de áreas de trabajo

La planta de producción de la empresa Car Buss Yaulema en la Figura 4-9 está distribuida en diferentes áreas de trabajo para la elaboración de carrocerías, las cuales se citan a continuación:

- Recepción de chasis
- Estructurado
- Forrado
- Pintura
- Acabados e inspección final

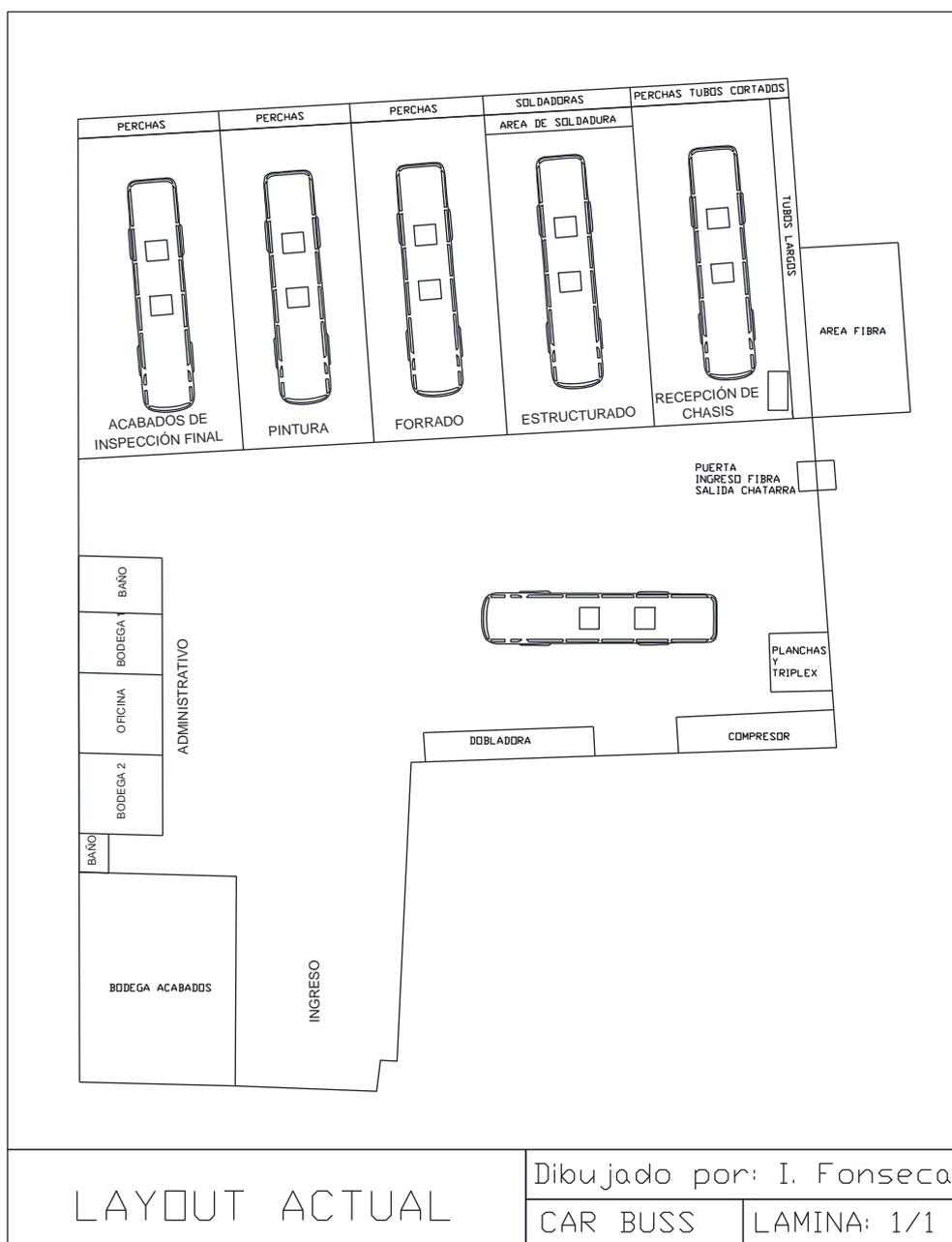


Figura 4-9: Layout de la empresa Car Buss Yaulema.

La distribución de planta en la empresa Car Buss Yaulema considera la modalidad de trabajo por proceso; es decir, se realiza en cada bloque todas las actividades que correspondan hasta finalizar una parte específica de la carrocería. En esta distribución no se considera los transportes de materiales y el tiempo que representan. Además, existe áreas libres que actualmente no se ocupan o en repetidas ocasiones se usan para dejar materiales tirados en el piso.

Las áreas dentro de la planta de producción de Car Buss Yaulema son las que se describen a continuación:

Recepción de chasis. En esta área se recibe los chasis de clientes y se revisa el estado para la firma del contrato, además se realizan adecuaciones en tamaño en caso de que se requieran.

Estructurado. Esta área es la que condensa la mayor cantidad de procesos por lo que el flujo de materiales es el mayor y en repetidas ocasiones se muestra totalmente desordenada. Aquí, se llevan a cabo el ensamble y anclaje de estructura, forrado y templado, pre acabados y acople interior.

Forrado. En esta área se manipula planchas de gran tamaño para el forrado de la carrocería, por lo general se requiere de la participación de varias personas para el transporte de materiales.

Pintura. En esta área existe manipulación de químicos por lo que la empresa ha tratado de hermetizarla para disminuir los riesgos que se presentan. Aquí, se realiza la preparación de la carrocería externa y el pintado en general.

Acabados e inspección final. Es la última área en la planta de producción en la cual se maneja principalmente materiales de menor tamaño y se realizan las últimas actividades del proceso. Las inspecciones finales se llevan a cabo en esta área, y desde aquí se liberan los buses hacia la parte externa para su posterior entrega al cliente.

4.5.2 Estudio de actividades por proceso

Para identificar cómo suceden las operaciones durante la elaboración de una carrocería y conocer el flujo de materiales se realiza el estudio detallado del método de producción mediante cursogramas sinópticos los mismos que permiten analizar las actividades de valor agregado y la presencia de transportes en la distribución actual. De acuerdo al diagrama de proceso de la Figura 4-7 se tienen 11 procesos secuenciales en los cuales a detalle se ejecutan varias actividades internas entre operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos.

En cada uno de los 11 procesos se levanta un cursograma sinóptico en el que se identifica el macro proceso y su objetivo de producción. Los cursogramas internamente se numeran de la siguiente manera: el primer número corresponde al macro proceso y el segundo número corresponde al número de cursograma en secuencia.

En el Anexo 2 se muestra el cursograma 1.1 para el proceso de Ensamble y Anclaje de estructura en el que se identifican 32 actividades, de las cuales 20 son operaciones. En el Anexo 3 se muestra el cursograma 2.1 para el proceso de Ensamble y Anclaje de estructura en el que se identifican 15 actividades, de las cuales 11 son operaciones. En la Anexo 4 se muestra el cursograma 2.2 para el proceso de Ensamble y Anclaje de estructura en el que se identifican 15 actividades, de las cuales 13 son operaciones. En el Anexo 5 se muestra el cursograma 2.3 para el proceso de Ensamble y Anclaje de estructura en el que se identifican 20 actividades, de las cuales 16 son operaciones.

En el Anexo 6 se muestra el cursograma 3.1 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 16 actividades, de las cuales 13 son operaciones. En el Anexo 7 se muestra el cursograma 3.2 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 11 actividades, de las cuales 11 son operaciones. En el Anexo 8 se muestra el cursograma 3.3 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 45 actividades, de las cuales 31 son operaciones.

En el Anexo 9 se muestra el cursograma 4.1 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 8 actividades, de las cuales 6 son operaciones. En el Anexo 10 se muestra el cursograma 4.2 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 14 actividades, de las cuales 12 son operaciones. En el Anexo 11 se muestra el cursograma 4.3 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 22 actividades.

En el Anexo 12 se muestra el cursograma 5.1 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 6 actividades. En el Anexo 13 se muestra el cursograma 5.2 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 9 actividades, de las cuales 6 son operaciones. En el Anexo 14 se muestra el cursograma 5.3 para el proceso de Forrado y Templado de estructura en el que se identifican 26 actividades, de las cuales 22 son operaciones.

En el Anexo 15 se muestra el cursograma 6.1 para el proceso de Forrado Interno de estructura en el que se identifican 9 actividades, de las cuales 7 son operaciones. En el Anexo 16 se muestra el cursograma 6.2 para el proceso de Forrado Interno de estructura en el que se identifican 26 actividades, de las cuales 23 son operaciones.

En el Anexo 17 se muestra el cursograma 7.1 para el proceso de Acople Interno de estructura en el que se identifican 12 actividades, de las cuales 10 son operaciones. En el Anexo 18 se muestra el cursograma 7.2 para el proceso de Acople Interno de estructura en el que se identifican 14 actividades, de las cuales 13 son operaciones.

En el Anexo 19 se muestra el cursograma 8.1 para el proceso de Pintura de estructura en el que se identifican 8 actividades, de las cuales 7 son operaciones. En el Anexo 20 se muestra el cursograma 8.2 para el proceso de Pintura de estructura en el que se identifican 24 actividades, de las cuales 20 son operaciones.

En los Anexos 21, 22, 23 se muestra el cursograma 9.1, 9.2, 10.1 para el proceso de Acabados en el que se identifican 18, 20, 16 actividades respectivamente.

En el Anexo 24 se muestra el cursograma 11.1 para el proceso de Instalaciones Eléctricas en el que se identifican 16 actividades, de las cuales 12 son operaciones.

4.5.3 Diagrama de recorrido general

En la Figura 4-10 se realiza el estudio del recorrido de la carrocería a través de la planta de producción y el estudio del recorrido de los materiales entre las diferentes áreas.

Se identifica que existen dos tipos de flujo dentro de la planta, el primero se denomina flujo de proceso y el segundo flujo de materiales.

En el primer caso, solo se consideran los transportes del producto que se fabrica, en este caso, la carrocería, y se obtiene un total de 6 recorridos generales. En el segundo caso, se consideran las relaciones de transporte entre áreas con un total de 8 relaciones generales.

Para el levantamiento de este diagrama de recorrido se ubica en cada área las actividades que se realizan de acuerdo al diagrama de proceso de la Figura 4-7, se observa que, en las áreas de estructurado, forrado y acabados se realiza el mayor número de actividades. En las áreas de recepción de chasis y pintura se realiza solamente una actividad por lo que no se consideran en este estudio y el impacto es mínimo.

Para el flujo de materiales se usa diferentes colores que representen las conexiones de cada área principal con las bodegas o almacenamientos intermedios. En el caso de estructurado, se identifica relaciones de transporte con las perchas de tubos cortos, dobladora y la bodega 2.

En el área de forrado, se identifica relaciones de transporte con área de fibra, área de planchas y bodega 2. En el área de pintura, se identifica una relación de transporte con la bodega 1. Finalmente, en el área de acabados se identifica una relación de transporte con la bodega de acabados.

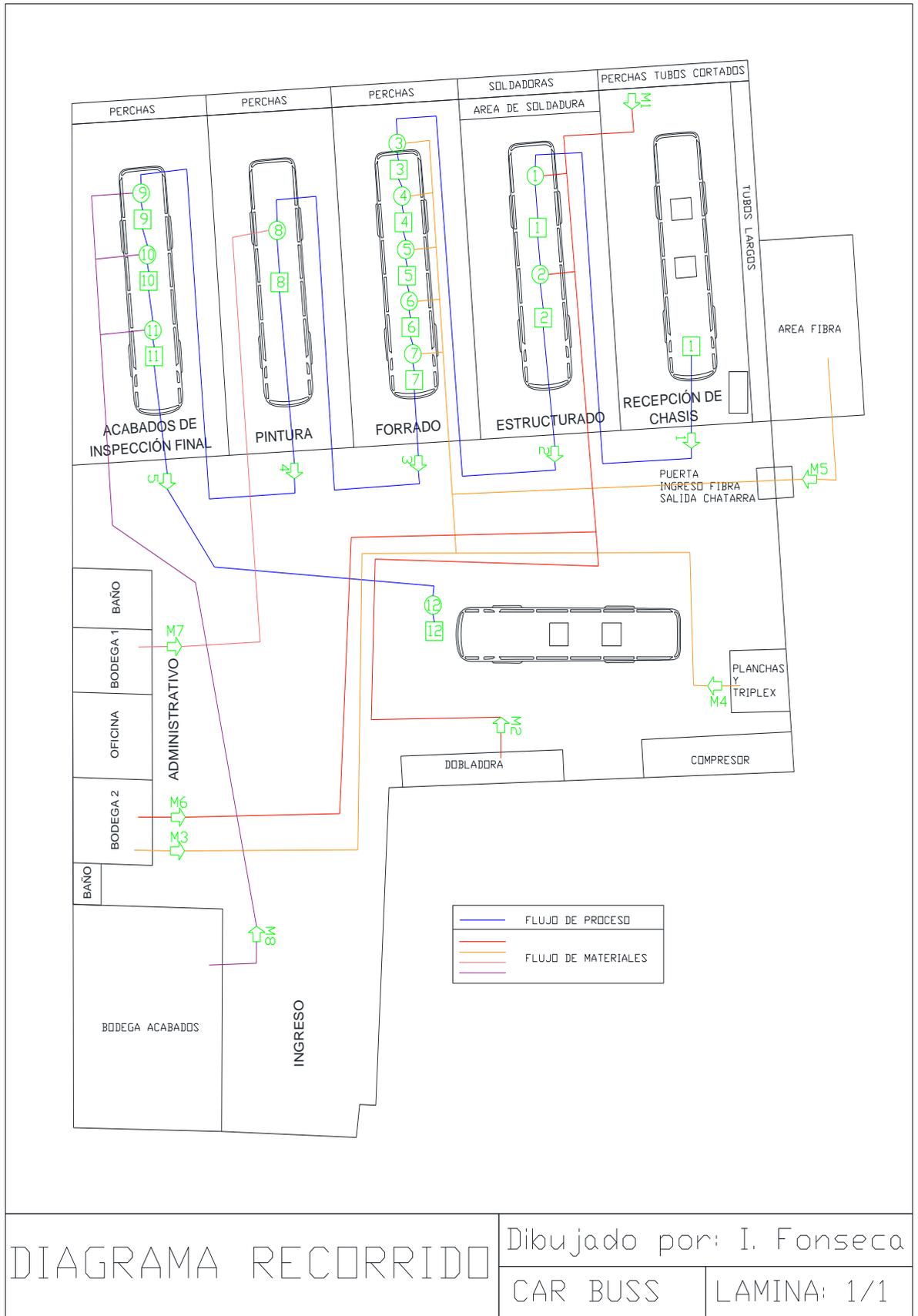


Figura 4-10: Diagrama Recorrido General – Elaboración Carrocería.

4.5.4 Diagrama de recorrido por área

En base a los análisis previos de cantidad de materiales y procesos por área, se realiza el estudio detallado del flujo de materiales en las áreas de estructurado, forrado y acabados. Para este análisis es necesario contrastar la información de los cursogramas sinópticos del estudio del proceso en el que se identifican los principales transportes de materiales entre las bodegas y las áreas de trabajo.

En la Figura 4-11 se muestra el flujo de materiales del área de estructurado, se identifica que las relaciones directas que se presentan son con las perchas de tubos cortados, área de soldadura, cortadora, dobladora y la bodega 2. Se estima un total de 11 relaciones de transporte, en el que una relación de transporte implica una o varios recorridos dependiendo la necesidad de materiales.

En la Figura 4-12 se muestra el flujo de materiales del área de forrado para los tres primeros procesos, se identifica que las relaciones directas que se presentan son con al área de fibra, área de planchas, dobladora y bodega 2. Se estima un total de 9 relaciones de transporte. En la Figura 4-13 se muestra el flujo de materiales del área de forrado para los siguientes tres procesos, se identifica que las relaciones directas que se presentan son con al área de fibra, área de planchas y bodega 2. Se estima un total de 6 relaciones de transporte. En la Figura 4-14 se muestra el flujo de materiales del área de forrado para los últimos tres procesos, se identifica que las relaciones directas que se presentan son con al área de fibra, área de planchas, perchas de tubos cortados y bodega 2. Se estima un total de 6 relaciones de transporte, en el que una relación de transporte implica una o varios recorridos dependiendo la necesidad de materiales.

En la Figura 4-15 se muestra el flujo de materiales del área de acabados, se identifica una sola relación directas con la bodega de acabados. Se estima un total de 5 relaciones de transporte, en el que una relación de transporte implica una o varios recorridos dependiendo la necesidad de materiales.

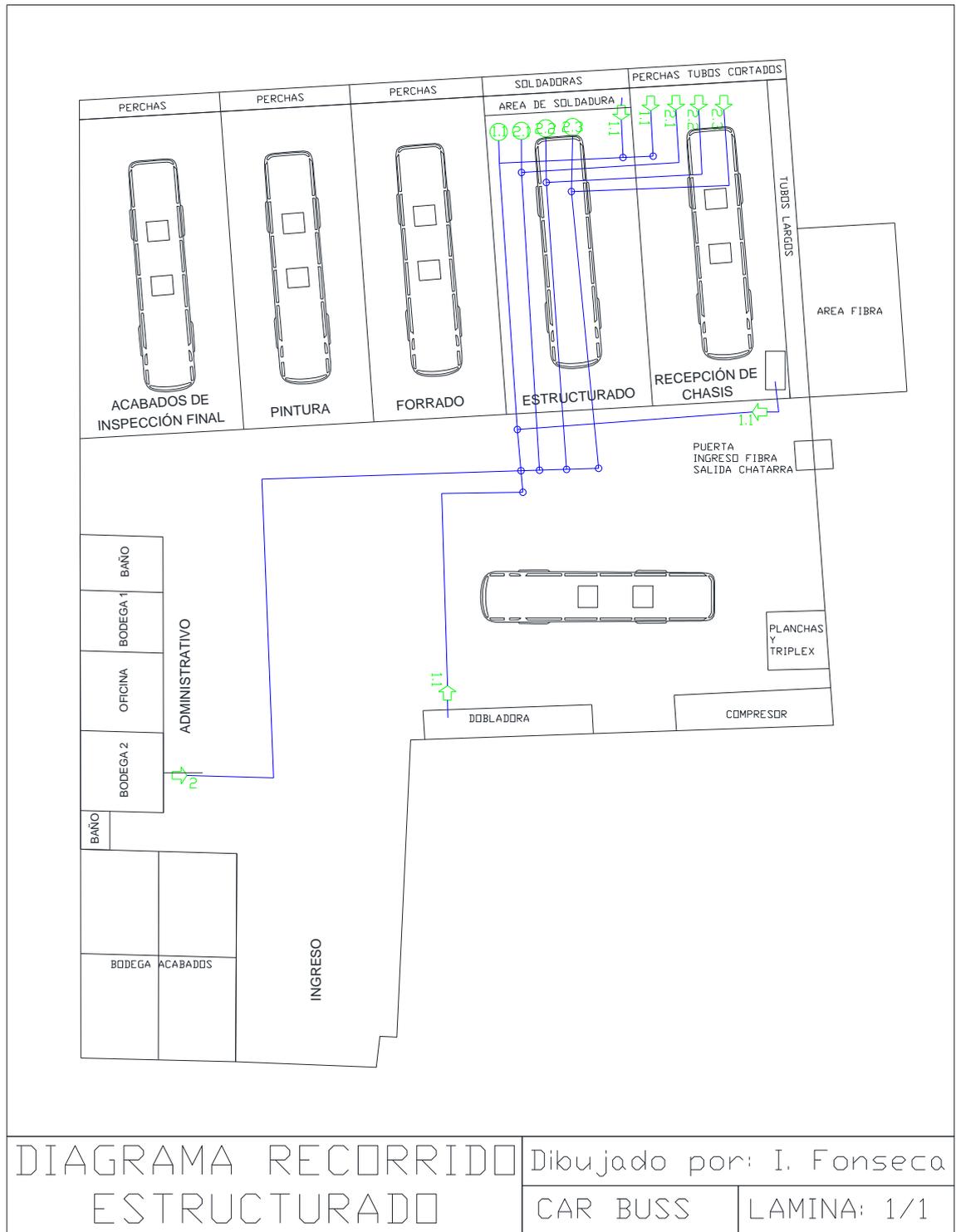


Figura 4-11: Diagrama Recorrido por Área - Estructurado.

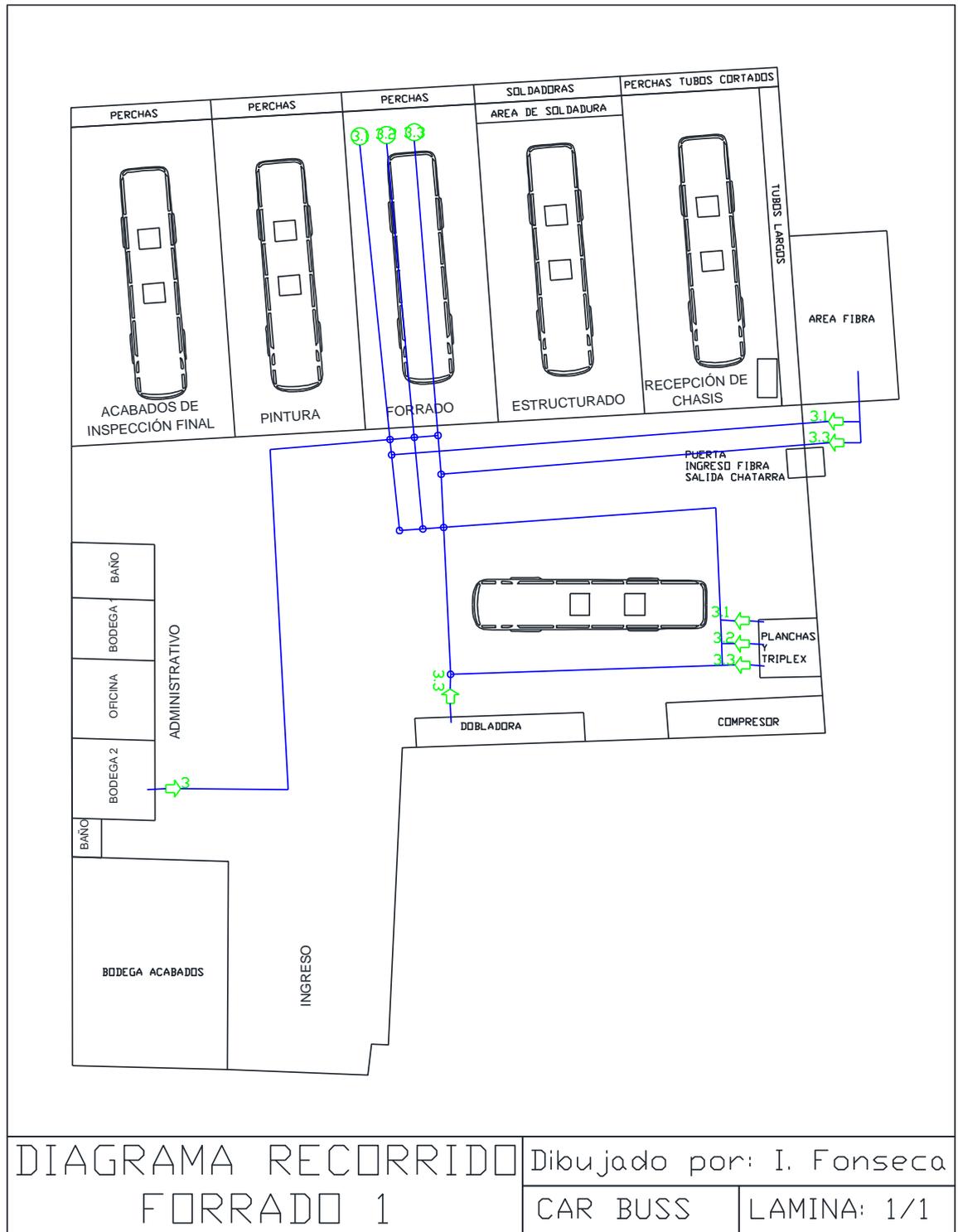


Figura 4-12: Diagrama Recorrido por Área – Forrado 1.

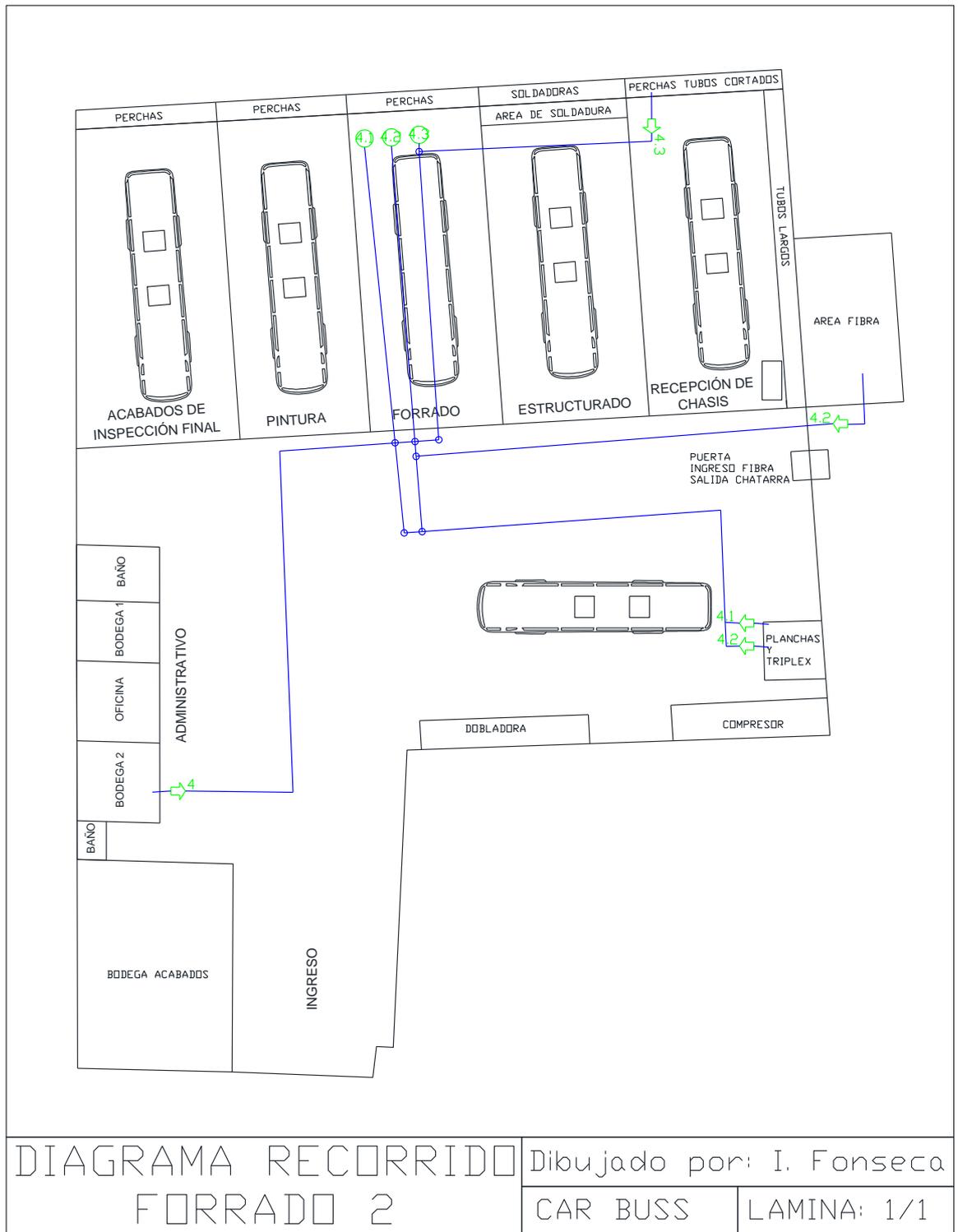


Figura 4-13: Diagrama Recorrido por Área – Forrado 2.

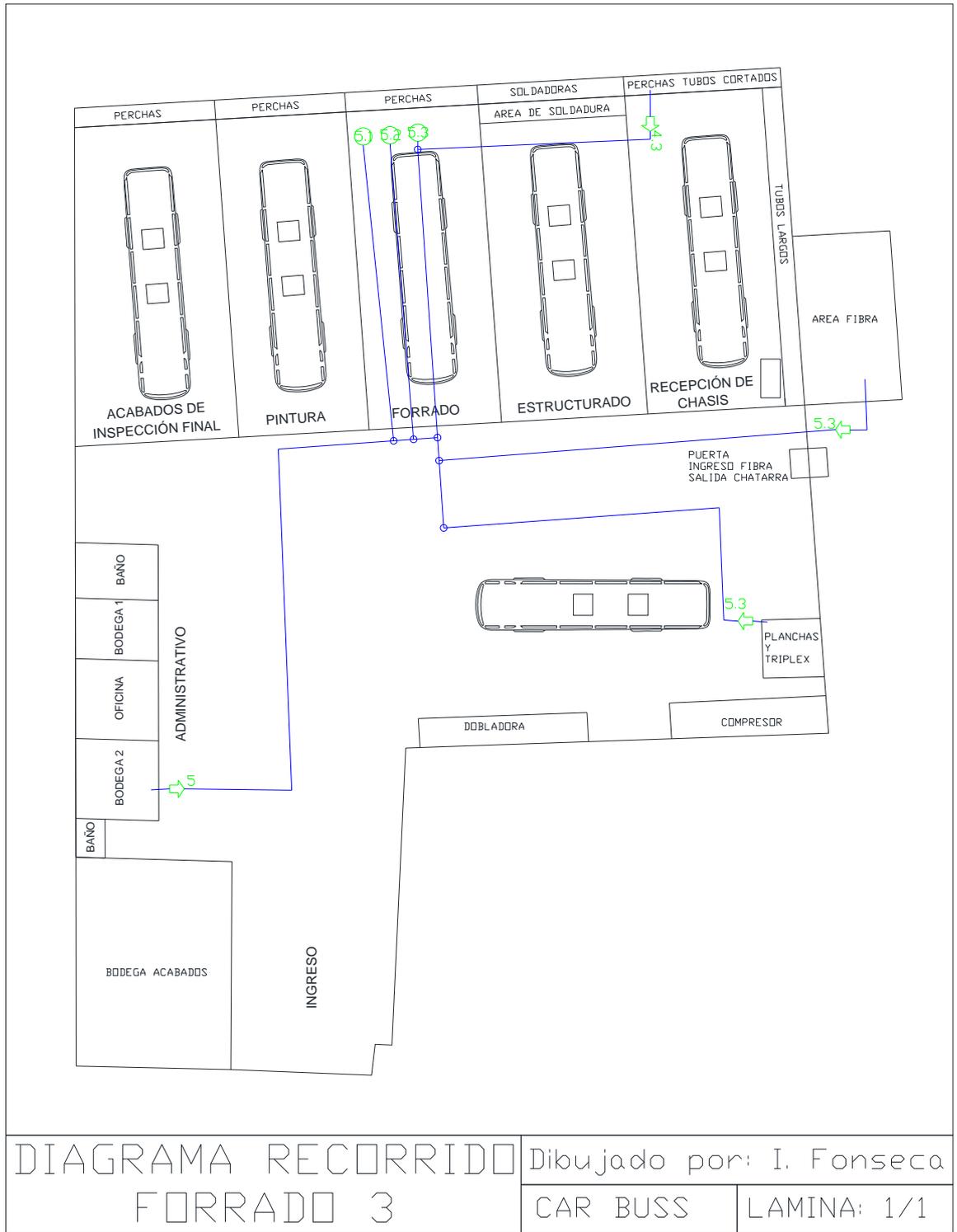


Figura 4-14: Diagrama Recorrido por Área – Forrado 3.

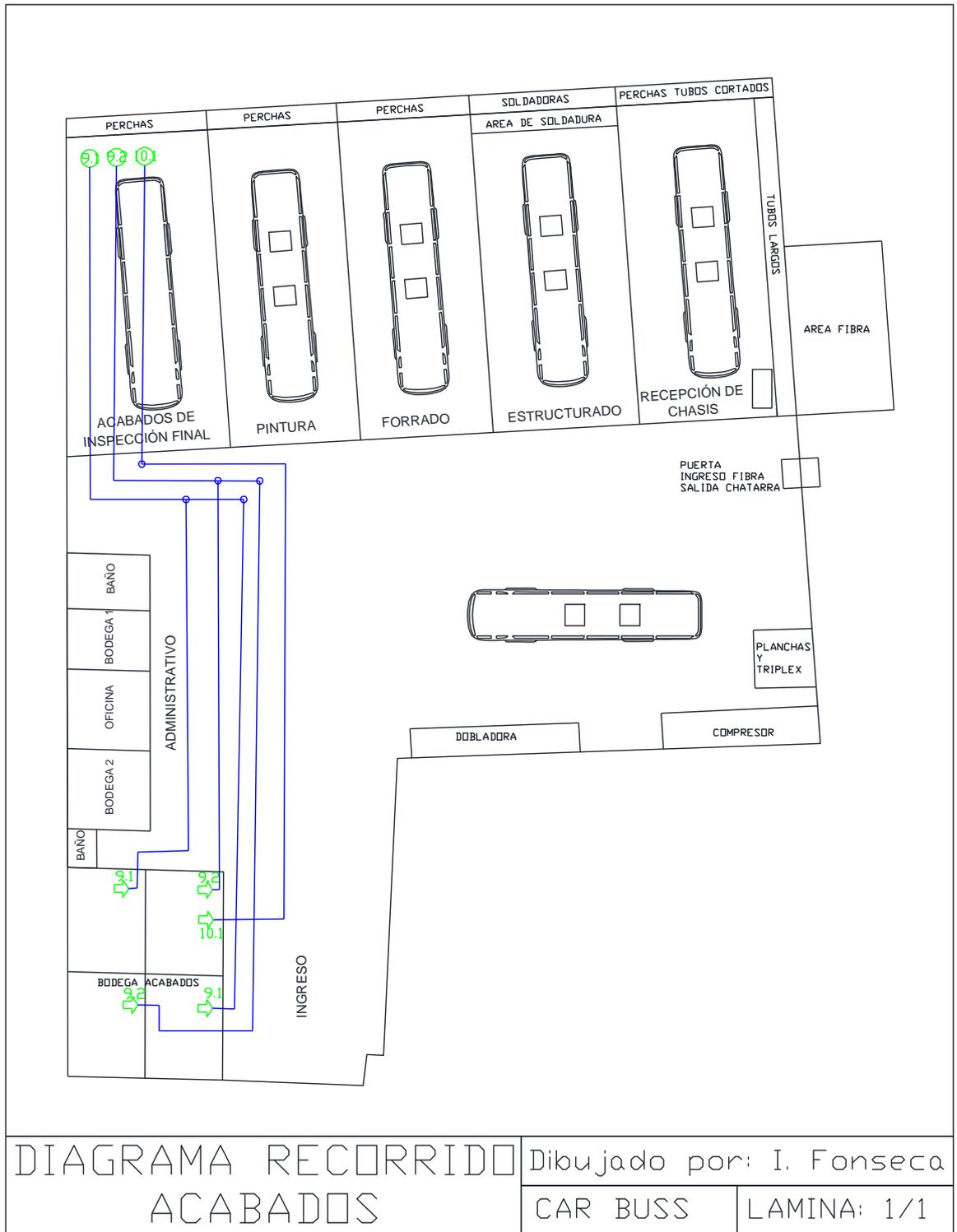


Figura 4-15: Diagrama Recorrido por Área – Acabados.

4.6 Desperdicios de producción y flujo de materiales

En esta sección, se identifican las características particulares del flujo de materiales desde el enfoque de Lean Manufacturing. Se determina el impacto de los movimientos dentro de la planta de producción con análisis de valor agregado y herramientas de análisis de flujo.

4.6.1 Análisis de valor agregado

En cada una de las etapas del proceso de elaboración de carrocerías se clasifica a las actividades desde tres puntos de vista: actividades innecesarias que no añaden valor (eliminarlas), actividades necesarias que no añaden valor (disminuirlas) y actividades necesarias que añaden valor al producto (aumentarlas).

En este contexto, se realiza el conteo y clasificación de actividades en la Tabla 4-6 en la que se identifica por tipo de proceso la cantidad que corresponde a cada uno. Se observa que existen 316 operaciones de las cuales 245 son necesarias y añaden valor al producto. Existen 25 inspecciones y 16 esperas de proceso debido a que el producto requiere de una alta precisión y calidad antes de la entrega al cliente.

Existen 55 transportes de material, de los cuales 5 son innecesarios y 49 necesarios teniendo en cuenta que ambas categorías no añaden valor al producto, por lo que es el enfoque de esta investigación optimizar su flujo alrededor de la planta de producción.

Tabla 4-6: CANTIDAD DE ACTIVIDADES POR TIPO.

	TIPO						Distintivo
	Cantidad	316	55	25	16	0	
Resumen	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	1	5	7	4	0	
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	63	49	16	14	0	
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	245	0	3	0	0	

La Tabla 4-7 muestra la cantidad de actividades que se realizan para la elaboración de una carrocería, se tiene un global de 407 a lo largo del proceso de producción debido a la complejidad de este tipo de producto.

Se observa que el proceso o área con mayor número de actividades es el forrado con 164 de las cuales 83 son necesarias y añaden valor al producto. La segunda área con mayor número de actividades es ensamble y anclaje con 83 de las cuales 56 son necesarias y añaden valor al producto.

Las áreas con menor número de actividades son instalaciones eléctricas y acople interno con 16 y 26 de las cuales 7 y 21 son necesarias y añaden valor al producto, respectivamente.

Tabla 4-7: RESUMEN VALOR AGREGADO POR ÁREA.

Cantidad	Global	ÁREAS						
		Ensamble y Anclaje	Forrado y Templado	Pre acabados	Acople Interno	Preperación y pintura	Acabados	Intalaciones eléctricas
Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	17	10	6	0	0	1	0	0
Actividad Necesaria, no añade valor al producto	142	16	75	6	5	21	10	9
Actividad Necesaria, añade valor al producto	248	56	83	29	21	10	42	7

En la Tabla 4-8 se calcula el ratio de valor agregado (RVA) que indica en valor porcentual la participación de cada una de las tres clasificaciones de actividades a partir del conteo que se realiza.

Se identifica un RVA global de 61%, del cual las áreas con mayor valor agregado son preacabados, acople interno y acabados con 83%, 81% y 81% respectivamente. El siguiente grupo de actividades son ensamble y forrado con 68% y 51%

respectivamente. Finalmente, las actividades con el menor RVA son instalaciones eléctricas y pintura con 44% y 31% respectivamente.

Se observa que en ensamble y anclaje se presenta el mayor porcentaje de actividades innecesarias con 12%, seguido de forrado con 4%.

Tabla 4-8: RATIO DE VALOR AGREGADO POR ÁREA.

Cantidad	Global	ÁREAS						
		Ensamble y Anclaje	Forrado y Templado	Pre acabados	Acople Interno	Preparación y pintura	Acabados	Instalaciones eléctricas
Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	4%	12%	4%	0%	0%	3%	0%	0%
Actividad Necesaria, no añade valor al producto	35%	20%	46%	17%	19%	66%	19%	56%
Actividad Necesaria, añade valor al producto	61%	68%	51%	83%	81%	31%	81%	44%

La Figura 4-16 muestra de forma visual los porcentajes de valor agregado en cada uno de los procesos para la elaboración de carrocerías.

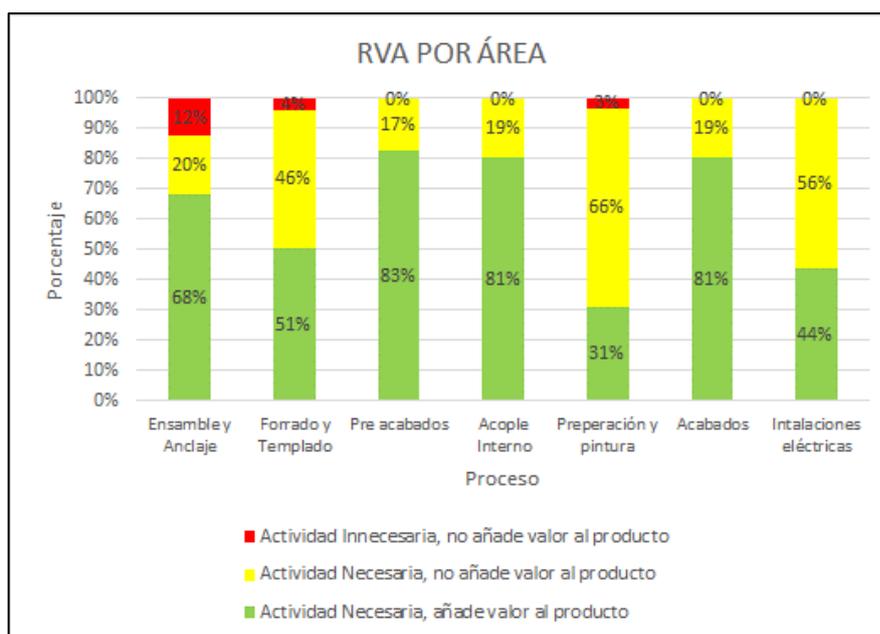


Figura 4-16: Detalle visual de valor agregado por área.

4.6.2 Análisis de intensidad

4.6.2.1 Hojas de ruta

Las hojas de ruta permiten identificar para cada material las relaciones de transporte que se presentan dentro de cada área.

Una vez que se identifica la lista de componentes de una carrocería y los diagramas de recorrido se analiza para cada material la cantidad de unidades requerida por producto a la que se denomina intensidad de flujo.

A partir de layout y en las instalaciones físicas se toman las distancias de recorrido para cada material, en esta investigación se toma como referencia recorridos en L, sin obstáculos y las distancias se calculan en línea recta.

Este estudio, permite realizar el levantamiento de las hojas de ruta para los materiales de los procesos de estructurado (Tabla 4-9), forrado (Tabla 4-10) y acabados (Tabla 4-11). Se identifican lugar de carga, distancia, lugar de descarga e intensidad de flujo.

4.6.2.2 Distancia total

En la Tabla 4-12 se calcula la distancia total para cada relación de transporte, se identifica en cada hoja de ruta la distancia individual de un área de abastecimiento y se multiplica por el número de veces que interactúa con el lugar de descarga. Por ejemplo, el área de perchas de tubos cortado en relación al área de estructurado tiene una distancia de 15,50 metros y cuenta con una presencia de 8 veces por lo que ambos valores se multiplican y se obtiene una distancia total de 124,00 metros.

Esta tabla de doble entrada permite visualizar las relaciones más fuertes entre áreas para que las propuestas de optimización se enfoquen en reducir su distancia. Se identifica que estructurado tiene mayor relación con perchas de tubos cortados, forrado con área de planchas y acabados con bodega acabados sección 2. En todos los casos la bodega 2 tiene alta relación con las tres áreas principales.

Tabla 4-9: HOJA DE RUTA MATERIALES ESTRUCTURADO.

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Estructurado				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA			FLUJO O MOVIMIENTO		REF	
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería		Forma de transporte
1	Ángulos de 40x3	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	15,5	Estructurado	10	Operario	E1
2	Faros delanteros	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	2	Operario	E2
3	Forro de fibra	Área de fibra	Recorrido en L, sin obstáculos	34,2	Estructurado	5	Operario	E3
4	Ganchos para fibrar	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	14	Operario	E4
5	Guardachoque	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	1	Operario	E5
6	Guardafangos de tol	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	31,5	Estructurado	4	Operario	E6
7	Mecanismos	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	1	Operario	E7

Tabla 4-9 HOJA DE RUTA MATERIALES ESTRUCTURADO (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Estructurado				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA				FLUJO O MOVIMIENTO		REF
Descripción	Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo	Forma de transporte		
					unidades/carrocería			
8	Parantes	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	15,5	Estructurado	11	Operario	E8
9	Platinas de 3/4 x 1/8	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	5	Operario	E9
10	Refuerzos	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	10	Operario	E10
11	Thinner	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	1	Operario	E11
12	Tol de 2 mm	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	31,5	Estructurado	5	Operario	E12
13	Tubos cuadrados de 100x50x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	15,5	Estructurado	4	Operario	E13
14	Tubos cuadrados de 50x50x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	15,5	Estructurado	20	Operario	E14

Tabla 4-9: HOJA DE RUTA MATERIALES ESTRUCTURADO (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa: Car Buss Yaulema Área: Estructurado						
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA				FLUJO O MOVIMIENTO		REF
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería	Forma de transporte	
15	Tubos cuadrados de 50x50x3	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	15,5	Estructurado	25	Operario	E15
16	Tubos de 100x50x3	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	15,5	Estructurado	2	Operario	E16
17	Tubos de 20x20x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	15,5	Estructurado	20	Operario	E17
18	Tubos de 40x40x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	15,5	Estructurado	20	Operario	E18
19	Placas	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	8	Operario	E19
20	Faldones	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	2	Operario	E20
21	Pintura anticorrosiva	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	2	Operario	E21
22	Fondo rojo	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	56	Estructurado	1	Operario	E22

Tabla 4-10: HOJA DE RUTA MATERIALES FORRADO.

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Forrado				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA			FLUJO O MOVIMIENTO		REF	
Descripción	Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo	Forma de transporte		
					unidades/carrocería			
1	Amortiguadores	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	16	Operario	F1
2	Bisagras	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	10	Operario	F2
3	Buster	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	6	Operario	F3
4	Caja de batería	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	1	Operario	F4
5	Cejas superiores de bodegas	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	6	Operario	F5
6	Chapas	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	8	Operario	F6
7	Claraboyas	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	2	Operario	F7

Tabla 4-10: HOJA DE RUTA MATERIALES FORRADO (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Forrado				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA			FLUJO O MOVIMIENTO		REF	
Descripción	Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo	Forma de transporte		
					unidades/carrocería			
8	Consola	Área de fibra	Recorrido en L, sin obstáculos	41,5	Forrado	1	Operario	F8
9	Esponja	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	2	Operario	F9
10	Forro de fibra	Área de fibra	Recorrido en L, sin obstáculos	41,5	Forrado	12	Operario	F10
11	Guardalodos de lona	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	4	Operario	F11
12	Guías	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	24	Operario	F12
13	Mecanismos	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	26	Operario	F13
14	Motor de plumas	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	1	Operario	F14

Tabla 4-10: HOJA DE RUTA MATERIALES FORRADO (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Forrado				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA			FLUJO O MOVIMIENTO		REF	
Descripción	Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo	Forma de transporte		
					unidades/carrocería			
15	Pegamento	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	3	Operario	F15
16	Placas de 1/4	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	38,7	Forrado	5	Operario	F16
17	Platinas de 3/4 x 3/16	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	38,7	Forrado	5	Operario	F17
18	Portamatela	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	38,7	Forrado	2	Operario	F18
19	Refuerzos de tol 1/16	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	38,7	Forrado	5	Operario	F19
20	Remache	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	1000	Operario	F20
21	Sikaflex	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	24	Operario	F21

Tabla 4-10: HOJA DE RUTA MATERIALES FORRADO (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema		FLUJO O MOVIMIENTO		REF
		Área:		Forrado				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA						
Descripción	Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo	Forma de transporte		
					unidades/carrocería			
22	Tabla MDF	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	38,7	Forrado	8	Operario	F22
23	Tablero	Área de fibra	Recorrido en L, sin obstáculos	41,5	Forrado	1	Operario	F23
24	Tanque de combustile	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	1	Operario	F24
25	Tol de 1/16	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	38,7	Forrado	5	Operario	F25
26	Tol de 1/20	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	38,7	Forrado	5	Operario	F26
27	Tol de 2 mm	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	38,7	Forrado	6	Operario	F27
28	Tornillos	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	1000	Operario	F28

Tabla 4-10: HOJA DE RUTA MATERIALES FORRADO (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Forrado				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA				FLUJO O MOVIMIENTO		REF
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo	Forma de transporte	
						unidades/carrocería		
29	Tubos cuadrados de 50x25x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	22,8	Forrado	10	Operario	F29
30	Tubos cuadrados de 50x25x3	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	22,8	Forrado	15	Operario	F30
31	Tubos de 20x20x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	22,8	Forrado	10	Operario	F31
32	Tubos de 40x20x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	22,8	Forrado	15	Operario	F32
33	Tubos de 40x40x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	22,8	Forrado	15	Operario	F33
34	Tubos de 60x40x2	Perchas tubos cortados	Recorrido en L, sin obstáculos	22,8	Forrado	5	Operario	F34
35	Puertas	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	48,2	Forrado	2	Operario	F35

Tabla 4-11: HOJA DE RUTA MATERIALES ACABADOS.

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Acabados				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA			FLUJO O MOVIMIENTO		REF	
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería		Forma de transporte
1	Asientos	Bodega acabados sección 1	Recorrido en L, sin obstáculos	49,8	Acabados	45	Operario	A1
2	Bandejas portamaletas	Bodega acabados sección 1	Recorrido en L, sin obstáculos	49,8	Acabados	2	Operario	A2
3	Barrederas	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A3
4	Basurero	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A4
5	Bloqueos	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A5
6	Buster	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	2	Operario	A6
7	Cables	Bodega acabados sección 4	Recorrido en L, sin obstáculos	50,3	Acabados	3	Operario	A7

Tabla 4-11: HOJA DE RUTA MATERIALES ACABADOS (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa: Car Buss Yaulema						
		Área: Acabados						
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA				FLUJO O MOVIMIENTO		REF
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería	Forma de transporte	
8	Caucho para puertas de bodegas	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A8
9	Cortinas	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	22	Operario	A9
10	Cuerina	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A10
11	Faros delanteros	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	2	Operario	A11
12	Faros posteriores	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	2	Operario	A12
13	Focos fluorescentes	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	2	Operario	A13
14	Grada neumática	Bodega acabados sección 1	Recorrido en L, sin obstáculos	49,8	Acabados	1	Operario	A14

Tabla 4-11: HOJA DE RUTA MATERIALES ACABADOS (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa: Car Buss Yaulema						
		Área: Acabados						
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA				FLUJO O MOVIMIENTO		REF
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería	Forma de transporte	
15	Guías	Bodega acabados sección 1	Recorrido en L, sin obstáculos	49,8	Acabados	1	Operario	A15
16	Instrumentos de control	Bodega acabados sección 4	Recorrido en L, sin obstáculos	50,3	Acabados	1	Operario	A16
17	Interruptores	Bodega acabados sección 4	Recorrido en L, sin obstáculos	50,3	Acabados	5	Operario	A17
18	Limpia parabrisas	Bodega acabados sección 3	Recorrido en L, sin obstáculos	46,6	Acabados	1	Operario	A18
20	Luces	Bodega acabados sección 4	Recorrido en L, sin obstáculos	50,3	Acabados	14	Operario	A20
21	Martillo rompe vidrio	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	6	Operario	A21
22	Nebliner	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	2	Operario	A22

Tabla 4-11: HOJA DE RUTA MATERIALES ACABADOS (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Acabados				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA			FLUJO O MOVIMIENTO		REF	
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería		Forma de transporte
23	Números de asientos	Bodega acabados sección 1	Recorrido en L, sin obstáculos	49,8	Acabados	45	Operario	A23
24	Pantallas	Bodega acabados sección 4	Recorrido en L, sin obstáculos	50,3	Acabados	1	Operario	A24
25	Parabrisas	Bodega acabados sección 3	Recorrido en L, sin obstáculos	46,6	Acabados	2	Operario	A25
26	Parasol	Bodega acabados sección 3	Recorrido en L, sin obstáculos	46,6	Acabados	1	Operario	A26
27	Parlantes	Bodega acabados sección 4	Recorrido en L, sin obstáculos	50,3	Acabados	4	Operario	A27
28	Pernos	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	35,6	Acabados	8	Operario	A28
29	Persiana	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A29

Tabla 4-11: HOJA DE RUTA MATERIALES ACABADOS (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa: Car Buss Yaulema						
		Área: Acabados						
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA				FLUJO O MOVIMIENTO		REF
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería	Forma de transporte	
30	Platinas de 1 1/2 x 1/4	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	35,6	Acabados	1	Operario	A30
31	Poma de agua plumas	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A31
32	Porta basurero	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A32
33	Porta interruptores	Bodega acabados sección 4	Recorrido en L, sin obstáculos	50,3	Acabados	5	Operario	A33
34	Porta martillo	Bodega acabados sección 3	Recorrido en L, sin obstáculos	46,6	Acabados	6	Operario	A34
35	Portamatela	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	2	Operario	A35
36	Portavasos	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	2	Operario	A36

Tabla 4-11: HOJA DE RUTA MATERIALES ACABADOS (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Acabados				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA			FLUJO O MOVIMIENTO		REF	
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería		Forma de transporte
37	Remache	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	35,6	Acabados	1000	Operario	A37
38	Retrovisores	Bodega acabados sección 3	Recorrido en L, sin obstáculos	46,6	Acabados	2	Operario	A38
39	Sikaflex	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	35,6	Acabados	2	Operario	A39
40	Tablero	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	1	Operario	A40
41	Tapas	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	35,6	Acabados	2	Operario	A41
42	Teflón	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	35,6	Acabados	1	Operario	A42
43	Tol de 1/16	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	53,5	Acabados	5	Operario	A43

Tabla 4-11: HOJA DE RUTA MATERIALES ACABADOS (Continuación).

HOJA DE RUTA		Empresa:		Car Buss Yaulema				
		Área:		Acabados				
CLASE DE MATERIAL		UBICACIÓN DE LA RUTA			FLUJO O MOVIMIENTO		REF	
Descripción		Lugar de carga	Situación	Distancia: metros	Lugar de Descarga	Intensidad de Flujo unidades/carrocería		Forma de transporte
44	Tol de 1/20	Área de planchas	Recorrido en L, sin obstáculos	53,5	Acabados	5	Operario	A44
45	Tornillos	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	35,6	Acabados	1000	Operario	A45
46	Tuercas	Bodega 2	Recorrido en L, sin obstáculos	35,6	Acabados	10	Operario	A46
47	Válvulas para aire	Bodega acabados sección 2	Recorrido en L, sin obstáculos	46	Acabados	8	Operario	A47
48	Puertas	Bodega acabados sección 1	Recorrido en L, sin obstáculos	49,8	Acabados	2	Operario	A48

Tabla 4-12: DISTANCIA TOTAL ENTRE ÁREAS EN METROS.

Áreas intermedias Áreas principales	Estructurado	Forrado	Acabados
Perchas tubos cortados (PC)	124,00 m	136,8 m	
Bodega 2 (B2)	616 m	867,6 m	284,8 m
Área de fibra (AF)	34,2 m	124,5 m	
Área de planchas (AP)	63 m	309,6 m	107 m
Bodega acabados sección 1 (BA1)			298,8 m
Bodega acabados sección 2 (BA2)			874 m
Bodega acabados sección 3 (BA3)			233 m
Bodega acabados sección 4 (BA4)			352,1 m

4.6.2.3 Diagramas distancia vs intensidad

Para identificar de forma visual las relaciones entre áreas se grafica los pares ordenados que se forman con la distancia e intensidad. En el eje de las X se ubica la distancia en metros y en el eje de las Y se ubica la intensidad en und/carrocería. Se observa en la Figura 4-17 que el área de perchas de tubos cortados tiene menor distancia de recorrido, pero la mayor intensidad de flujo y la bodega 2 la mayor distancia con una considerable intensidad.

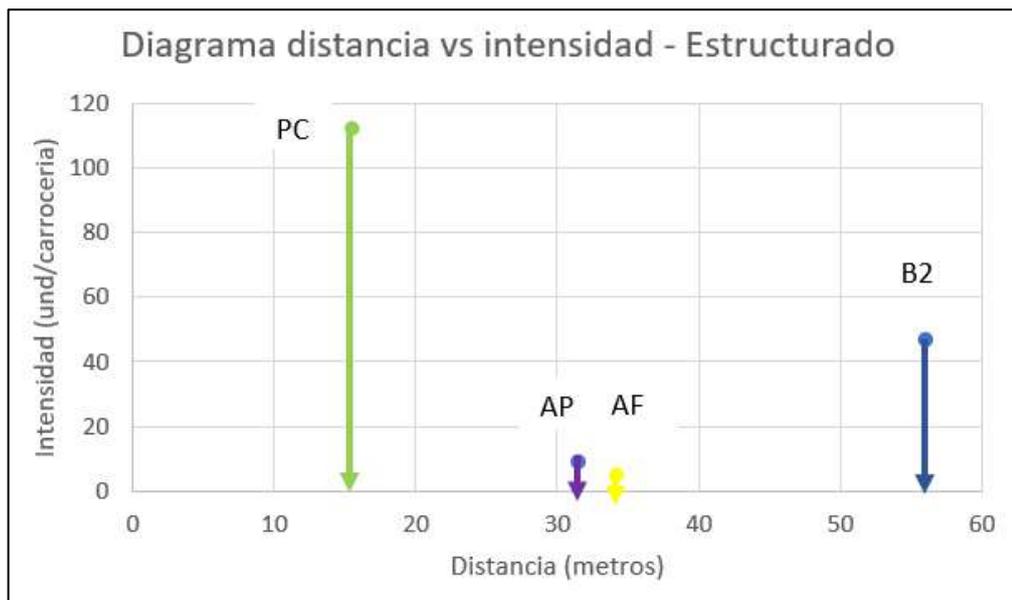


Figura 4-17: Diagrama distancia vs intensidad - Estructurado.

Se observa en la Figura 4-18 que el área de perchas de tubos cortados tiene menor distancia de recorrido con una considerable intensidad de flujo y la bodega 2 la mayor distancia y mayor intensidad de flujo.

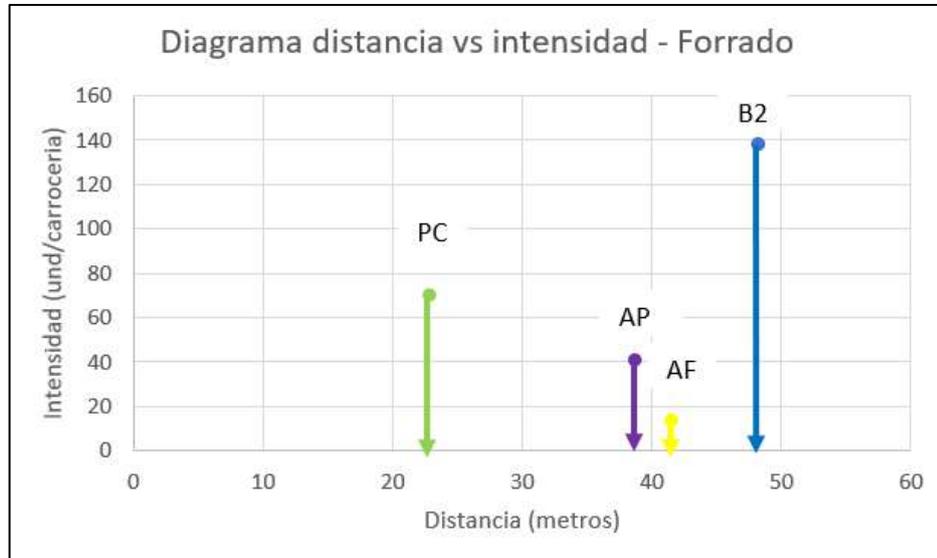


Figura 4-18: Diagrama distancia vs intensidad - Forrado.

Se observa en la Figura 4-19 que la bodega 2 tiene menor distancia de recorrido con poca intensidad de flujo y la bodega acabados sección 1 tiene la mayor intensidad de flujo.

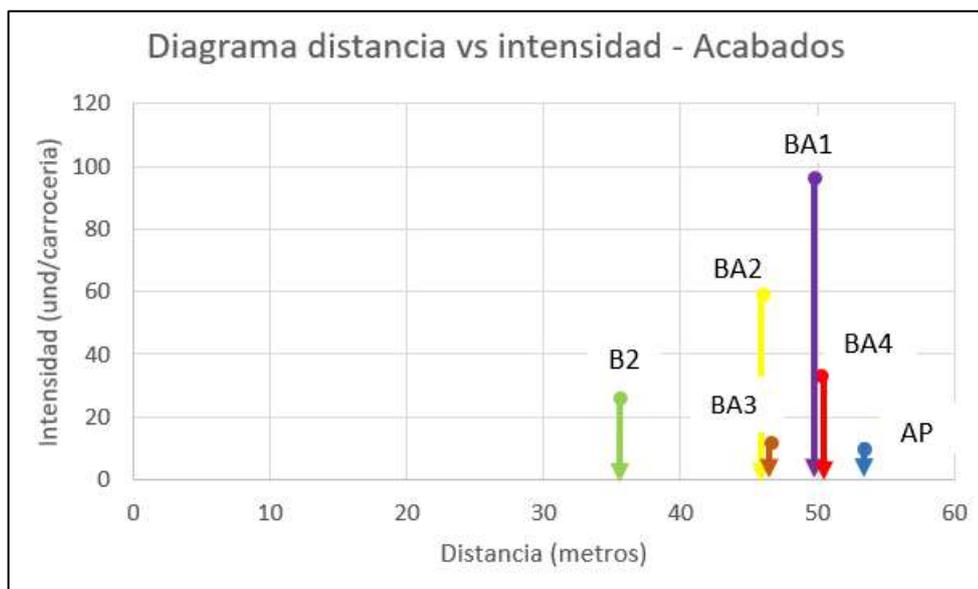


Figura 4-19: Diagrama distancia vs intensidad - Acabados.

4.6.3 Análisis origen - destino

La tabla origen destino permite señalar la cantidad de unidades por carrocería que se mueven entre áreas. Se identifica que estructurado tiene conexiones con cuatro áreas de almacenamiento, forrado con cuatro áreas, pintura con una sola área, acabados con 6 áreas de almacenamiento y producto terminado con ninguna pues no se considera el patio de la planta donde se ubica la carrocería.

Entre las principales áreas se mueve una carrocería en secuencia desde recepción de chasis hasta producto terminado y no existe retrocesos en este caso.

Tabla 4-13: ORIGEN - DESTINO.

		DESTINO															#	Descripción	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
ORIGEN	1	1															1	Recepción Chasis	
	2		1															2	Estructurado
	3			1														3	Forrado
	4				1													4	Pintura
	5					1												5	Acabados
	6						1											6	Producto terminado
	7		112	70				1										7	Perchas tubos cortados
	8			5	14				1									8	Área de fibra
	9			9	41	10				1								9	Área de planchas
	10					1					1							10	Bodega 1
	11			47	138		26					1						11	Bodega 2
	12						96						1					12	Bodega acabados sección 1
	13						59							1				13	Bodega acabados sección 2
	14						12								1			14	Bodega acabados sección 3
	15						33										1	15	Bodega acabados sección 4

4.6.4 Diagrama de identificación de desperdicio

Los análisis previos son las entradas para la diagramación del proceso con enfoque en los desperdicios y el flujo de materiales. En este diagrama se puede observar de forma gráfica las intensidades de flujo entre áreas, distancias de recorrido y los puntos de aplicación de los principios de flujo de materiales. En la figura 4-20 se muestra el diagrama de identificación de desperdicio y flujo de materiales de la empresa Car Buss Yaulema.

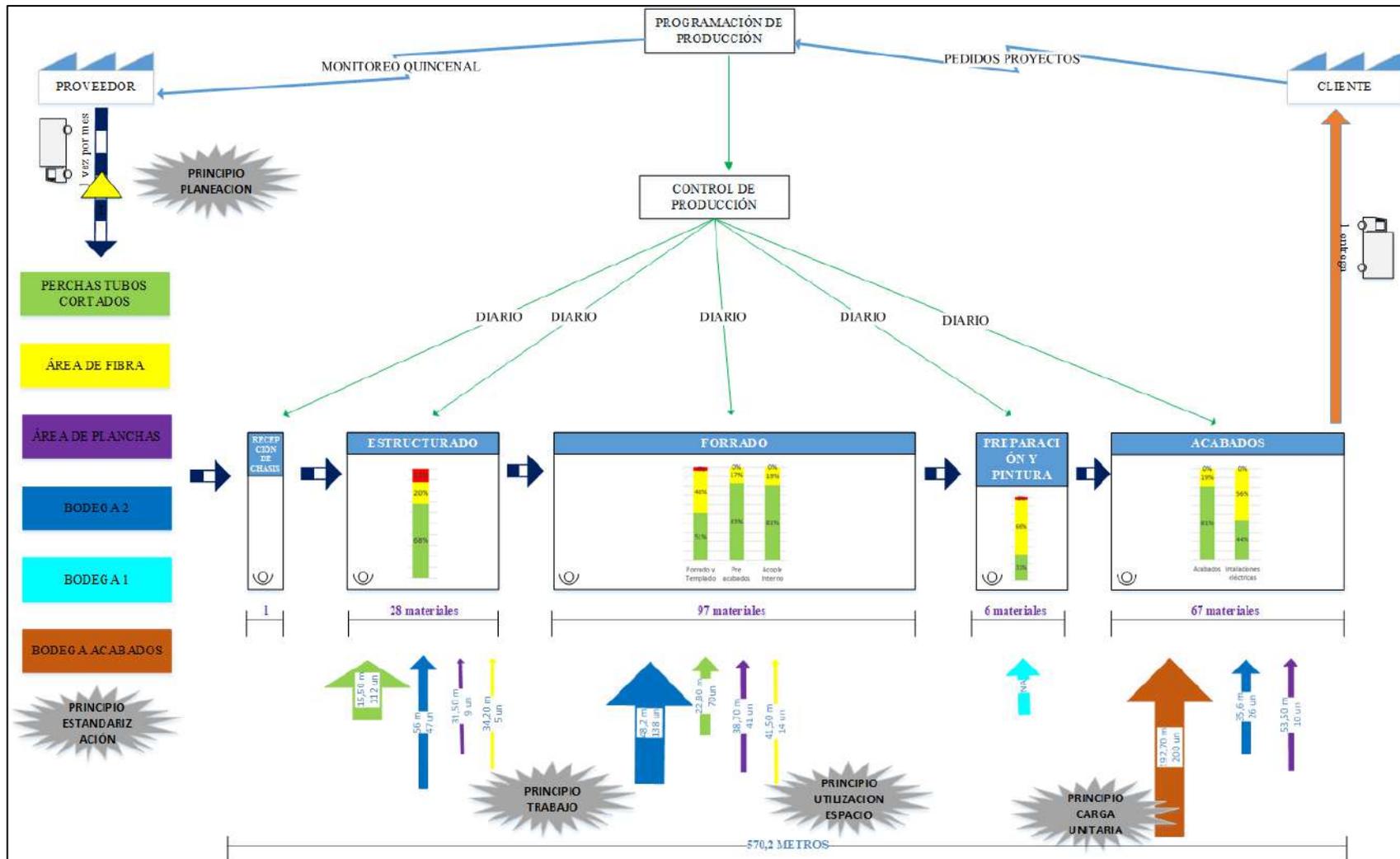


Figura 4-20: Diagrama de identificación de desperdicio y flujo de materiales.

4.7 Análisis de diseño de fábrica actual

En esta sección se usa FlowPlanner el cual es un complemento de AutoCAD para el análisis de distancias recorridas y nivel de tráfico. Se mapea el flujo actual de materiales y se obtiene una evaluación del diseño.

4.7.1 Mapeo en flow planner actual

FlowPlanner es un add-in desarrollado para AutoCad el cual permite dibujar el flujo de material a través de la planta y calcular la distancia aproximada de ese flujo. La herramienta parte del supuesto de que es difícil reducir o eliminar lo que no se puede ver, FlowPlanner ayuda a visualizar el flujo y está diseñado para ingenieros que se encargan del análisis de diseño de instalaciones industriales.

Para iniciar el estudio se cuenta con un dibujo muy aproximado de las áreas de trabajo de la empresa con las respectivas rutas de transporte. La base de la herramienta es el calculo de distancias tomadas del dibujo por lo que la realización del plano en AutoCad cuenta con las medidas reales de la instalación industrial.

Flujo interdepartamental

La herramienta requiere que se ingrese como una de las entradas el flujo interdepartamental en el cual se debe indicar el material a mover, la locación de origen, la locación de destino y la cantidad a mover por lo que se requiere ubicar en el formato que solicita el software la información que se obtiene en las Tablas 4-10, 4-11, 4-12 y 4-13.

La Tabla 4-14 muestra un extracto de como se ingresa la información a FlowPlanner, se requieren 10 campos: *routings* corresponde al tipo de producto que se analiza, *user defined* por defecto 1, *part* corresponde al material a mover, *flow%* por defecto 100%, *from* corresponde a la locación origen, *method* indica el método para mover, *container* indica el contenedor en el que se mueve, *container/trip* corresponde a la cantidad de contenedores por viaje, *parts/container* corresponde a la cantidad de partes que se mueven y *to* indica a locación de origen. El resto de datos se indican en el Anexo 25.

Tabla 4-14: FLUJO PARA FLOW PLANNER.

ROUTINGS (Product)	User Defined	Part	Flow%	From	Method	Container	Containers/Trip	Parts/Container	To
Interprovincial	1	ANGULOS-40X3	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	10	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	FAROS- DELANTEROS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	2	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	FORRO-FIBRA	100	AREA- FIBRA	CAMINANDO	COCHE- FIBRA	1	5	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	GANCHOS- FIBRAR	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	14	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	GUARDACHOQUE	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	GUARDAFANGOS- TOL	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	4	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	MECANISMOS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	PARANTES	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	11	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	PLATINAS-3/4-1/8	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	5	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	REFUERZOS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	10	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	THINNER	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TOL-2MM	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	5	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TUBOS- CUADRADOS- 100x50x2	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	4	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TUBOS- CUADRADOS- 50x50x2	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	20	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TUBOS- CUADRADOS- 50x50x3	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	25	ESTRUCTURADO

Lista de materiales

El archivo que contiene el flujo interdepartamental se carga en formato .CSV a la herramienta y el siguiente paso es indicar la lista de materiales del producto en la figura 4-21. En esta pestaña se indica al software el periodo de análisis que para el caso es ANUAL y la cantidad de producto terminado para el periodo, en este caso 16 UNIDADES INTERPROVINCIALES. En la sección derecha de esta pestaña se ingresa las cantidades que ingresan para la elaboración de este tipo de carrocería.

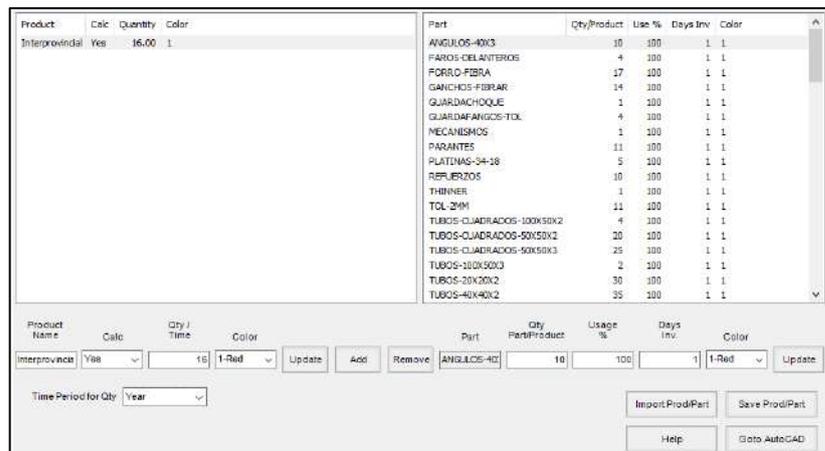


Figura 4-21: Lista de Materiales en FlowPlanner.

Locaciones

En la herramienta se debe ubicar las coordenadas de las áreas que integran el flujo de materiales en la Figura 4-22. En este estudio se cuenta con 11 locaciones distribuidas así: la sección de procesos con: estructurado, forrado y acabados; la sección subensambles con: tubos cortados, área de fibra y área de planchas; la sección bodegas con: bodega2, bodega acabados sección1, bodega acabados sección 2, bodega acabados sección 3, bodega acabados sección4.

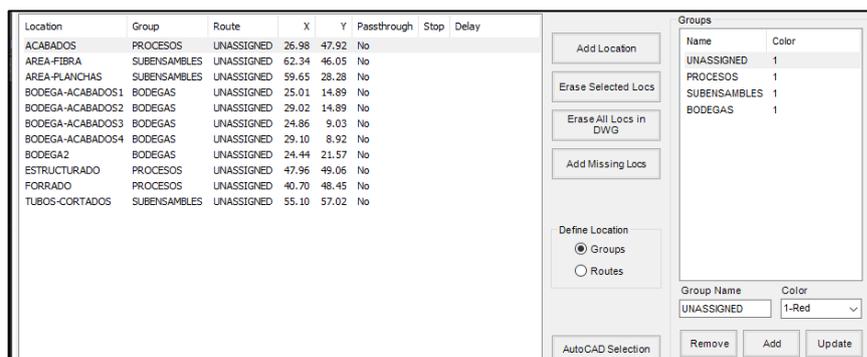


Figura 4-22: Locaciones en FlowPlanner.

Pasillos y Rutas

El software permite indicar dentro del dibujo los pasillos por los cuales se mueve los materiales y asigna a cada locación una ruta específica a través del algoritmo de la ruta más corta entre dos puntos. La Figura 4-23 muestra la diagramación de los pasillos y la asignación a cada ruta.

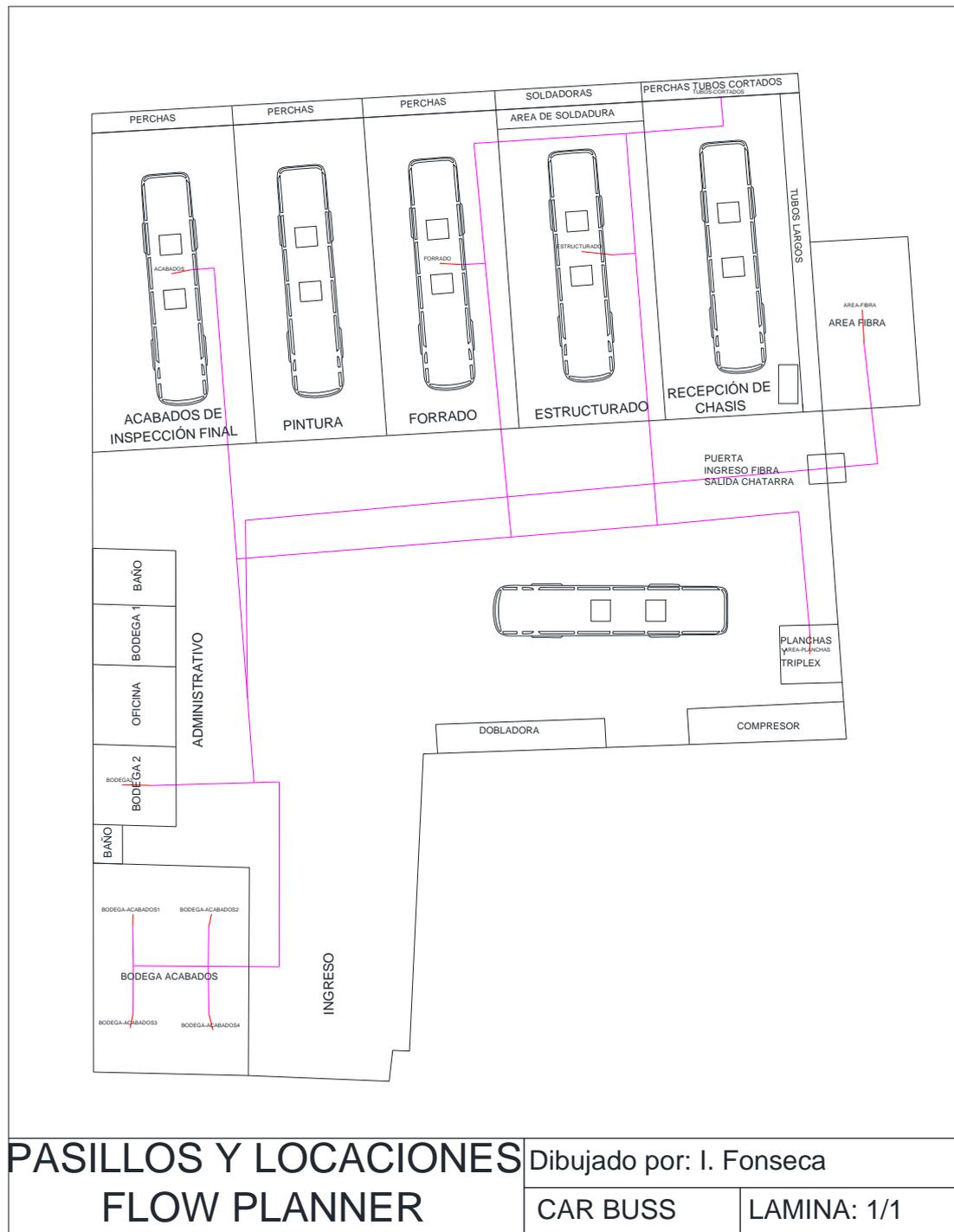


Figura 4-23: Pasillos y asignación a locaciones en FlowPlanner.

Métodos

Finalmente, se ingresa la forma de movilización de los materiales en la Figura 4-24 para lo cual esta investigación considera el transporte de materiales por los operarios caminando. Los tiempos de carga y descarga de materiales son de 3 minutos según operación estándar de trabajo de Car Buss Yaulema y la velocidad promedio de movilización es de 0,7 m/s según Anexo 26. Además, en esta pestaña se ingresa el costo por hora de los operarios de Car Buss Yaulema con un valor de \$50; este dato indica el costo total por una hora de trabajo de todos los operarios al mismo tiempo según Anexo 26.

Method	Calc	Qty	Type	Load (secs)	Unload (secs)	Start Loc	Color
CAMINANDO	Yes	1.00	CAMINAR	90	90	TUBOS-CORTADOS	1

Method Name	Calc	Qty	Method Type	Load Process	UnLoad Process	Start Loc	Color	Update	Add	Remove
CAMINANDO	Yes	1	CAMINAR	90	90	TUBOS-COR	1-Red			

Type	Qty	Eff. %	Max (min)	Fixed\$	Variable\$	Straight Speed (M/s)	Accel/Decel (M/s*2)	Turn Angle (deg)	Aisle Path Layer	Color
CAMINAR	1.00	50	115200	0	50	0.7	0.3	120	PF_AISLEPATH	1

Figura 4-24: Método de movilización de materiales en FlowPlanner.

4.7.2 Nivel de tráfico actual

La herramienta permite realizar tres estudios de flujo de material: straight flow, aisle flow y congestion flow.

Estudio con Straight Flow

Esta opción indica el flujo interdepartamental sin considerar el movimiento por los pasillos. Las líneas de mayor ancho representan mayor concentración de flujo y viceversa.

Se observa en la Figura 4-25 que la mayor concentración de flujo se da entre las bodegas de acabados y el proceso acabados. Con menor intensidad se tiene el flujo desde la bodega 2 hacia sus trea áreas cliente: estructurado, forrado y acabados, para el caso de subensambles la concentración de flujo es menor.



Figura 4-25: Flujo Actual con Straigh Flow.

Estudio con Aisle Flow

Esta opción considera la restricción del movimiento solo por los pasillos de las instalaciones. Se observa en la Figura 4-26 que el pasillo para las bodegas de acabados y bodega 2 es compartido y existe la maypr concentración de flujo.

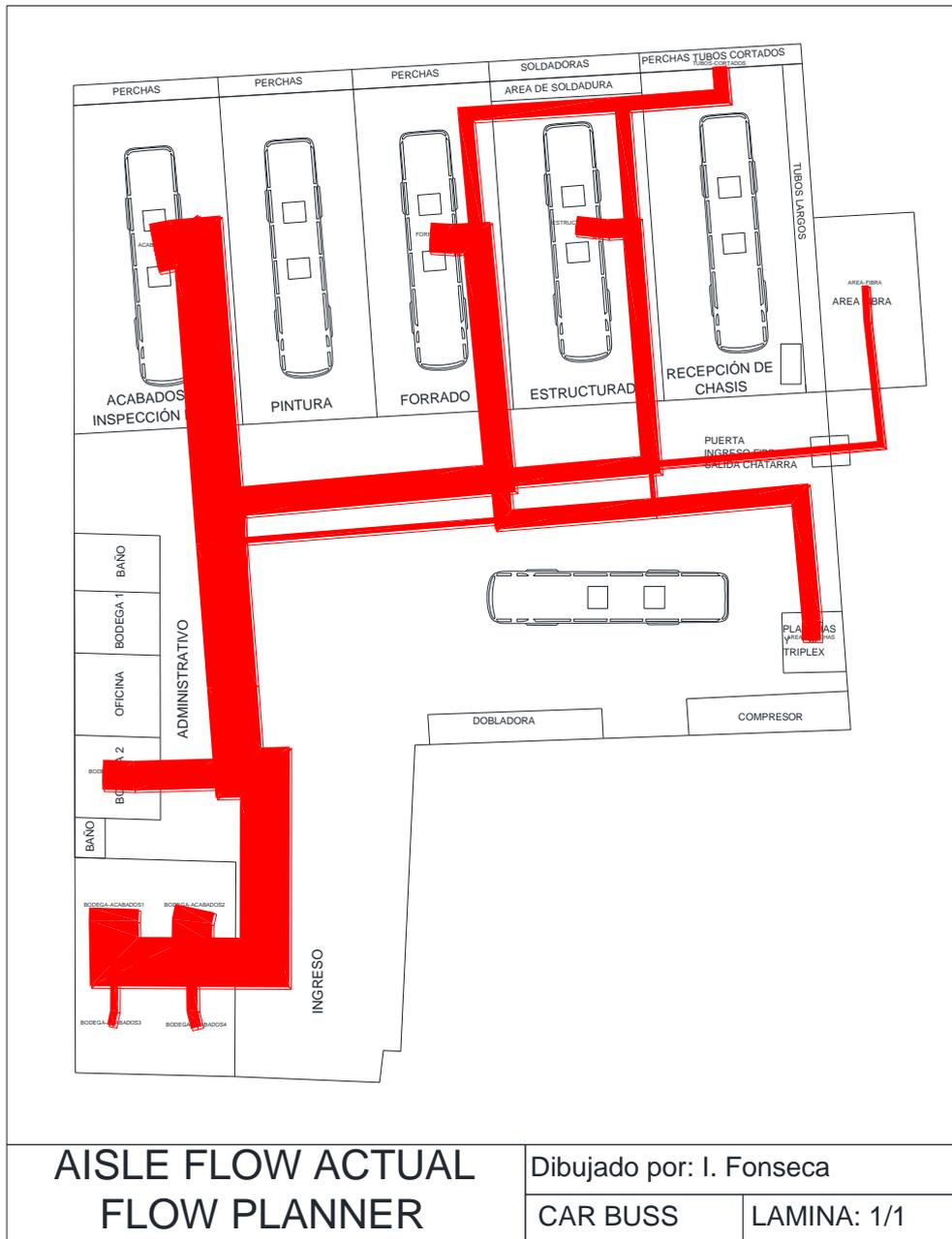


Figura 4-26: Flujo Actual con Aisle Flow.

Estudio con Congestion Flow

Esta opción permite observar el nivel de relación entre áreas y el nivel de congestión que existe entre los pasillos que las comunican. Se usa un sistema de colores para indicar la el grado de congestión o tráfico; así:

- < 51% - Color Celeste
- < 71% - Color Azul
- < 85% - Color Verde
- < 96% - Color Amarillo
- <100% - Color Rojo

Se observa en la Figura 4-27 que, entre las áreas de tubos cortados, área de fibra, área de planchas y los procesos de estructurado y forrado existe un nivel de tráfico <51% representado con el color celeste.

La relación entre la bodega 2 y el área de forrado tiene un nivel de trafico entre 51% y 71% representado con el color azul y <51% para la relación con el área de estructurado y acabados.

Las secciones de la bodega de acabados tienen distintas relaciones con el área de acabados, en el que se observa que existe una relación >96% y <100% para la sección 1 representado con color rojo, seguido de la sección 2 con color verde y finalmente las secciones 3 y 4 con color celeste.

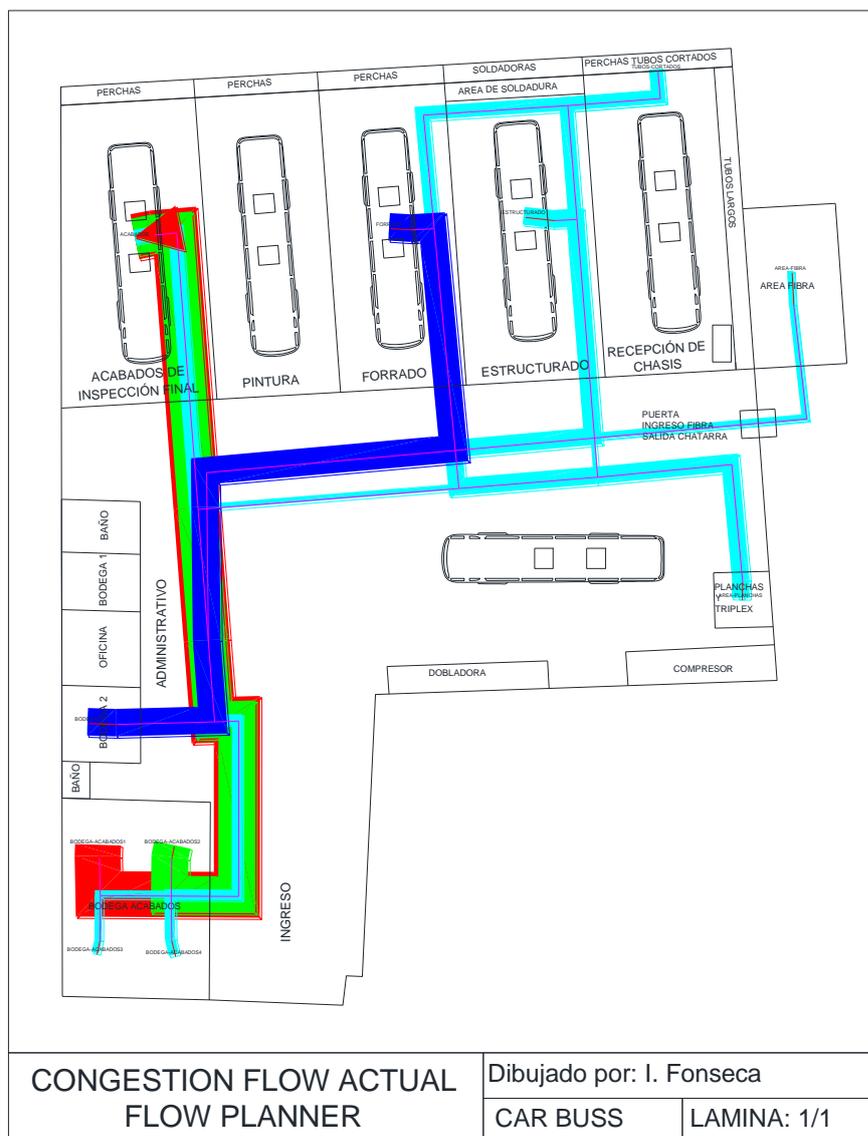


Figura 4-27: Nivel de tráfico con Congestion Flow.

4.7.3 Evaluación del diseño actual

A partir del software FlowPlanner se obtiene la evaluación del diseño actual en relación a la distancia total recorrida, el tiempo que se ocupa para movilizar materiales, costo total, porcentaje de tiempo transportando, tiempo que se ocupa para toda la movilización (incluye carga y descarga) y tiempo solo de carga y descarga.

Evaluación con Straight Flow

La Tabla 4-15 indica una distancia total de recorrido de 145.658,48 metros para el periodo de análisis de un año de trabajo en el que se producen 16 unidades de buses interprovinciales, en este caso no se considera las restricciones de movilidad por pasillos.

Tabla 4-15: REPORTE ACTUAL STRAIGHT FLOW.

Aggregate	Dist (M)	Time (Hrs)	Cost	Travel %
Interprovincial	145658,48	180,71	9035,59	31,99
Aggregate	AvgTripTime (Mins)	Min TripTime (Mins)	Max TripTie (Mins)	SDEV TripTime (Mins)
Interprovincial	4,41	3,51	4,86	0,38
Aggregate	Avg TravelTime (Mins)	Min TravleTime (Mins)	Max TravleTime (Mins)	SDEV TravelTime (Mins)
Interprovincial	1,41	0,51	1,86	0,38
Aggregate	Avg HandleTime (Mins)	Min HandleTime (Mins)	Max HandleTime (Mins)	SDEV HandleTime (Mins)
Interprovincial	3,00	3,00	3,00	0,00

Evaluación con Aisle Flow

La Tabla 4-16 muestra un análisis más real acerca de los movimientos de materiales a través de los pasillos que comunican dos áreas, con la distribución actual se tiene una distancia total de recorrido de 211.535,79 metros para el periodo de análisis de un año de trabajo en el que se producen 16 unidades de buses interprovinciales, en este caso si se considera las restricciones de movilidad por pasillos.

El tiempo total que se ocupa en transportes es de 206,85 h/año con un costo de 10.342,68 \$/año. El tiempo promedio para movilizar un material es de 5,02 minutos

de los cuales 2,02 minutos corresponden solamente a viaje, lo que representa un 40,58%.

Tabla 4-16: REPORTE ACTUAL AISLE FLOW.

Aggregate	Dist (M)	Time (Hrs)	Cost	Travel %
Interprovincial	211535,79	206,85	10342,68	40,58
Aggregate	AvgTripTime (Mins)	Min TripTime (Mins)	Max TripTie (Mins)	SDEV TripTime (Mins)
Interprovincial	5,02	3,74	5,67	0,53
Aggregate	Avg TravelTime (Mins)	Min TravleTime (Mins)	Max TravleTime (Mins)	SDEV TravelTime (Mins)
Interprovincial	2,02	0,74	2,66	0,53
Aggregate	Avg HandleTime (Mins)	Min HandleTime (Mins)	Max HandleTime (Mins)	SDEV HandleTime (Mins)
Interprovincial	3	3	3	0

En la Tabla 4-17 se muestra el análisis detallado de evaluación del diseño de fábrica actual en el que se identifica la frecuencia de transportes cuyo calculo lo realiza FlowPlanner con la ecuación 01. La frecuencia de transporte representa la cantidad de viajes anuales que se realizan entre las áreas que se relacionan. Se muestra también, la distancia total entre áreas, el tiempo solamente de viaje y el tiempo solamente de carga y descarga de materiales.

$$Frecuencia = \frac{Demanda\ anual * Necesidad\ componente}{Contenedor\ por\ viaje * Partes\ por\ contenedor} \quad (01)$$

A modo de ejemplo para la ecuación 01 se indica el calculo para una demanda anual de 16 carrocerías, se requiere del material angulo 40x3 un total de 10 un/carrocería. El transporte del material se hace por medio de 1 contenedor/viaje y en cada contenedor se llevan 10 un/contenedor. Se reemplaza los datos en la ecuación 01 y se obtiene que la frecuencia para este material es de 16 viajes en todo el año.

Este calculo lo realiza el software de forma automática y se obtienen los datos de la Tabla 4-17.

Tabla 4-17: EVALUACION ACTUAL DISEÑO DE FABRICA.

Aggregate Name	From	To	Freq	Calc Dist/Trip (M)	Eff. Dist/Trip (M)	User Dist/Trip (M)	Total Travel Time (Hrs)	Total L/UL Time (Hrs)	Total \$	Method Type
Interprovincial	TUBOS-CORTADOS	ESTRUCTURADO	148	15,5	31	None	1,82	7,4	461	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA2	ESTRUCTURADO	192	56	112	None	8,53	9,6	907	CAMINAR
Interprovincial	AREA-FIBRA	ESTRUCTURADO	54,4	34,2	68	None	1,48	2,72	210	CAMINAR
Interprovincial	AREA-PLANCHAS	ESTRUCTURADO	51,2	31,5	63	None	1,28	2,56	192	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA2	FORRADO	299,28	48,2	96	None	11,45	14,96	1321	CAMINAR
Interprovincial	AREA-FIBRA	FORRADO	70,67	41,5	83	None	2,33	3,53	293	CAMINAR
Interprovincial	AREA-PLANCHAS	FORRADO	189,33	38,7	77	None	5,81	9,47	764	CAMINAR
Interprovincial	TUBOS-CORTADOS	FORRADO	149,33	22,8	46	None	2,71	7,47	509	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA-ACABADOS1	ACABADOS	496	49,8	100	None	19,6	24,8	2220	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA-ACABADOS2	ACABADOS	400	46	92	None	14,6	20	1730	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA-ACABADOS4	ACABADOS	112	46,6	93	None	4,14	5,6	487	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA-ACABADOS3	ACABADOS	80	50,3	101	None	3,2	4	360	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA2	ACABADOS	152	35,6	71	None	4,29	7,6	595	CAMINAR
Interprovincial	AREA-PLANCHAS	ACABADOS	64	53,5	107	None	2,72	3,2	296	CAMINAR

A partir del análisis anterior, se obtienen los gráficos descriptivos que permiten identificar las principales características del diseño de fábrica. En la Figura 4-28 se muestra la relación entre frecuencia y distancia para el área de estructurado, se identifica que las áreas de tubos cortados y bodega 2 son sus principales relaciones.

En la Figura 4-29 se muestra que para el área de forrado las principales relaciones son bodega 2, área de planchas y área de tubos cortados. En la Figura 4-30 se muestra para el área de acabados las principales relaciones se dan con la sección 1 y sección 2 de la bodega.

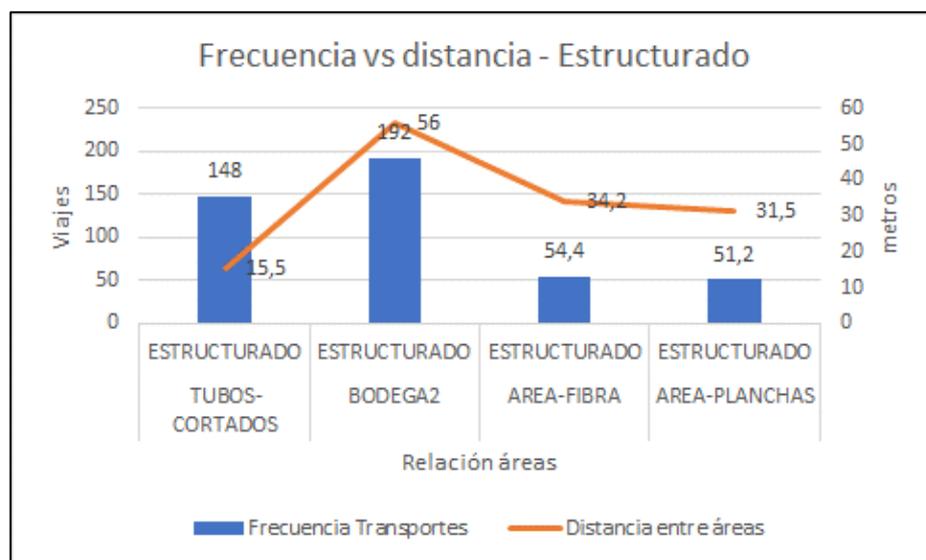


Figura 4-28: Diagrama Frecuencia Distancia Actual - Estructurado.

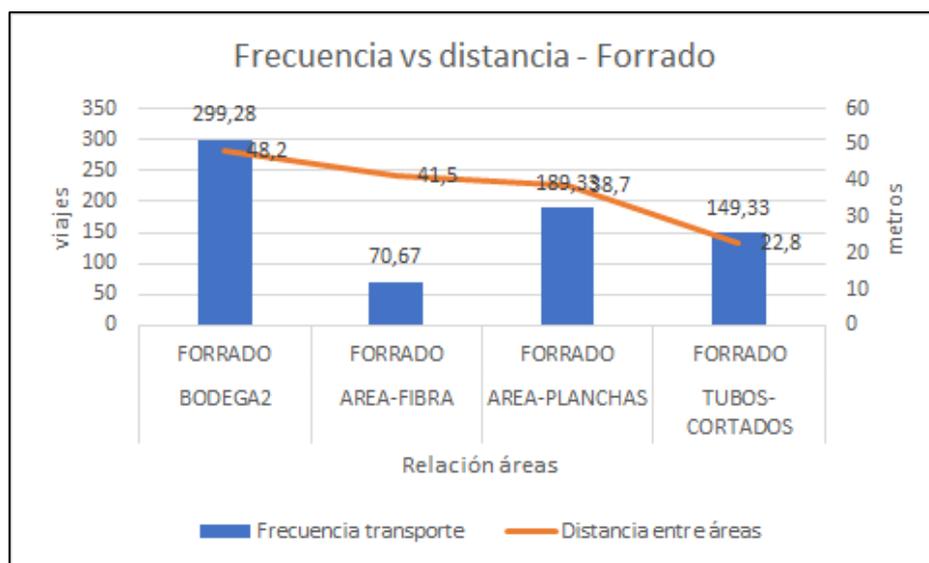


Figura 4-29: Diagrama Frecuencia Distancia Actual - Forrado.

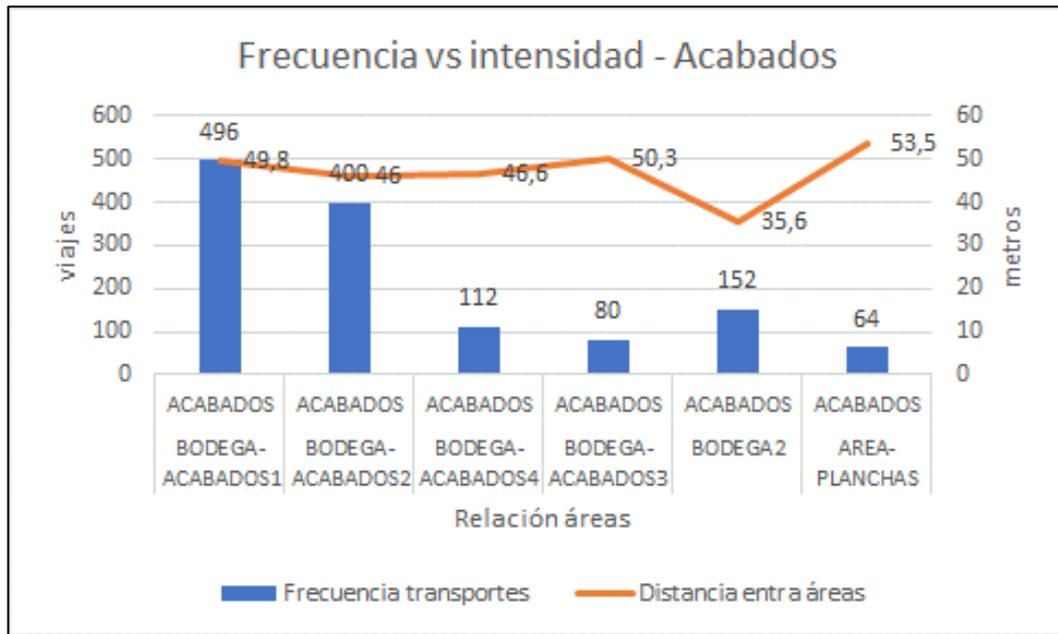


Figura 4-30: Diagrama Frecuencia Distancia Actual - Acabados.

En la Figura 4-31 se muestra el análisis de tiempos solo de viajes para las tres áreas, se identifica 8,53 horas entre bodega2 y estructurado, 11,45 horas entre bodega 2 y forrado y 19,6 horas entre sección 1 y acabados como los mayores tiempos del diseño de fábrica actual.

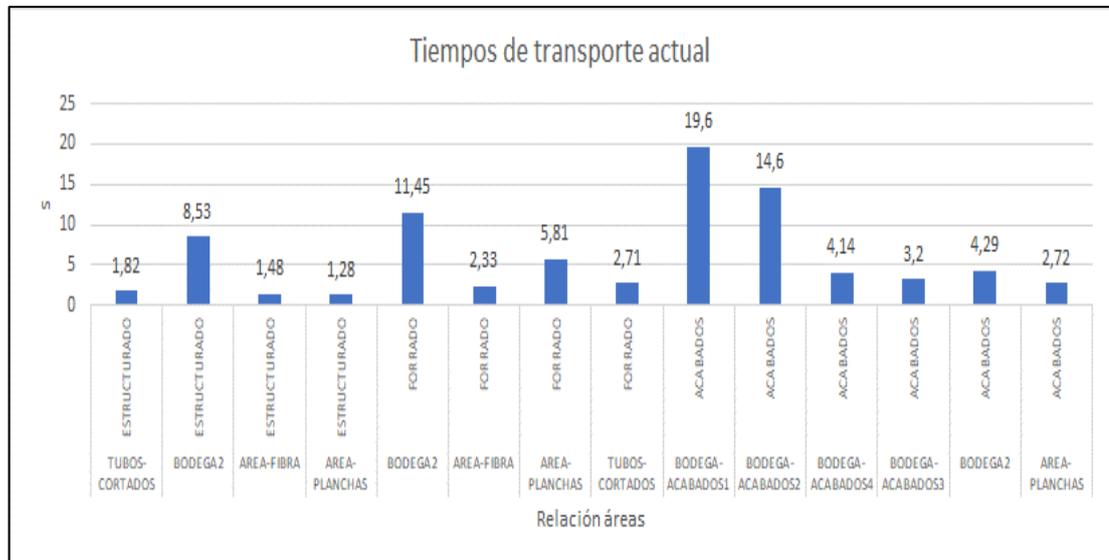


Figura 4-31: Diagrama de tiempos de transporte - Actual.

4.8 Análisis de mejoras

En esta sección se plantean mejoras en el flujo de materiales dentro de las instalaciones de Car Buss Yaulema, se toman como referencia los análisis del enfoque esbelto y los principios de flujo de materiales que se relacionan en el diagrama de identificación de desperdicios previo.

4.8.1 Descripción propuestas de mejora

Para el planteamiento de las propuestas de mejora dentro de la distribución de planta que apoyen a la optimización del flujo de materiales interno se toman como referencia los aspectos que resultan del estudio de situación actual y evaluación de diseño de fábrica con el software FlowPlanner, la Tabla 4-18 describe en resumen los principales puntos, los cuales no se limitan a los puntos de todos los análisis que se encuentran en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Tabla 4-18: HALLAZGOS PRINCIPALES.

Punto clave	Análisis	Base
Recepción de Chasis	Este proceso cuenta con un área separada de estructurado, aumentando un transporte innecesario.	Diagrama de flujo de proceso Diagrama de recorrido general Análisis origen - destino
Cantidad de Materiales	Los procesos con mayor numero de materiales en movimiento (en orden descendente) son acabados, forrado y estructurado.	Análisis de materiales por proceso
Áreas	Se identifican tres grupos de áreas: procesos, subensambles y bodegas.	Diagrama de recorrido general
Transportes	Existe un total general de 55 transportes dentro del flujo de proceso de elaboración de carrocerías.	Cursograma Sinóptico.
Abastecimiento	Los principales puntos de abastecimiento de materiales para estructurado, forrado y acabados son tubos cortados, area de planchas y bodega seccion 1 respectivamente.	Diagrama de recorrido por área Hojas de Ruta Diagrama distancia vs intensidad

Tabla 4-18: HALLAZGOS PRINCIPALES (Continuación).

Punto clave	Análisis	Base
Relación común	La bodega 2 cuenta con flujo de materiales para las tres áreas de procesos.	Diagrama distancia vs intensidad
Flujo de materiales	Se pueden aplicar los principios de estandarización, trabajo, utilización de espacio, carga unitaria y sistema dentro del diseño de fábrica.	Diagrama de identificación de desperdicios
Frecuencia de viajes	Por frecuencia de viajes entre áreas se debe mantener cercanía entre tubos cortados y estructurado, área de planchas y forrado, bodega y acabados	Evaluación diseño de fábrica.

En la Figura 4-32 se muestra el diagrama de recorrido propuesto de acuerdo a una nueva distribución de áreas que optimice el flujo de materiales interno, en esta distribución se toma como referencia cinco principios de flujo de material.

Principio de utilización de espacio. La utilización del espacio debe ser efectivo y eficiente, por lo que, el espacio disponible se puede usar para otras actividades productivas. En la nueva distribución se plantea que la inspección del chasis se realice en el área de estructurado, lo cual libera el espacio para la ubicación de las áreas de subensambles: preparación de materiales, tubos cortados y área de planchas. Se decide mantener la ubicación del área de fibra.

Principio de estandarización: La forma de movilización de materiales debe estandarizarse, por lo que se definen dentro de los límites de las instalaciones de fábrica los pasillos adecuados para que exista un flujo de materiales optimizado.

Principio de trabajo: El trabajo de manejo de materiales debe minimizarse sin sacrificar la productividad de la operación, las nuevas ubicaciones que se proponen se enfocan en la disminución de las distancias de transporte.

Principio de carga unitaria y sistema: Las cargas unitarias deben configurarse para lograr un flujo de material adecuado y las actividades de movimiento deben ser integradas por completo, por lo que se une la bodega 1 y bodega 2, se propone una nueva ubicación central ya que tiene relaciones de flujo común con las cuatro áreas de procesos. Para la bodega de acabados se plantea una nueva ubicación y la agrupación de todos los materiales dentro de ella.

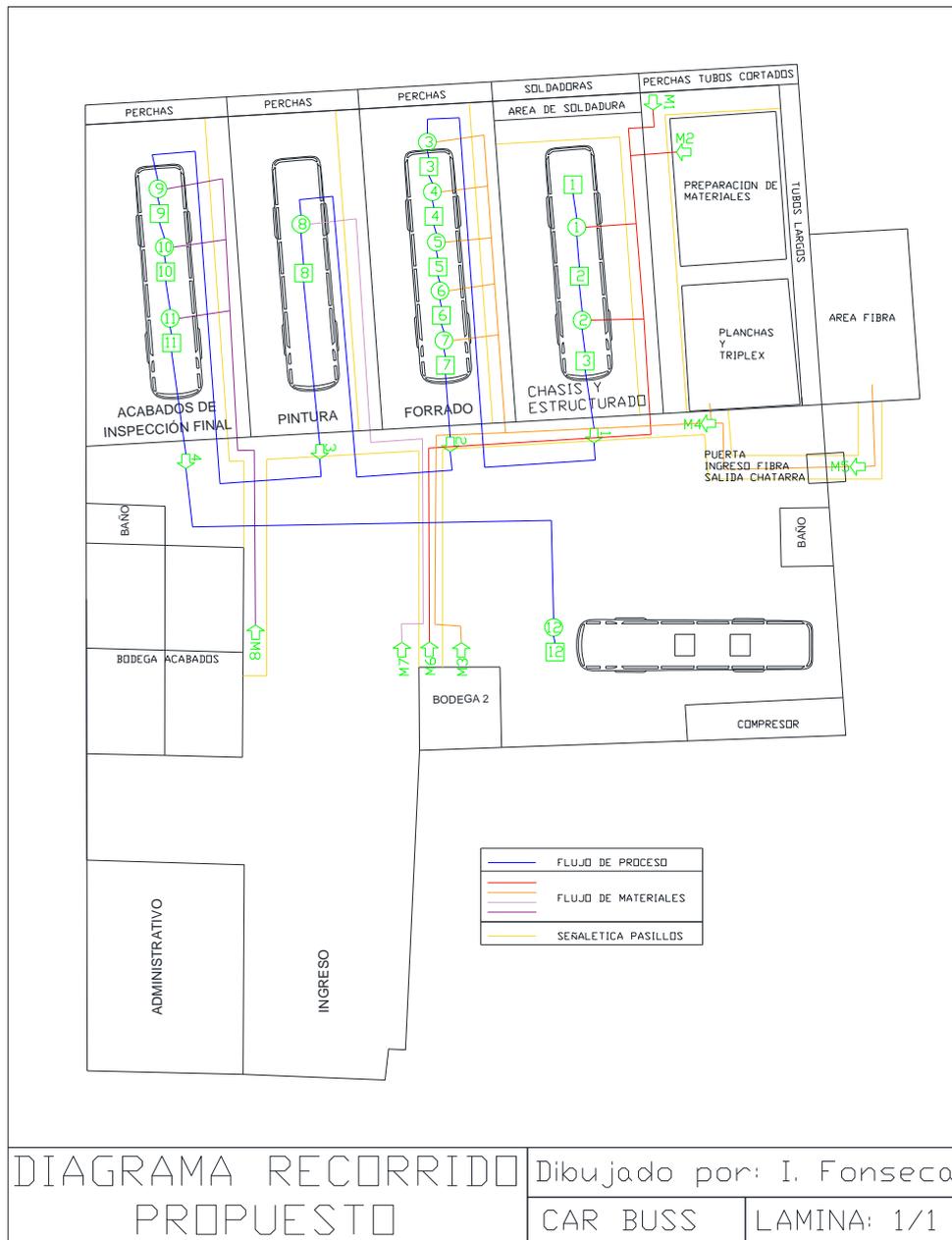


Figura 4-32: Diagrama recorrido - Propuesto.

4.8.2 Nivel de tráfico propuesto

Estudio con Straight Flow

Se observa en la Figura 4-33 un nivel de concentración de flujo más uniforme entre las áreas de procesos, subensambles y bodegas. La bodega 2 al ubicarse en la parte central de la fábrica se observa como su flujo se distribuye con menor distancia, al igual que el caso para el área de planchas. El área de tubos cortados y área de fibra mantienen su ubicación y cuentan con un flujo de materiales distribuido hacia estructurado y forrado.

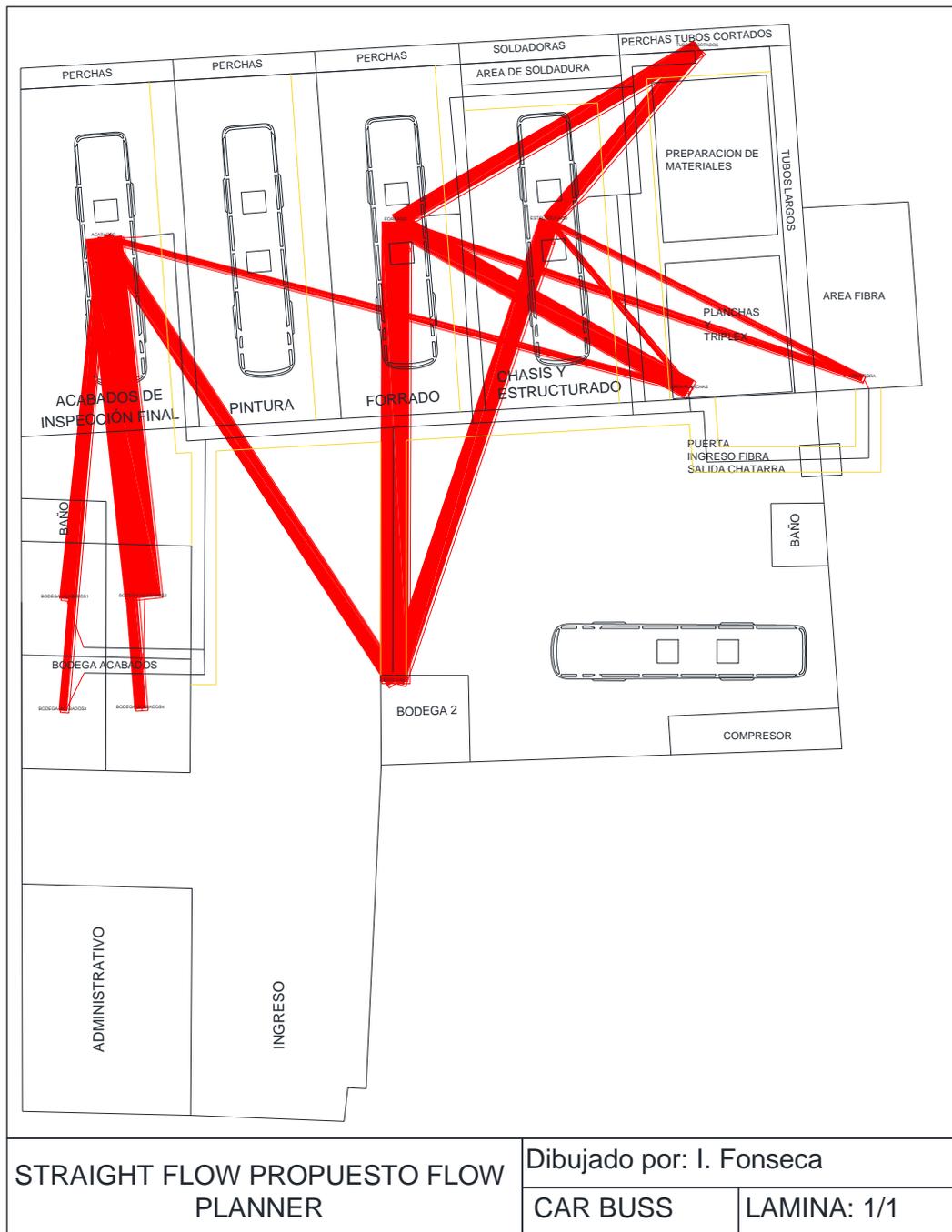


Figura 4-33: Flujo Propuesto con Straigh Flow.

Estudio con Aisle Flow

La estandarización de pasillos para el movimiento de materiales permite que se ordenen los flujos entre áreas y el algoritmo de distancia más corta entre dos puntos que usa FlowPlanner optimiza los recorridos a lo largo de las instalaciones. Se observa en la Figura 4-34 que el recorrido por los pasillos es más suavizado y con enfoque esbelto.

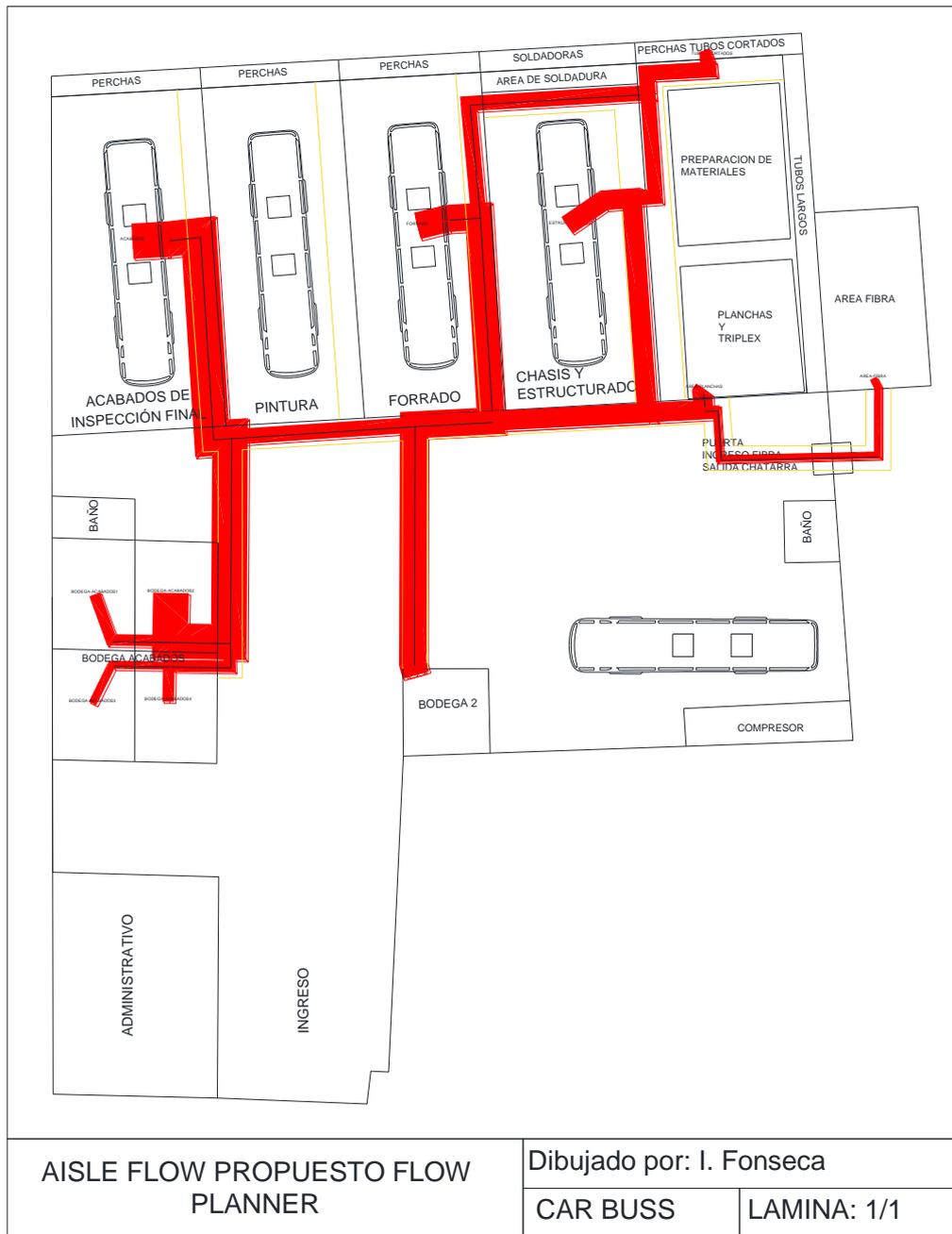


Figura 4-34: Flujo Propuesto con Aisle Flow.

Estudio con Congestion Flow

Se observa en la Figura 4-35 que la propuesta disminuye el nivel de tráfico general entre las áreas. Respecto de la distribución actual, el área de tubos cortados y área de fibra en relación a estructurado y forrado mantienen el nivel de tráfico <51% representado con el color celeste. El área de planchas aumenta el nivel de tráfico entre 51% y 71% representado con color azul; sin embargo, disminuye las distancias de recorrido.

La bodega 2 mantiene el nivel de tráfico <51% y disminuye la distancia de recorrido hacia las áreas de estructurado, forrado y acabados. Las secciones de la bodega de acabados tienen distintas relaciones con el área de acabados, en el que se observa que disminuye la relación <51% para la sección 1, 3 y 4 representado con color celeste, y aumenta la relación entre >96% y <100% para la sección 2 con color rojo.

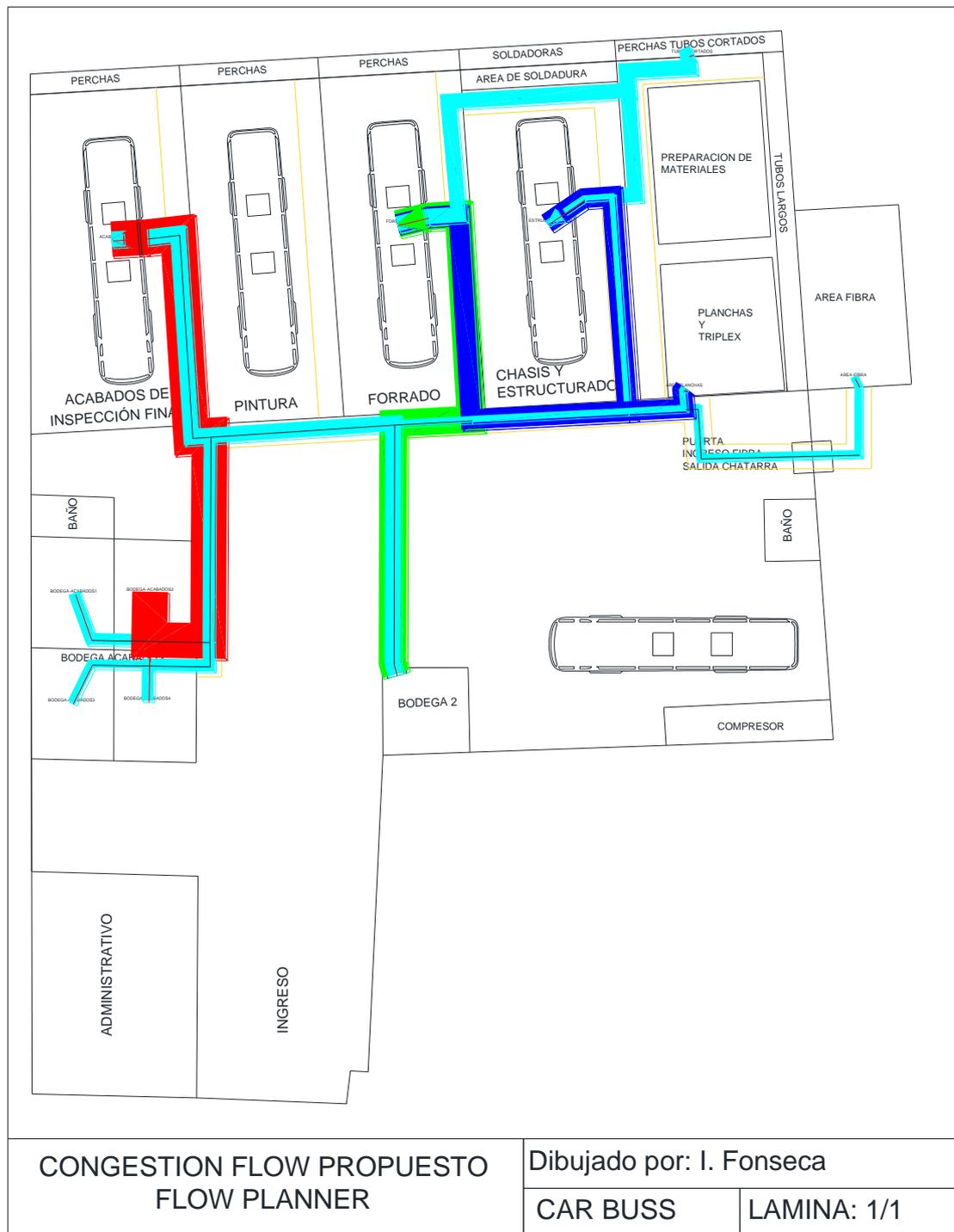


Figura 4-35: Nivel de tráfico propuesto con Congestion Flow.

4.8.3 Evaluación del diseño propuesto

A partir del software FlowPlanner se obtiene la evaluación del diseño propuesto en relación a la distancia total recorrida, el tiempo que se ocupa para movilizar materiales, costo total, porcentaje de tiempo transportando, tiempo que se ocupa para toda la movilización (incluye carga y descarga) y tiempo solo de carga y descarga.

Evaluación con Straight Flow

La Tabla 4-19 indica una distancia total de recorrido de 76.219,57 metros para el periodo de análisis de un año de trabajo en el que se producen 16 unidades de buses interprovinciales, en este caso no se considera las restricciones de movilidad por pasillos.

Tabla 4-19: REPORTE PROPUESTO STRAIGHT FLOW.

Aggregate	Dist (M)	Time (Hrs)	Cost	Travel %
Interprovincial	76219,57	129,42	6471,16	23,37
Aggregate	AvgTripTime (Mins)	Min TripTime (Mins)	Max TripTie (Mins)	SDEV TripTime (Mins)
Interprovincial	3,93	3,49	4,36	0,2
Aggregate	Avg TravelTime (Mins)	Min TravleTime (Mins)	Max TravleTime (Mins)	SDEV TravelTime (Mins)
Interprovincial	0,93	0,49	1,36	0,2
Aggregate	Avg HandleTime (Mins)	Min HandleTime (Mins)	Max HandleTime (Mins)	SDEV HandleTime (Mins)
Interprovincial	3	3	3	0

Evaluación con Aisle Flow

La Tabla 4-20 muestra un análisis más real acerca de los movimientos de materiales a través de los pasillos que comunican dos áreas, con la distribución propuesta se tiene una distancia total de recorrido de 114.685,55 metros para el periodo de análisis de un año de trabajo en el que se producen 16 unidades de buses interprovinciales, en este caso si se considera las restricciones de movilidad por pasillos.

El tiempo total que se ocupa en transportes es de 144,69 h/año con un costo de 7.234,38 \$/año. El tiempo promedio para movilizar un material es de 4,38 minutos de

los cuales 1,38 minutos corresponden solamente a viaje, lo que representa un 31,45%.

Tabla 4-20: REPORTE PROPUESTO AISLE FLOW.

Aggregate	Dist (M)	Time (Hrs)	Cost	Travel %
Interprovincial	114685,55	144,69	7234,38	31,45
Aggregate	AvgTripTime (Mins)	Min TripTime (Mins)	Max TripTie (Mins)	SDEV TripTime (Mins)
Interprovincial	4,38	3,69	4,8	0,3
Aggregate	Avg TravelTime (Mins)	Min TravleTime (Mins)	Max TravleTime (Mins)	SDEV TravelTime (Mins)
Interprovincial	1,38	0,69	1,8	0,3
Aggregate	Avg HandleTime (Mins)	Min HandleTime (Mins)	Max HandleTime (Mins)	SDEV HandleTime (Mins)
Interprovincial	3	3	3	0

En la Tabla 4-21 se muestra el análisis detallado de evaluación del diseño de fábrica propuesto en el que se identifica la frecuencia de transportes cuyo calculo lo realiza FlowPlanner con la ecuación 01. Se muestra también, la distancia total entre áreas, el tiempo solamente de viaje y el tiempo solamente de carga y descarga de materiales.

Se observa que de manera general las distancias entre áreas disminuyen respecto de la distribución actual y los tiempos solamente viaje se reducen. En esta evaluación detallada de diseño de fábrica propuesto el software indica para cada relación entre parejas de áreas la frecuencia de transportes con un número que puede ser decimal, las nuevas distancias de recorrido al establecer nuevas ubicaciones y definir pasillos para la circulación, la eficiencia de distancia/viaje se calcula como el doble de la distancia normal ya que se considera la distancia de ida y de regreso.

El tiempo total de solamente viaje se considera a partir de las nuevas distancias de recorrido para cada relación entre parejas de áreas y el tiempo de carga y descarga toma como referencia la cantidad de frecuencias de transporte que se realizan.

Tabla 4-21: EVALUACION PROPUESTO DISEÑO DE FABRICA.

Aggregate Name	From	To	Freq	Calc Dist/Trip (M)	Eff. Dist/Trip (M)	User Dist/Trip (M)	Total Travel Time (Hrs)	Total L/UL Time (Hrs)	Total \$	Method Type
Interprovincial	TUBOS-CORTADOS	ESTRUCTURADO	148	14,5	29	None	1,7	7,4	455	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA2	ESTRUCTURADO	192	37,4	75	None	5,7	9,6	765	CAMINAR
Interprovincial	AREA-FIBRA	ESTRUCTURADO	54,4	31,1	62	None	1,34	2,72	203	CAMINAR
Interprovincial	AREA-PLANCHAS	ESTRUCTURADO	51,2	17,7	35	None	0,72	2,56	164	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA2	FORRADO	264,62	28,9	58	None	6,06	13,23	965	CAMINAR
Interprovincial	AREA-FIBRA	FORRADO	70,67	37,6	75	None	2,11	3,53	282	CAMINAR
Interprovincial	AREA-PLANCHAS	FORRADO	189,33	24,2	48	None	3,64	9,47	655	CAMINAR
Interprovincial	TUBOS-CORTADOS	FORRADO	149,33	22	44	None	2,6	7,47	503	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA-ACABADOS1	ACABADOS	112	31,9	64	None	2,84	5,6	422	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA-ACABADOS2	ACABADOS	344	29,1	58	None	7,93	17,2	1257	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA-ACABADOS4	ACABADOS	112	29,7	59	None	2,64	5,6	412	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA-ACABADOS3	ACABADOS	80	32,8	66	None	2,08	4	304	CAMINAR
Interprovincial	BODEGA2	ACABADOS	152	35	70	None	4,22	7,6	591	CAMINAR
Interprovincial	AREA-PLANCHAS	ACABADOS	64	37,8	76	None	1,92	3,2	256	CAMINAR

A partir del análisis anterior, se obtienen los gráficos descriptivos que permiten identificar las principales características del diseño de fábrica propuesto. En la Figura 4-36 se muestra la relación entre frecuencia y distancia para el área de estructurado, se identifica que las áreas de tubos cortados y bodega 2 son sus principales relaciones y las distancias disminuyen.

En la Figura 4-37 se muestra que para el área de forrado las principales relaciones son bodega 2 y área de planchas. En la Figura 4-38 se muestra para el área de acabados la principal relación se da con la sección 2 de la bodega.

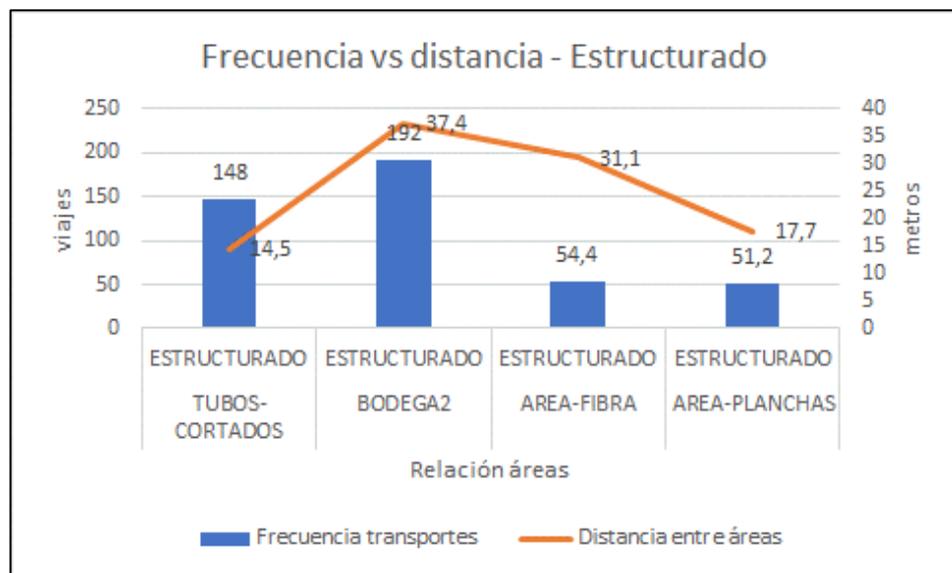


Figura 4-36: Diagrama Frecuencia Distancia Propuesto - Estructurado.

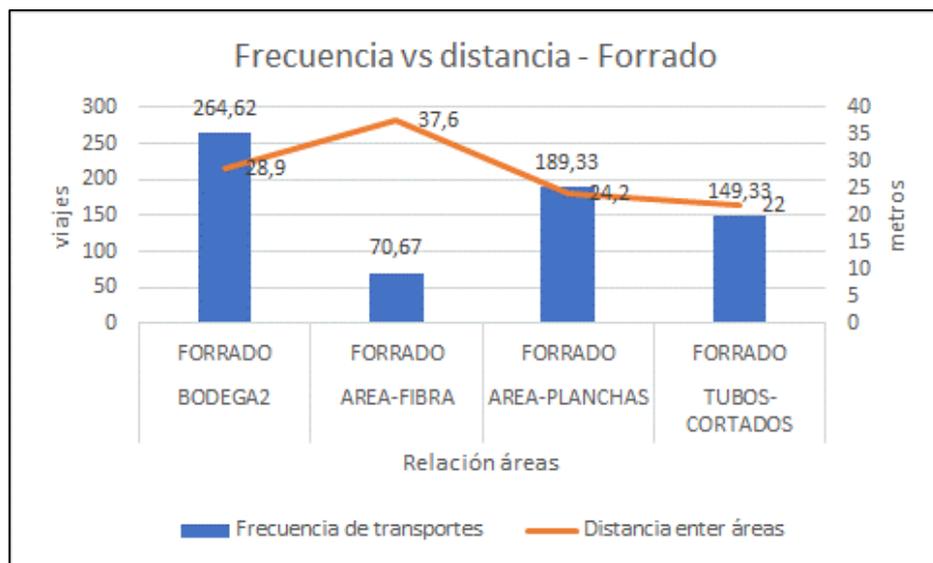


Figura 4-37: Diagrama Frecuencia Distancia Propuesto - Forrado.

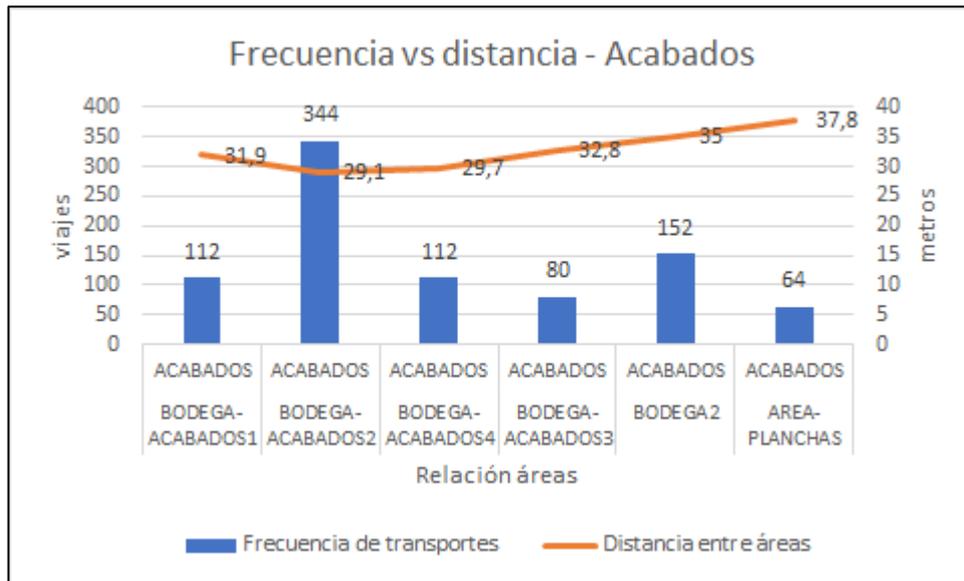


Figura 4-38: Diagrama Frecuencia Distancia Propuesto - Acabados.

En la Figura 4-39 se muestra el análisis de tiempos solo de viajes para las tres áreas, se identifica 5,70 horas entre bodega2 y estructurado, 6,06 horas entre bodega 2 y forrado y 7,93 horas entre sección 2 y acabados como los mayores tiempos del diseño de fábrica propuesto.

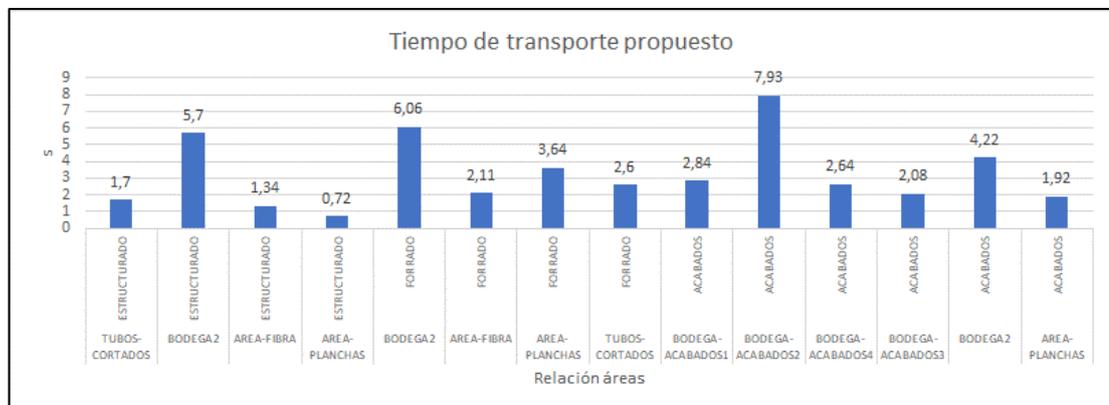


Figura 4-39: Diagrama de tiempos de transporte - Propuesto.

4.8.4 Comparación descriptiva de mejoras

Las nuevas ubicaciones y distribución de áreas que se propone reflejan una optimización del flujo de materiales en cuanto a trabajo por distancias de recorrido, utilización de espacios, estandarización de movimientos a través de pasillos, cargas unitarias y unificación de áreas dentro de un mismo sistema. Se observa en la Figura 4-40 el diagrama de identificación de desperdicios resultante con la aplicación de las

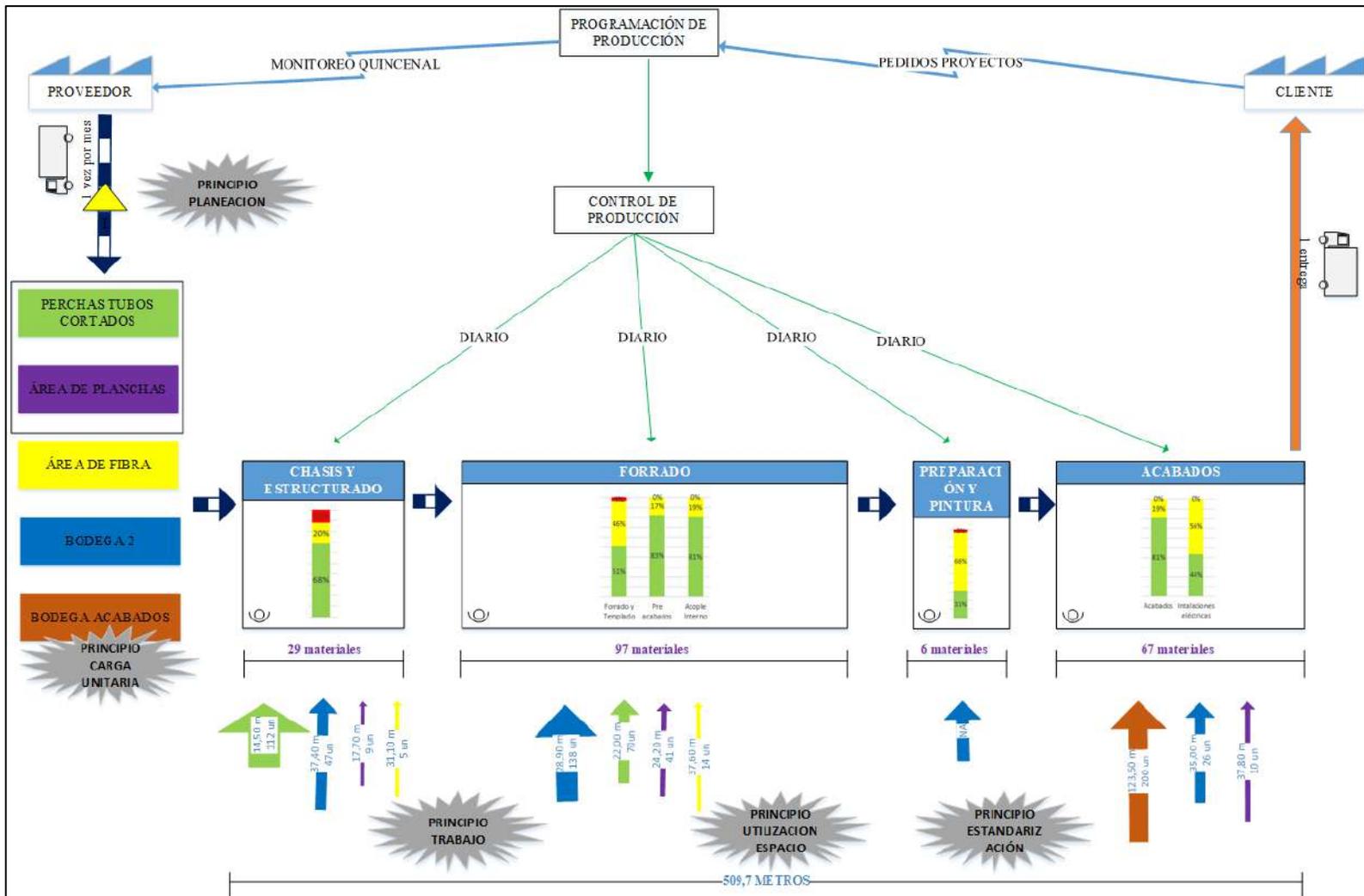


Figura 4-40: Diagrama de tiempos de transporte - Propuesto.

propuestas, visualmente se muestra como las flechas que representan intensidad y distancia mediante ancho y largo respectivamente son mucho menores que el diagrama de identificación de desperdicios actual.

Se identifica la unificación de áreas de proceso entre recepción de chasis y estructurado y áreas de subensambles entre preparación de materiales para tubos cortados y área de planchas.

La suma de distancias entre áreas pasa de 570,2 metros en el actual a 509,7 metros en el propuesto, con una reducción del 10,61%.

4.8.5 Comparación numérica de mejoras

A partir de los resultados numéricos que se obtienen de las evaluaciones de diseño de fábrica actual y propuesto, se calcula porcentualmente los valores de reducción que se obtienen en cada uno de los aspectos que se comparan. La Tabla 4-22 muestra la comparación entre el flujo de materiales actual y el propuesto para el periodo de análisis de un año con 16 unidades producidas del bus interprovincial en el que se identifica que el mayor porcentaje de reducción se encuentra en la distancia de recorrido con 46%.

Tabla 4-22: COMPARACION FLUJO ACTUAL Y PROPUESTO.

	Actual	Propuesto	Mejora
Distancia (M)	211535,79	114685,55	46%
Tiempo de viaje (Hrs)	206,85	144,69	30%
Costo	10342,68	7234,38	30%
% de Viaje	40,58	31,45	22%
Tiempo promedio de viaje (Mins)	2,02	1,38	32%

La Tabla 4-23 muestra los resultados de frecuencia de transporte, distancia de viaje, tiempo de viaje y costo para cada relación de pareja de áreas en el flujo actual y flujo propuesto. Se observa que las distancias de viaje entre áreas disminuyen en todos los casos, así como, el tiempo total de viaje. Las frecuencias permanecen constantes pues no se aumentan las cantidades por contenedor.

Tabla 4-23: COMPARACION POR RELACIÓN ENTRE ÁREAS.

De	A	Actual				Propuesto			
		Frecuencia	Distancia/viaje (M)	Tiempo total de viaje (Hrs)	Total \$	Frecuencia	Distancia/viaje (M)	Tiempo total de viaje (Hrs)	Total \$
TUBOS-CORTADOS	ESTRUCTURADO	148	15,5	1,82	461	148	14,5	1,7	455
BODEGA2	ESTRUCTURADO	192	56	8,53	907	192	37,4	5,7	765
AREA-FIBRA	ESTRUCTURADO	54,4	34,2	1,48	210	54,4	31,1	1,34	203
AREA-PLANCHAS	ESTRUCTURADO	51,2	31,5	1,28	192	51,2	17,7	0,72	164
BODEGA2	FORRADO	299,28	48,2	11,45	1321	299,28	28,9	6,06	965
AREA-FIBRA	FORRADO	70,67	41,5	2,33	293	70,67	37,6	2,11	282
AREA-PLANCHAS	FORRADO	189,33	38,7	5,81	764	189,33	24,2	3,64	655
TUBOS-CORTADOS	FORRADO	149,33	22,8	2,71	509	149,33	22	2,6	503
BODEGA-ACABADOS1	ACABADOS	496	49,8	19,6	2220	496	31,9	2,84	422
BODEGA-ACABADOS2	ACABADOS	400	46	14,6	1730	400	29,1	7,93	1257
BODEGA-ACABADOS4	ACABADOS	112	46,6	4,14	487	112	29,7	2,64	412
BODEGA-ACABADOS3	ACABADOS	80	50,3	3,2	360	80	32,8	2,08	304
BODEGA2	ACABADOS	152	35,6	4,29	595	152	35	4,22	591
AREA-PLANCHAS	ACABADOS	64	53,5	2,72	296	64	37,8	1,92	256
TOTAL				83,96	10345			45,5	7234

En la Figura 4-41 se observa que la distancia de recorrido entre áreas disminuye en todos los casos lo cual refleja un flujo de materiales optimizado y con enfoque esbelto. La mayor distancia disminuida se observa en las relaciones de la bodega 2 con estructurado y forrado. De igual manera, para las relaciones de área de planchas con estructurado y forrado.

En lo que refiere a la distancia de recorrido de las secciones de la bodega de acabados con el proceso acabados se disminuye la distancia para las cuatro secciones.

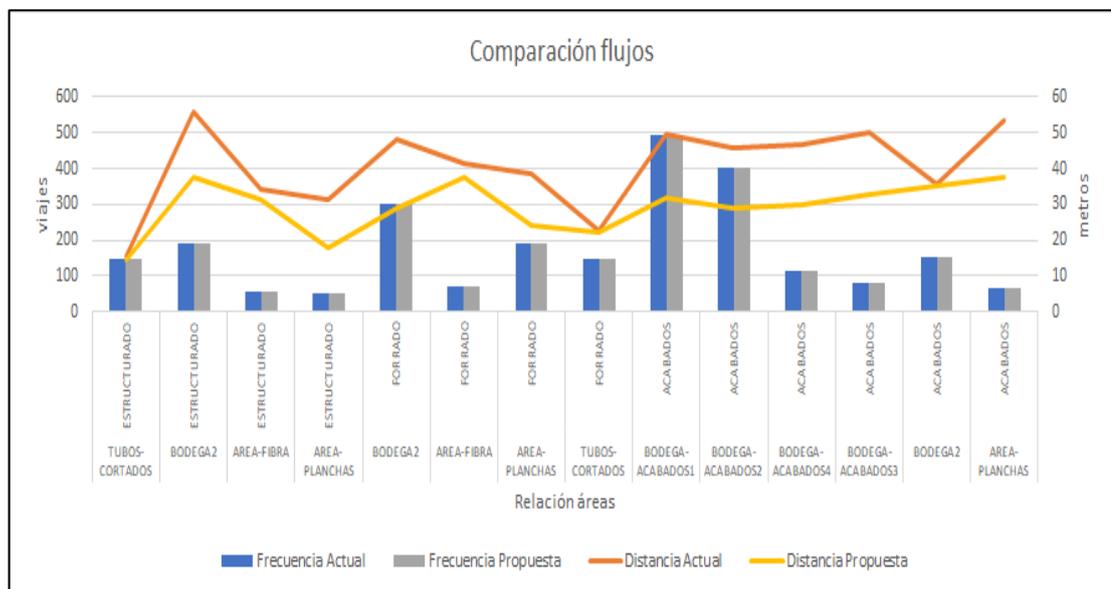


Figura 4-41: Comparación flujos – Diagrama Frecuencia vs Distancia.

En la Tabla 4-24 se compara los tiempos totales de viaje para las áreas de proceso estructurado, forrado y acabados. Se identifica que la mayor disminución con 55% se presenta en el área de acabados, esto se debe a que la nueva ubicación de la bodega la acerca en gran medida hacia el proceso.

Tabla 4-24: COMPARACION TIEMPOS DE VIAJE FLUJO ACTUAL Y PROPUESTO.

	Actual	Propuesto	Mejora
ESTRUCTURADO	13,11	9,46	28%
FORRADO	22,3	14,41	35%
ACABADOS	48,55	21,63	55%

Se considera que la inversión se recupera en 1,22 años según anexo 27.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA

5.1 Conclusiones

- La elaboración de carrocerías cuenta con cuatro procesos clave a lo largo de su cadena de valor, estructurado, forrado, pintado y acabados. La cantidad de materiales que intervienen genera un flujo constante y se requiere de la ejecución de varios transportes alrededor de las instalaciones de la fábrica. Se identifican tres áreas principales de las cuales se generan las relaciones de transporte; estas son, procesos que abarca la producción de la carrocería, subensambles que abarca la preparación de materiales, tubos, planchas, fibra y bodegas que abarcan materiales de apoyo para la construcción de la carrocería. Dentro de las instalaciones de Car Buss Yaulema se identifica que las ubicaciones de subensambles y bodegas no son las adecuadas lo que aumenta las distancias de recorrido e impacta negativamente en el tiempo de viaje. Se determinan 8 locaciones que generan distintas relaciones hacia las áreas de proceso, de las cuales la bodega 2 abastece a todas, la bodega acabados solo al ultimo proceso y el grupo de áreas de subensambles principalmente genera relaciones con estructurado y forrado.

- El flujo de materiales representa hasta 2 de los siete desperdicios de producción del enfoque esbelto, en lo que refiere a esperas y transportes. Car Buss Yaulema genera 55 transportes a lo largo de su proceso de producción y se presentan 14 relaciones de transporte entre áreas que resultan en una distancia total anual de recorrido de 211.535,79 metros para la producción de 16 buses interprovinciales. Las ubicaciones de áreas de subensambles y bodegas hacen que las distancias de recorrido aumenten y la falta de pasillos de circulación resultan en un flujo de materiales pesado y con un costo anual de \$ 10.342,68. El análisis y evaluación de diseño de fábrica actual sugiere la aplicación de los principios de utilización de espacios, trabajo, estandarización, carga unitaria y sistema para la optimización del flujo de

materiales hacia un enfoque esbelto con menores niveles de tráfico, distancias de recorrido y tiempos de transporte.

- La propuesta de optimización de flujo de materiales mediante la redistribución de áreas que se evalúa con la aplicación de un software de análisis y diseño de fábrica que permite de manera visual identificar oportunidades de mejora resulta en una nueva distancia total anual de recorrido de 114.685,55 metros generando una reducción del 46%. La aplicación de esta herramienta de ingeniería permite identificar las principales relaciones de transporte y acercar dichas áreas, el software calcula mediante el algoritmo de la distancia más corta la mejor vía para movilizar materiales y determina los niveles de tráfico dentro de las instalaciones. Este análisis, permite unificar los procesos de recepción de chasis con estructurado, preparación de materiales con tubos cortados y planchas, mantener la ubicación del área de fibras, ubicar a la bodega 2 en la parte central de las instalaciones y acercar las secciones de acabados a dicho proceso. El tiempo total de viaje y costo se reducen en 30% respecto del flujo de materiales inicial y el tiempo promedio para movilizar un solo material pasa de 2,02 minutos a 1,28 minutos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda mantener un control de los materiales que ingresan a las bodegas intermedias e identificar el stock de cada una para asegurar el abastecimiento.
- Evaluar periódicamente los tiempos de transporte dentro de las instalaciones de la fábrica. La distribución de pasillos se debe respetar para mantener un flujo uniforme y la movilización de materiales debe procurar llevar la mayor cantidad al mismo tiempo.
- Para el análisis de procesos con niveles altos de flujo de material, es recomendable el uso de herramientas informáticas de evaluación de diseño de

fábrica. En el caso de nuevas instalaciones o incremento de producción, se deben ingresar los datos para un nuevo análisis.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- 50 Minutos, E. (2017). *El mapa del flujo de valor* (50Minutos. (ed.); 1st ed.). España.
- Amar, S. H., & Abouabdellah, A. (2017). Facility layout planning problem: Effectiveness and reliability evaluation system layout designs. *2016 International Conference on System Reliability and Science, ICSRS 2016 - Proceedings*, 110–114. <https://doi.org/10.1109/ICSRS.2016.7815848>
- Andriani, D. P., Zamroni, M. H., Alesi, T. C., & Rahman, F. (2017). The Layout Optimization of Production Process Facilities in Apple Processing to Improve Productivity and Sustainability SMEs. *2017 6th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*, 184–188. <https://doi.org/10.1109/ICAdLT.2017.8547023>
- Arevalo-Barrera, B. C., Parreno-Marcos, F. E., Quiroz-Flores, J. C., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Waste Reduction Using Lean Manufacturing Tools: A Case in the Manufacturing of Bricks. *2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1285–1289. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978508>
- Busert, T., & Fay, A. (2019). Extended Value Stream Mapping Method for Information Based Improvement of Production Logistics Processes. *IEEE Engineering Management Review*, 47(4), 119–127. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2934953>
- Buzón Quijada, J. A. (2019). *Lean Manufacturing* (ELearning).
- Charrua-Santos, F., Santos, B. P., Enrique, D. V., Alberto, A., Bibete, H., Osorio, G. J., & Lima, T. M. (2020). An Overview of Lean Production and Industry 4.0 in Different Context. *2020 9th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 69–72. <https://doi.org/10.1109/ICITM48982.2020.9080386>
- De-La-Cruz-Arcela, F. K., Martinez-Castillo, J. S., Altamirano-Flores, E., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Application of Lean Manufacturing Tools to Reduce Downtime in a Small Metalworking Facility. *2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 551–555. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978711>

- Jones, D. T., & Womack, F. P. (2018). *Lean Thinking* (Grupo Plan).
- Kokoc, M., Aktepe, A., & Ersoz, S. (2017). Creating alternative layout plans with simulated annealing and data mining. *2017 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IDAP.2017.8090334>
- Li, H., Liu, R., & Shi, L. (2018). The Layout Optimization Problem of Automobile Engine Production Line. *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2019-Decem*, 1736–1740. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607387>
- Liu, Y., & Xu, J. (2017). Optimization on production line layout of automobile body shop. *14th International Conference on Services Systems and Services Management, ICSSSM 2017 - Proceedings*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2017.7996213>
- Meyers, F. E., & Stephens, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (Pearson Ed).
- Mohammed, M. A., & Hasan, R. A. (2017). Particle swarm optimization for facility layout problems FLP - A comprehensive study. *Proceedings - 2017 IEEE 13th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, ICCP 2017*, 93–99. <https://doi.org/10.1109/ICCP.2017.8116988>
- Morinaga, E., Wakamatsu, H., Iwasaki, K., & Arai, E. (2016). A facility layout planning method considering routing and temporal efficiency. *2016 International Symposium on Flexible Automation (ISFA)*, 186–191. <https://doi.org/10.1109/ISFA.2016.7790158>
- Muñoz Negrón, D. E. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios* (Cengage Le).
- Nafors, D., Lindskog, E., Berglund, J., Gong, L., Johansson, B., & Vallhagen, J. (2017). Realistic virtual models for factory layout planning. *2017 Winter Simulation Conference (WSC)*, 3976–3987. <https://doi.org/10.1109/WSC.2017.8248107>
- Naranje, V., Reddy, P. V., & Sharma, B. K. (2019). Optimization of Factory Layout Design Using Simulation Tool. *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2019*, 193–197. <https://doi.org/10.1109/IEA.2019.8715162>
- Peralta-Quispe, M., Nurena-Huaman, J., Nunez-Ponce, V., Altamirano-Flores, E., &

- Alvarez-Merino, J. (2019). Application of Lean manufacturing tools in a footwear company. *2019 IEEE Sciences and Humanities International Research Conference (SHIRCON)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/SHIRCON48091.2019.9024867>
- Pierreval, H. (2018). Integrated Simulation Optimization for Layout Problems. *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1486–1490. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607591>
- Platas, J., & Cervantes, M. (2014). *Planeación, Diseño y Layout de Instalaciones* (Grupo Edit).
- Rother, M., & Aulinger, G. (2018). *Cultura Toyota Kata* (Profit Edi).
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso* (Marge Book).
- Socconini, L., & Martín, J. P. (2019). *Lean Energy 4.0. Guía de implementación* (Marge Book).
- Storch de Gracia, J. M., & Herrero Sánchez, B. (2018). *Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales* (Ediciones).
- Valamede, L. S., & Santos Akkari, A. C. (2020). *Lean Manufacturing and Industry 4.0: A Holistic Integration Perspective in the Industrial Context*. 63–68. <https://doi.org/10.1109/icitm48982.2020.9080393>
- Wen, Y. W., & Ting, C. K. (2019). Designing facility layouts with hard and soft constraints by evolutionary algorithm. *Proceedings - 2018 1st IEEE International Conference on Artificial Intelligence for Industries, AI4I 2018*, 44–47. <https://doi.org/10.1109/AI4I.2018.8665682>

5.4. ANEXOS

Anexo 01: DETALLE MATERIALES POR PROCESO.

Proceso	Material
Recepción de Chasis	Chasis
Ensamble y anclaje de estructura	Ángulos de 40x3
	Ángulos, perfiles, tubos
	Estribo
	Faros delanteros
	Forro de fibra
	Ganchos para fibrar
	Guardachoque
	Guardafangos de tol
	Mecanismos
	Parantes
	Platinas de 3/4 x 1/8
	Refuerzos
	Thinner
	Tol de 2 mm
	Tubos cuadrados de 100x50x2
	Tubos cuadrados de 50x50x2
	Tubos cuadrados de 50x50x3
	Tubos de 100x50x3
	Tubos de 20x20x2
	Tubos de 40x40x2
	Us de 50x50x2
	Us y mecanismos
	Fibras
	Malla metálica
	Placas
	Faldones
	Anticorrosivo
Fondo rojo	
Forrado y templado	Amortiguadores
	Bisagras
	Bota
	Buster
	Caja de batería
	Cejas superiores de bodegas
	Cerchas
	Chapas
	Claraboyas
Consola	

Anexo 01: Detalle materiales por proceso (Continuación).

Proceso	Material
Forrado y templado	Cuerina
	Esponja
	Fibra
	Focos
	Forro de fibra
	Galvalumen 1/20
	Guardalodos de lona
	Guías
	Mecanismos
	Motor de plumas
	Pegamento
	Pernos
	Placas de 1/4
	Platinas de 3/4 x 3/16
	Portamatela
	Refuerzos de tol 1/16
	Remache
	Sikaflex
	Tabla MDF
	Tablero
	Tanque de combustile
	Tol de 1/16
	Tol de 1/20
	Tol de 2 mm
	Tornillos
	Tubo redondo de 50x3
	Tubos cuadrados de 50x25x2
	Tubos cuadrados de 50x25x3
	Tubos de 20x20x2
	Tubos de 40x20x2
	Tubos de 40x40x2
Tubos de 60x40x2	
Puertas	
Pre acabados	Abrazaderas plásticas
	Aluminio para costado
	Aluminio para forro
	Aluminio tipo T
	Cables
	Calafateo
	Cañerías para aire

Anexo 01: Detalle materiales por proceso (Continuación).

Proceso	Material
Pre acabados	Cañerías para cables
	Cercos de claraboyas
	Consola
	Cuerina
	Esprom
	Forros centrales del techo interior
	Forros de ventanas
	Forros interiores de fibra
	Forros para cabina, puertas y ventana
	Forros para costados del techo
	Ls de vidrio
	Madera
	Masilla plástica
	Moqueta
	Parabrisas
	Parantes
	Pegamento
	Pernos
	Plástico decorativo
	Remache
	Respaldo interior
	Sikaflex
	Soportes
	Tapas
	Teflón
	Tornillos
	Ts
	Tubo protector de cables
	U de aluminio
	Uniones
Vidrios para cabina	
Puertas	
Acople interior	Antena de TV
	Antenas de radio
	Bases
	Cuerina
	Marco de cabina
	Masilla plástica
	Moqueta
	Pantallas
	Pegamento

Anexo 01: Detalle materiales por proceso (Continuación).

Proceso	Material
Acople interior	Remache
	Rudón
	Tapas
	TV
	Aluminio filo de grada
	Puertas
Preparación y pintura	Fondo
	Masilla plástica
	Masilla roja
	Piezas accesorios internas y externas
	Pintura
	Thinner
Acabados	Alfombra
	Asientos
	Bandejas portamaletas
	Barrederas
	Basurero
	Bloqueos
	Buster
	Cables
	Caucho para puertas de bodegas
	Cortinas
	Cuerina
	Faros delanteros
	Faros posteriores
	Focos fluorescentes
	Grada neumática
	Guías
	Instrumentos de control
	Interruptores
	Limpia parabrisas
	Ls de fibra
	Luces
	Madera
	Manubrios
	Martillo rompe vidrio
	Mecanismos
	Neblineros
	Números de asientos
	Pantallas
	Parabrisas

Anexo 01: Detalle materiales por proceso (Continuación).

Proceso	Material
Acabados	Parasol
	Parlantes
	Pegamento
	Pernos
	Persiana
	Platinas de 1 1/2 x 1/4
	Poma de agua plumas
	Porta basurero
	Porta interruptores
	Porta martillo
	Portamatela
	Portavasos
	Remache
	Retrovisores
	Sikaflex
	Tablero
	Tapas
	Teflón
	Tol de 1/16
	Tol de 1/20
	Tornillos
Tuercas	
Válvulas para aire	
Puertas	
Instalaciones Elécticas	Alarma
	Amplificador
	Batería
	Cables
	Cámara
	Computadora
	Fuselera
	Fusibles
	Pernos
	Radio
	Remache
	Sockets
	Terminales
	Tornillos

Anexo 02: CURSOGRAMA 1.1 – ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA ANALÍTICO DE LA SECCIÓN DE ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA							Operación	●
Objetivo: Ensamblar la estructura de la carrocería							Transporte	→
Diagrama: 1.1							Inspección	■
							Espera	◐
							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	◐	▼		
1	Desconectar elementos del chasis que interfieren en el montaje						◐	
2	Transporte de material para suples						⊘	
3	Construcción de suples						◐	
4	Transporte de material para placas						⊘	
5	Montaje y ajuste de placas						●	
6	Revisar montaje de placas						◐	
7	Tapar elementos del chasis que puedan dañarse en el montaje						◐	
8	Montaje de suples						●	
9	Doblar "Ls" para puerta de pasajeros y ventana del chofer						●	
10	Aumento de chasis en la parte posterior						●	
11	Entrega y recepción de materiales para refuerzos X de suples						⊘	
12	Transporte de material para refuerzos X de suples						⊘	
13	Montaje de refuerzos X y soldadura en suples						●	
14	Nivelar chasis y alineación de suples						●	
15	Transporte de material para estructuras laterales						◐	
16	Preparar material referente a cerchas, estructura lateral y faldones						◐	
17	Comprobación en X suples referentes al piso de la carrocería						◐	
18	Preparar parantes, "Ls" y curvas de ventanas delanteras						◐	
19	Estructurar partes delanteras de estructuras laterales						●	
20	Preparar tubos de 100 x 50 x 2						◐	
21	Montaje de tubos de 100 x 50 x 2						●	
22	Ensamblar y alinear cerchas						●	
23	Ensamblar partes delanteras de la estructura lateral						●	
24	Completar estructuras laterales con sus respectivos refuerzos y detalles						●	
25	Transporte de tubos para techo						⊘	
26	Tejer estructura de techo						●	
27	Montaje de faldones						●	
28	Fondear toda la estructura						●	
29	Revisión de calidad de toda la estructura						◐	
30	Construir caja de batería						●	
31	Construir portamaletas, según medidas (doblar, armar, rematar)						●	
32	Construir mecanismos para puertas de bodegas						●	
Resumen	Cantidad	20	5	3	4	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	4	3	1	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	3	1	0	3	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	17	0	0	0	0		

Anexo 03: CURSOGRAMA 2.1 – ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN DE ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA							Transporte	→
							Inspección	■
							Espera	▢
Objetivo: Completar estructura principal, alineación, respaldo, guardafangos, estribo							Almacenamiento	▼
Diagrama: 2.1								
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	▢	▼		
1	Preparar herramientas de trabajo						●	
2	Transporte de refuerzos para asientos y piso						→	
3	Armar refuerzos para asientos y piso						■	
4	Armar estructura de mesa del chofer						▢	
5	Rematar con soldadura de toda la carrocería						●	
6	Alineación de la carrocería						●	
7	Comprobar y corregir detalles						■	
8	Transporte de fibras y materiales						→	
9	Construir estructura de respaldo						■	
10	Ensamblar faldones y refuerzos para forros de costados interiores						●	
11	Poner ángulos para soporte de bandejas						●	
12	Montar toma de aire y guardafangos						●	
13	Rematar estribo						●	
14	Fondear estructura						●	
15	Poner Calafateo en unión de faldones y estructuras laterales						●	
Resumen	Cantidad	11	2	1	1	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	2	1	1	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	11	0	0	0	0		

Anexo 04: CURSOGRAMA 2.2 – ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN DE ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA		Objetivo: Estructurar bodegas					Transporte	→
							Inspección	■
Diagrama: 2.2		Diagrama: 2.2					Espera	▤
							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	▤	▼		
1	Preparar herramientas de trabajo						●	
2	Transporte de material para estructura de bodegas						→	
3	Cortar y armar tubos principales de mesa de bodegas laterales	*					●	
4	Construir las bodegas laterales	*					●	
5	Construcción de pisos de bodegas laterales	*					●	
6	Alineación de faldón de carrocerías para ensamblar piso de bodegas	*					●	
7	Ensamble de piso de bodegas laterales	*					●	
8	Amar estructura de bodega posterior	*					●	
9	Instalar cejas de bodegas y tapas para forrado	*					●	
10	Instalar mecanismos para puertas de bodegas	*					●	
11	Montaje de "U" para mecanismos de puertas de bodega	*					●	
12	Rematar estructura de bodegas	*					●	
13	Instalar forros de bodega tras llantas posteriores	*					●	
14	Instalar refuerzos para forrado de bodegas	*					●	
15	Construcción y montaje de tubos debajo de guardachoque posterior	*					●	
Resumen	Cantidad	13	1	0	1	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	1	0	1	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	13	0	0	0	0		

Anexo 05: CURSOGRAMA 2.3 – ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN DE ENSAMBLE Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA							Operación	●
Objetivo: Estructurar frente							Transporte	→
Diagrama: 2.3							Inspección	■
							Espera	⏸
							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	⏸	▼		
1	Preparar herramientas de trabajo						●	
2	Transporte de material para estructura del frente						→	
3	Tapar el radiador						■	
4	Cortar chasis y aumentar en el frente						⏸	
5	Montaje de suples delantero, acoplar y rematar						▼	
6	Terminar el parante para las puertas delanteras						●	
7	Desmontar plantilla de parabrisas y colocar en fibra delantera						●	
8	Cuadrar fibra delantera y comprobar con las plantillas " Ls "						●	
9	Transporte de materiales						→	
10	Inspección de medidas de la cabina del chofer						■	
11	Estructurar y rematar la concha						⏸	
12	Forado de mesa del chofer						▼	
13	Puntear tubo del frente						●	
14	Acoplar guardachoque delantero						●	
15	Acoplar faros delanteros						●	
16	Construcción y montaje de persiana incluido mascarillas						●	
17	Instalar refuerzo en la estructura del guardachoque						●	
18	Instalar mecanismo de persiana						●	
19	Montaje de fibra de la concha y cuadrar parabrisas						●	
20	Cuadrar persiana						●	
Resumen	Cantidad	16	2	1	1	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	1	1	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	1	1	0	1	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	15	0	0	0	0		

Anexo 06: CURSOGRAMA 3.1 – FORRADO Y TEMPLADO

CAR-BUSS YAULEMA		Car Buss				Actividad		
						Operación	●	
						Transporte	➔	
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO						Inspección	■	
Objetivo: Forrado de techo						Espera	▤	
Diagrama: 3.1						Almacenamiento	▼	
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	➔	■	▤	▼		
1	Pulir soldaduras exteriores de ventanas y fondear fallas	*					◡	
2	Modificación de tubo de escape	*					○	
3	Colocar guardalodos de lona	*					○	
4	Comprobar "Ls" para vidrios y armar bases de los retrovisores	*					○	
5	Tapar el motor	*					◡	
6	Tranporte de materiales	*	➔				◡	
7	Cuadrar forro interno de fibra de primera claraboya	*					○	
8	Cuadrar fibras de puerta de cabina	*	➔				○	
9	Inspección de estructura de techo	*		■			⊘	
10	Transporte de techo y materiales	*	➔				◡	
11	Forrado de techo	*					○	
12	Instalar ceja delantera de primeras ventanas y forrado de "Ls"	*					○	
13	Instalación de dos claraboyas	*					○	
14	Cortar fibra de techo para termo King	*					◡	
15	Instalar pernos para sujetar termo King	*					◡	
16	Poner ganchos para fibrar forro del techo	*					◡	
Resumen	Cantidad	13	2	1	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	1	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	5	2	0	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	8	0	0	0	0		

Anexo 07: CURSOGRAMA 3.2 – FORRADO Y TEMPLADO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Forrado de bodegas							Espera	D
Diagrama: 3.2							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	D	▼		
1	Transporte de materiales	*					→	
2	Señalar, doblar y destajar tool para forrado de los lados de bodegas	*					○	
3	Poner corosil para aislantes en bodegas	*					○	
4	Medir, destajar y señalar los forros de los lados de las bodegas laterales	*					→	
5	Forrar los lados de las bodegas laterales	*					○	
6	Medir, destajar y señalar los forros para lados de bodega posterior	*					→	
7	Medir, destajar y señalar los forros para lado de bodegas detrás de guardafangos posteriores	*					→	
8	Forrado completo de lados de bodega posterior	*					○	
9	Forrado de pisos de bodegas laterales y posterior	*					○	
10	Poner portamaletas	*					○	
11	Armar tanque de combustible	*					○	
12	Sellar con sikaflex	*					→	
Resumen	Cantidad	11	1	6	0	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	5	1	3	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	6	0	3	0	0		

Anexo 08: CURSOGRAMA 3.3 – FORRADO Y TEMPLADO

							Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO						Operación		
Objetivo: Forrado de laterales						Transporte		
Diagrama: 3.3						Inspección		
						Espera		
						Almacenamiento		
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
								
1	Inspección para forrado lateral							
2	Instalar refuerzos para forrado de guardafangos delanteros							
3	Pulir para cejas de bodegas y ranura de forro lateral							
4	Limpiar restos de calafateo con gasolina							
5	Pulir soldas (preparación para forrado)							
6	Transporte de materiales							
7	Lijar costados para forrado lateral y templar piola de referencia							
8	Instalar y rematar cejas de bodegas (parte superior)							
9	Comprobar alineación de cejas para bodegas							
10	Pulir excesos de soldas, de cejas y de costados de bodegas							
11	Transporte de material para forro de guardafangos							
12	Preparación de forro de guardafangos							
13	Colocar forros de guardafangos							
14	Señalar y sacar forros de guardafangos							
15	Transportar a mesa para cortar a media circunferencia							
16	Cortar forros de guardafangos							
17	Forrado de cejas para "Ls" de vidrio (primeras ventanas)							
18	Medir, destajar y señalar para dobleces de forros de guardafangos							
19	Transporte de forros a sección máquinas							
20	Preparación de forros laterales							
21	Transporte a sección máquinas (forros laterales)							
22	Doblado en máquinas (forros laterales)							
23	Transporte a mesa de trabajo (forros de guardafangos)							
24	Medir y señalar para lijar donde se pega en la estructura							
25	Poner sikaflex en la estructura de guardafangos							
26	Montaje de guardafangos							
27	Poner prensas y soldar							
28	Pulir guardafangos							
29	Forrado de caja de revisión, filtro de aire							
30	Forrado del lado del chofer							
31	Medir y cortar esponja para forrados laterales							
32	Poner pegamento en la estructura y pegar esponjas							
33	Transporte de forros laterales exteriores							
34	Montar y asegurar forros laterales							
35	Preparar MIG, poner prensas y templadores							
36	Punteo con soldadura							

Anexo 08: CURSOGRAMA 3.3 – FORRADO Y TEMPLADO (Continuación)

		Car Buss					Actividad	
							Operación	
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO							Transporte	
							Inspección	
Objetivo: Forrado de laterales							Espera	
Diagrama: 3.3							Almacenamiento	
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
								
37	Rematar lados posteriores de los dos forros	*						
38	Templar forros laterales, izquierdo y derecho	*						
39	Amar templadores y preparación el equipo de calentamiento					*		
40	Calentar forros					*		
41	Poner tubos y prensas auxiliares	*						
42	Soldar puntos ciegos, corridas y punteos seguidos	*						
43	Puntear con soldadura forros laterales debajo de las ventanas	*						
44	Soldar forros laterales con cejas de bodegas y ramras	*						
45	Pulir	*						
Resumen	Cantidad	31	7	5	5	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	1	0	1	1	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	12	7	4	4	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	18	0	0	0	0		

Anexo 09: CURSOGRAMA 4.1 – FORRADO Y TEMPLADO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Forrado de piso							Espera	D
							Almacenamiento	▼
Diagrama: 4.1							Tipo de Actividad	Observación
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO						
		●	→	■	D	▼		
1	Transporte de tablas	*					(●→)	
2	Aplicación de protegal a tablas de piso	*					(●)	
3	Limpiar pistola de protegal				*		(D)	
4	Limpieza de estructura del piso para entablar	*					(●)	
5	Poner pegamento y pegar corosil para aislante en piso	*					(●)	
6	Entablado del piso	*					(○)	
7	Cuadrar la fibra de respaldo interior	*					(●)	
8	Adaptación de motores de aire acondicionado	*					(○)	
Resumen	Cantidad	6	1	0	2	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	1	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	4	1	0	1	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	2	0	0	0	0		

Anexo 10: CURSOGRAMA 4.2 – FORRADO Y TEMPLADO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO							Transporte	➔
							Inspección	■
Objetivo: Forrado de tortuga							Espera	D
							Almacenamiento	▼
Diagrama: 4.2							Tipo de Actividad	Observación
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO						
		●	➔	■	D	▼		
1	Transporte de materiales	●	➔				➔	
2	Preparación de tool para tapar el motor	*					D	
3	Construcción de la tortuga	*					D	
4	Instalar forro interno de tool galvanizado para tapa de tortuga	*					○	
5	Tapa de tortuga	*					○	
6	Preparación y soldar forro detrás del chofer	*					○	
7	Forrado del motor	*					○	
8	Forrado y tapa de revisión del hidráulico	*					○	
9	Colocar poma de aditivo refrigerante del radiador	*					○	
10	Acoplar el motor para las plumas y hacer los huecos respectivos	*					○	
11	Corte, adecuación y poner refuerzo para tablero	*					○	
12	Preparación de tool para tablero	*					D	
13	Transporte del tablero	*	➔				D	
14	Tapas del tablero y cuadrar	*					○	
Resumen	Cantidad	12	2	0	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	1	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	4	1	0	1	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	2	0	0	0	0		

Anexo 11: CURSOGRAMA 4.3 – FORRADO Y TEMPLADO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO						Operación	●	
Objetivo: Forrado de cabina						Transporte	➔	
Diagrama: 4.3						Inspección	■	
Objetivo: Forrado de cabina						Espera	▢	
Diagrama: 4.3						Almacenamiento	▼	
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observacion
		●	➔	■	▢	▼		
1	Calibración de soldadora MIG	*					⊘	
2	Transporte de materiales		*				⤿	
3	Colocar refuerzo en tubo de puerta de cabina	*					⊙	
4	Transporte de tubos para cabina (preparación)		*				⤿	
5	Medir y cortar tubos para cabina	*					⤿	
6	Transporte de tubos para cabina		*				⤿	
7	Poner mecanismos para buster en puerta de cabina	*					⊙	
8	Armar cabina	*					⊙	
9	Completar cabina lado de entrada de pasajeros	*					⊙	
10	Hacer destajes en grada para puerta de cabina	*					⊙	
11	Armar rodamiento de puerta de cabina	*					⊙	
12	Ensamblar puerta de cabina	*					⊙	
13	Poner tuercas para visagra de puertas de cabina	*					⊙	
14	Comprobar funcionamiento de visagras y calibrar		*				⤿	
15	Rematar estructura de cabina	*					⊙	
16	Cortar grada para instalar buster de puerta de cabina	*					⊙	
17	Completar mecanismos y tapa para el buster de puerta de cabina	*					⊙	
18	Reforzar lado de ventana del chofer	*					⊙	
19	Tapar huecos y poner cejas en cabina	*					⊙	
20	Cuadrar fibras de cabina	*					⊙	
21	Cuadrar forro detrás del chofer y poner refuerzo	*					⊙	
22	Cuadrar consola	*					⊙	
Resumen	Cantidad	17	3	1	1	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	1	3	1	1	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	16	0	0	0	0		

Anexo 12: CURSOGRAMA 5.1 – FORRADO Y TEMPLADO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO						Operación		
Objetivo: Construcción de puerta de pasajeros						Transporte		
						Inspección		
Diagrama: 5.1						Espera		
						Almacenamiento		
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
1	Comprobación de "L" con plantilla de vidrio							
2	Transporte de materiales							
3	Construcción e instalación de eje con mecanismos	*						
4	Estructurar puerta	*						
5	Instalación de mecanismos de cierre y buster	*						
6	Forrar la puerta	*						
Resumen	Cantidad	4	1	1	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	1	1	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	4	0	0	0	0		

Anexo 13: CURSOGRAMA 5.2 – FORRADO Y TEMPLADO

							Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Construcción puertas de bodegas							Espera	▢
Diagrama: 5.2							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	▢	▼		
1	Transporte de materiales							
2	Instalación de brazos para mecanismos de puertas de bodegas							
3	Instalación de piezas para acoplar puertas en los mecanismos							
4	Transporte de puertas de bodegas							
5	Montaje de puertas de bodegas							
6	Montaje de guías							
7	Montaje de amortiguadores de puertas de bodegas							
8	Centrar puertas de bodegas							
9	Regulación de guías							
Resumen	Cantidad	6	2	1	0	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	2	1	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	6	0	0	0	0		

Anexo 14: CURSOGRAMA 5.3 – FORRADO Y TEMPLADO

							Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN FORRADO Y TEMPLADO							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Construcción de compuerta posterior							Espera	D
Diagrama: 5.3							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	D	▼		
1	Transporte de materiales						→	
2	Medir, cortar y doblar tubos para estructura de compuerta posterior	●					○	
3	Cuadrar fibra para bodega portallanta	●					○	
4	Comprobar huecos para instalación de focos posteriores						○	
5	Preparar tool para forrado	●					○	
6	Forrar bodega portallanta	●					○	
7	Armar tubo de refuerzo, bodega portallanta	●					○	
8	Cortar, medir y doblar dos "Us"	●					○	
9	Colocar refuerzos bajo el piso de la bodega posterior	●					○	
10	Completar estructura de bodega portallanta	●					○	
11	Completar forros de fibra en las esquinas de la bodega portallanta	●					○	
12	Rematar y fondear	●					○	
13	Montaje de guardachoque posterior y remachar	●					○	
14	Armar y cuadrar focos	●					○	
15	Acoplar y ensamblar focos posteriores	●					○	
16	Cortar y doblar tubos para la estructura de compuerta posterior	●					○	
17	Armar estructura para compuerta posterior y cortar excesos de fibra	●					○	
18	Pulir cejas	●					○	
19	Rematar estructura de compuerta posterior	●					○	
20	Transporte de materiales						→	
21	Ensamblar fibra de compuerta posterior	●					○	
22	Construir y armar bisagras para compuerta posterior	●					○	
23	Armar amortiguadores	●					○	
24	Comprobar la compuerta						○	
25	Instalar mecanismos de cierre	●					○	
26	Pulir excesos de fibra de cejas	●					○	
Resumen	Cantidad	22	3	2	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	4	3	2	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	18	0	0	0	0		

Anexo 15: CURSOGRAMA 6.1 – FORRADO Y TEMPLADO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN PRE ACABADOS - FORRADO INTERNO							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Forrado de techo interno							Espera	D
Diagrama: 6.1							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	D	▼		
1	Cableado de todo el sistema eléctrico	*	*				○	
2	Transporte de materiales		*				⤿	
3	Medir, señalar y cortar pedazos de madera para el techo interior	*					⤿	
4	Instalar pedazos de madera para el techo interior	*					○	
5	Instalar el aluminio para los forros de los costados del techo interior	*					○	
6	Ensamblar los forros de los costados interiores del techo	*					○	
7	Ensamblar forro central de techo interior	*	*				○	
8	Transporte materiales para tapizado del piso		*				⤿	
9	Tapizado del piso	*					○	
Resumen	Cantidad	7	2	0	0	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	2	1	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	6	0	0	0	0		

Anexo 16: CURSOGRAMA 6.2 – FORRADO Y TEMPLADO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN PRE ACABADOS - FORRADO INTERNO							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Forrado de elementos internos							Espera	D
Diagrama: 6.2							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observacion
		●	→	■	D	▼		
1	Transporte de materiales						↪	
2	Ensamble y tapizado del respaldo interior	*					○	
3	Tapizado de cabina y costados de cabina para fibras	*					○	
4	Forrado de los costados interiores	*					○	
5	Ensamble de plástico decorativo en costados, filo de ventanas, parantes y curvas	*					○	
6	Instalar parantes de ventanas, atornillar y poner tapas	*					○	
7	Transporte de materiales						↪	
8	Montaje de la consola	*					○	
9	Transporte de materiales						↪	
10	Instalar cañerías de aire para bloqueo de las puertas	*					○	
11	Tapizado de la parte superior de las ventanas	*					○	
12	Instalar plástico en las curvas superiores de ventanas	*					○	
13	Instalar ganchos para cortinas	*					○	
14	Montaje de forro de fibra lado del chofer	*					○	
15	Montaje de forro de fibra de la cabina	*					○	
16	Instalar "U" de aluminio para fibra de la cabina	*					○	
17	Instalar vidrio en puerta de cabina	*					○	
18	Instalar forro de fibra, en el costado de la puerta de la cabina	*					○	
19	Colocar vidrio de la cabina	*					○	
20	Colocar forro de ventana, lado de puerta de pasajeros	*					○	
21	Instalar cable para cortina posterior	*					○	
22	Pegar parabrisas posterior	*					○	
23	Sellar todas las ranuras de uniones horizontales de las fibras del techo interior	*					○	
24	Instalar luces cucuyas en costado de puertas de bodegas	*					○	
25	Asegurar cañerías de aire	*					○	
26	Instalación de uniones "Ts"	*					○	
Resumen	Cantidad	23	3	0	0	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	3	0	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	23	0	0	0	0		

Anexo 17: CURSOGRAMA 7.1 – ACOPLER INTERNO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN ACOPLER INTERNO							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Tapizado Cabina							Espera	D
							Almacenamiento	▼
Diagrama: 7.1							Tipo de Actividad	Observación
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO						
		●	→	■	D	▼		
1	Transporte de materiales complementarios		→				→	
2	Pulir, limpiar, masillar y lijar la cabina del chofer	●					○	
3	Transporte de materiales para tapizado		→				→	
4	Tapizado de la cabina y moqueta del piso del chofer	●					○	
5	Tapizado de la cabina "TV"	●					○	
6	Tapizado de gradas del estribo	●					○	
7	Tapizado de parantes	●					○	
8	Terminar tapizado de gradas y cabina	●					○	
9	Tapizado de tapa de "TV"	●					○	
10	Tapizado de grada neumática	●					○	
11	Tapizado de la tapa del retrovisor y tapa del motor	●					○	
12	Limpieza de la cabina del chofer y gradas						→	
Resumen	Cantidad	10	2	0	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	1	2	0	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	9	0	0	0	0		

Anexo 18: CURSOGRAMA 7.2 – ACOPLA INTERNO

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN ACOPLA INTERNO							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Montaje accesorios TV y radio							Espera	D
							Almacenamiento	▼
Diagrama: 7.2								
N.-	ACTIVIDAD	SIMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	D	▼		
1	Transporte de materiales	*	*				→	
2	Colocar cerco de la claraboya posterior y sellar	*					●	
3	Instalar forro de fibra de 1ra ventana de pasajeros "L" interna	*					●	
4	Instalar aluminio en los costados de los asientos	*					●	
5	Montaje de "Ls" de vidrio	*					●	
6	Sellar "Ls" de vidrio (pelucas)	*					●	
7	Montajes de soportes de bandejas	*					●	
8	Armar puerta de cabina	*					●	
9	Montaje de "TV" y tapa	*					●	
10	Montaje de base del tarjetero	*					●	
11	Instalar marco de la puerta de cabina	*					●	
12	Instalar tubo protector de cables	*					●	
13	Instalar antena de radio y TV	*					●	
14	Limpieza del piso y elementos	*					→	
Resumen	Cantidad	13	1	0	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	1	1	0	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	12	0	0	0	0		

Anexo 19: CURSOGRAMA 8.1 – PREPARACIÓN Y PINTURA

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN PREPARACIÓN Y PINTURA						Operación	●	
Objetivo: Pintado elementos de fibra						Transporte	➔	
						Inspección	■	
Diagrama: 8.1						Espera	◐	
						Almacenamiento	▼	
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	➔	■	◐	▼		
1	Transporte de materiales	●	➔				◐	
2	Preparación y pintado de bodegas	●					○	
3	Preparación de elementos de fibra exteriores	●					○	
4	Preparación de elementos de fibra interiores	●					○	
5	Preparación de elementos de fibra cabina y puertas	●					○	
6	Preparación de consola y forros de ventanas	●					○	
7	Preparación de tablero	●					○	
8	Pintado de elementos de fibra en general	●					○	
Resumen	Cantidad	7	1	0	0	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	1	0	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	7	0	0	0	0		

Anexo 20: CURSOGRAMA 8.2 – PREPARACIÓN Y PINTURA

		Car Buss					Actividad	
							Operación	●
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN PREPARACIÓN Y PINTURA							Transporte	→
							Inspección	■
Objetivo: Pintado de carrocería Diagrama: 8.2							Espera	D
							Almacenamiento	▼
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	→	■	D	▼		
1	Transporte de materiales		*				→	
2	Lijar forros laterales	*					●	
3	Inspección			*			■	
4	Masillar en uniones de fibras	*					●	
5	Limpieza	*					●	
6	Inspección			*			■	
7	Masillado forros laterales y guardafangos	*					●	
8	Secado de masillado				*		●	
9	Lijado a máquina circular y a mano	*					●	
10	Segunda mano de masilla	*					●	
11	Lijado a máquina circular y a mano	*					●	
12	Masillado de la compuerta posterior	*					●	
13	Lijado a máquina circular y a mano	*					●	
14	Masillado fino en el exterior de la carrocería y lijar (lija fina)	*					●	
15	Lijado fino exterior	*					●	
16	Tapar ventanas para proteger el interior del bus	*					●	
17	Fondear el exterior de la carrocería	*					●	
18	Masilla roja donde se requiera	*					●	
19	Lijar con lija fina de agua	*					●	
20	Secar y limpiar	*					●	
21	Segunda mano de fondeo	*					●	
22	Pintar el exterior del bus	*					○	
23	Coger fallas de pintura en los elementos que se necesite (interior y exterior)	*					○	
24	Fondear y pintar elementos bajo de la carrocería	*					○	
Resumen	Cantidad	20	1	2	1	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	1	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	17	1	1	1	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	3	0	0	0	0		

Anexo 21: CURSOGRAMA 9.1 – ACABADOS

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN ACABADOS						Operación	●	
Objetivo: Acabados asientos y puertas						Transporte	➔	
Diagrama: 9.1						Inspección	■	
Objetivo: Acabados asientos y puertas						Espera	▤	
Diagrama: 9.1						Almacenamiento	▼	
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	➔	■	▤	▼		
1	Transporte de materiales	*	*				➔	
2	Montaje de asientos	*					●	
3	Instalación de barrederas	*					●	
4	Transporte de materiales	*	*				➔	
5	Montaje de puerta principal y mecanismos	*					●	
6	Montaje de grada neumática	*					●	
7	Montaje de buster de la puerta principal	*					●	
8	Montaje de buster de puerta de cabina	*					●	
9	Montaje de buster de grada neumática	*					●	
10	Montaje de tapa de fibra de la puerta	*					●	
11	Instalación de luces de pasillo	*					●	
12	Conexión de aire para puertas	*					●	
13	Transporte de materiales	*	*				➔	
14	Instalar cables de luces de la bodega	*					●	
15	Montaje de portamaletas	*					●	
16	Montaje de mecanismo de llanta de emergencia	*					●	
17	Colocar los números de asientos	*					●	
18	Instalación de cortinas	*					●	
Resumen	Cantidad	15	3	0	0	0		
	Actividad Innecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	3	0	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	15	0	0	0	0		

Anexo 22: CURSOGRAMA 9.2 – ACABADOS

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN ACABADOS						Operación	●	
Objetivo: Acabados luces						Transporte	➔	
Diagrama: 9.2						Inspección	■	
Objetivo: Acabados luces						Espera	⏸	
Diagrama: 9.2						Almacenamiento	▼	
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	➔	■	⏸	▼		
1	Transporte de materiales	*	*				➔	
2	Montaje del motor para las plumas	*					●	
3	Montaje de faros delanteros	*					●	
4	Montaje de neblineros	*					●	
5	Instalar luces de STOP	*					●	
6	Instalar luces medias de costado	*					●	
7	Montaje de faros posteriores	*					●	
9	Montaje de la poma de agua para las plumas	*					●	
10	Transporte de materiales	*	*				➔	
12	Sellado de luces y parabrisas posterior	*					●	
13	Sellado exterior de "Ls" de vidrio	*					●	
14	Ensamblado de "Ls" de fibra	*					●	
15	Instalación de bloqueos en puertas de bodegas	*					●	
16	Transporte de parabrisas delanteros	*	*				➔	
17	Montaje de parabrisas delantero	*					●	
18	Sellado de parabrisas delantero	*					●	
19	Armado de limpia parabrisas	*					●	
20	Armado de retrovisores	*					●	
Resumen	Cantidad	14	4	0	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	4	0	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	14	0	0	0	0		

Anexo 23: CURSOGRAMA 10.1 – ACABADOS

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN ACABADOS						Operación	●	
Objetivo: Acabados cabina						Transporte	➔	
Diagrama: 10.1						Inspección	■	
						Espera	▤	
						Almacenamiento	▼	
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	➔	■	▤	▼		
1	Transporte de materiales						➔	
2	Ensamblar el tablero	*					●	
3	Montaje de los instrumentos de control	*					●	
4	Construir e instalar la tapa para el llenado del aceite del motor	*					●	
5	Construcción y montaje de la caja de la computadora	*					●	
6	Instalación de válvulas para abrir y cerrar puertas	*					●	
7	Transporte de materiales						➔	
8	Instalar la tapa de revisión del hidráulico	*					●	
9	Instalar los interruptores de todas las luces	*					➔	
10	Montaje de manubrios para apoyo de los pasajeros	*					●	
11	Montaje del asientos del chofer y del controlador	*					●	
12	Montaje de botiquín y porta extintoren la cabina del chofer	*					●	
13	Montaje del retrovisor interno	*					●	
14	Transporte de materiales						➔	
15	Instalar luces de la cabina del chofer	*					●	
16	Instalar parasol y cortina del chofer	*					●	
Resumen	Cantidad	13	3	0	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	0	3	0	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	13	0	0	0	0		

Anexo 24: CURSOGRAMA 11.1 – INSTALACIONES ELÉCTRICAS

		Car Buss					Actividad	
							Operación	Transporte
CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA SECCIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS						Operación	●	
Objetivo: Instalaciones eléctricas						Transporte	➔	
Diagrama: 11.1						Inspección	■	
Objetivo: Instalaciones eléctricas						Espera	▤	
Diagrama: 11.1						Almacenamiento	▼	
N.-	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					Tipo de Actividad	Observación
		●	➔	■	▤	▼		
1	Transporte de materiales	*	*				●	
2	Pasar cables	*					●	
3	Instalar la fuselera	*					○	
4	Instalar los sockers de luces del frente y partes posteriores	*					○	
5	Instalar terminales y protección	*					○	
6	Clasificación de cables para swith	*					●	
7	Conexión de baterías	*					●	
8	Conexión de la computadora	*					○	
9	Soldar cables de la cámara	*					●	
10	Transporte de materiales	*	*				●	
11	Conexión de cámara	*					○	
12	Conexión de radio	*					○	
13	Conexión de televisión	*					○	
14	Conexión de amplificador	*					●	
15	Comprobación de todo el sistema electrico	*					●	
16	Encender bus	*					●	
Resumen	Cantidad	12	3	1	0	0		
	Actividad Inecesaria, no añade valor al producto	0	0	0	0	0		
	Actividad Necesaria, no añade valor al producto	5	3	1	0	0		
	Actividad Necesaria, añade valor al producto	7	0	0	0	0		

Anexo 25: DATOS INGRESADOS EN FLOW PLANNER

ROUTINGS (Product)	User Defined	Part	Flow%	From	Method	Container	Containers/Trip	Parts/Container	To
Interprovincial	1	ANGULOS-40X3	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	10	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	FAROS- DELANTEROS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	2	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	FORRO-FIBRA	100	AREA- FIBRA	CAMINANDO	COCHE- FIBRA	1	5	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	GANCHOS- FIBRAR	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	14	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	GUARDACHOQUE	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	GUARDAFANGOS- TOL	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	4	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	MECANISMOS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	PARANTES	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	11	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	PLATINAS-3/4-1/8	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	5	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	REFUERZOS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	10	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	THINNER	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TOL-2MM	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	5	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TUBOS- CUADRADOS- 100x50x2	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	4	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TUBOS- CUADRADOS- 50x50x2	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	20	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TUBOS- CUADRADOS- 50x50x3	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	25	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TUBOS-100x50x3	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	2	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	TUBOS-20x20x2	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	20	ESTRUCTURADO

Anexo 25: DATOS INGRESADOS EN FLOW PLANNER (Continuación)

ROUTINGS (Product)	User Defined	Part	Flow%	From	Method	Container	Containers/Trip	Parts/Container	To
Interprovincial	1	TUBOS-40x40x2	100	TUBOS-CORTADOS	CAMINANDO	COCHE-TUBOS	1	20	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	PLACAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	8	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	FALDONES	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	2	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	PINTURA-ANTICORROSIVA	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	2	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	FONDO-ROJO	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ESTRUCTURADO
Interprovincial	1	AMORTIGUADORES	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	16	FORRADO
Interprovincial	1	BISAGRAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	10	FORRADO
Interprovincial	1	BUSTER	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	6	FORRADO
Interprovincial	1	CAJA-BATERIA	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	FORRADO
Interprovincial	1	CEJAS-BODEGAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	6	FORRADO
Interprovincial	1	CHAPAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	8	FORRADO
Interprovincial	1	CLARABOYAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	2	FORRADO
Interprovincial	1	CONSOLA	100	AREA-FIBRA	CAMINANDO	COCHE-FIBRA	1	1	FORRADO
Interprovincial	1	ESPONJA	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	2	FORRADO
Interprovincial	1	FORRO-FIBRA	100	AREA-FIBRA	CAMINANDO	COCHE-FIBRA	1	12	FORRADO
Interprovincial	1	GUARDALODOS-LONA	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	4	FORRADO
Interprovincial	1	GUIAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	24	FORRADO
Interprovincial	1	MECANISMOS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	26	FORRADO
Interprovincial	1	MOTOR-PLUMAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	FORRADO
Interprovincial	1	PEGAMENTO	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	3	FORRADO

Anexo 25: DATOS INGRESADOS EN FLOW PLANNER (Continuación)

ROUTINGS (Product)	User Defined	Part	Flow%	From	Method	Container	Containers/Trip	Parts/Container	To
Interprovincial	1	PLACAS-1/4	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	5	FORRADO
Interprovincial	1	PLATINAS-3/4x3/16	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	5	FORRADO
Interprovincial	1	PORTAMALETA	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	2	FORRADO
Interprovincial	1	REFUERZOS-1/16	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	5	FORRADO
Interprovincial	1	REMACHE	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1000	FORRADO
Interprovincial	1	SIKAFLEX	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	24	FORRADO
Interprovincial	1	TABLA-MDF	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	8	FORRADO
Interprovincial	1	TABLERO	100	AREA- FIBRA	CAMINANDO	CAJA	1	1	FORRADO
Interprovincial	1	TANQUE- COMBUSTIBLE	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	FORRADO
Interprovincial	1	TOL-1/16	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	5	FORRADO
Interprovincial	1	TOL-1/20	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	5	FORRADO
Interprovincial	1	TOL-2mm	100	AREA- PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE- PLANCHAS	1	6	FORRADO
Interprovincial	1	TORNILLOS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1000	FORRADO
Interprovincial	1	TUBOS- CUADRADOS- 50x25x2	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	10	FORRADO
Interprovincial	1	TUBOS- CUADRADOS- 50x25x3	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	15	FORRADO
Interprovincial	1	TUBOS-20x20x2	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	10	FORRADO
Interprovincial	1	TUBOS-40x20x2	100	TUBOS- CORTADOS	CAMINANDO	COCHE- TUBOS	1	15	FORRADO

Anexo 25: DATOS INGRESADOS EN FLOW PLANNER (Continuación)

ROUTINGS (Product)	User Defined	Part	Flow%	From	Method	Container	Containers/Trip	Parts/Container	To
Interprovincial	1	TUBOS-40x40x2	100	TUBOS-CORTADOS	CAMINANDO	COCHE-TUBOS	1	15	FORRADO
Interprovincial	1	TUBOS-60x40x2	100	TUBOS-CORTADOS	CAMINANDO	COCHE-TUBOS	1	5	FORRADO
Interprovincial	1	PUERTAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	2	FORRADO
Interprovincial	1	ASIENTOS	100	BODEGA-ACABADOS1	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	45	ACABADOS
Interprovincial	1	BANDEJAS-PORTAMALETAS	100	BODEGA-ACABADOS1	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	BARREDERAS	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	BASURERO	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	BLOQUEOS	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	BUSTER	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	CABLES	100	BODEGA-ACABADOS4	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	3	ACABADOS
Interprovincial	1	CAUCHO-BODEGAS	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	CORTINAS	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	22	ACABADOS
Interprovincial	1	CUERINA	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	FAROS-DELANTEROS	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	FAROS-POSTERIORES	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	FOCOS-FLUORESCENTES	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	GRADA-NEUMATICA	100	BODEGA-ACABADOS1	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS

Anexo 25: DATOS INGRESADOS EN FLOW PLANNER (Continuación)

ROUTINGS (Product)	User Defined	Part	Flow%	From	Method	Container	Containers/Trip	Parts/Container	To
Interprovincial	1	GUIAS	100	BODEGA-ACABADOS1	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	INSTRUMENTOS-CONTROL	100	BODEGA-ACABADOS4	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	INTERRUPTORES	100	BODEGA-ACABADOS4	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	5	ACABADOS
Interprovincial	1	LIMPIA-PARABRISAS	100	BODEGA-ACABADOS3	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	LUCES	100	BODEGA-ACABADOS4	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	14	ACABADOS
Interprovincial	1	MARTILLO-ROMPE-VIDRIO	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	6	ACABADOS
Interprovincial	1	NEBLINEROS	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	NUMEROS-ASIENTOS	100	BODEGA-ACABADOS1	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	45	ACABADOS
Interprovincial	1	PANTALLAS	100	BODEGA-ACABADOS4	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	PARABRISAS	100	BODEGA-ACABADOS3	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	PARASOL	100	BODEGA-ACABADOS3	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	PARLANTES	100	BODEGA-ACABADOS4	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	4	ACABADOS
Interprovincial	1	PERNOS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	8	ACABADOS
Interprovincial	1	PERSIANA	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	PLATINA-1.1/2x1/4	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	POMA-AGUA-PLUMAS	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	PORTA-BASURERO	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS

Anexo 25: DATOS INGRESADOS EN FLOW PLANNER (Continuación)

ROUTINGS (Product)	User Defined	Part	Flow%	From	Method	Container	Containers/Trip	Parts/Container	To
Interprovincial	1	PORTA-INTERRUPTORES	100	BODEGA-ACABADOS4	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	5	ACABADOS
Interprovincial	1	PORTA-MARTILLO	100	BODEGA-ACABADOS3	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	6	ACABADOS
Interprovincial	1	PORTAMALETA	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	PORTAVASOS	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	REMACHE	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1000	ACABADOS
Interprovincial	1	RETROVISORES	100	BODEGA-ACABADOS3	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	SIKAFLEX	100	BODEGA2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	TABLERO	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	TAPAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	2	ACABADOS
Interprovincial	1	TEFLON	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1	ACABADOS
Interprovincial	1	TOL-1/16	100	AREA-PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE-PLANCHAS	1	5	ACABADOS
Interprovincial	1	TOL-1/20	100	AREA-PLANCHAS	CAMINANDO	COCHE-PLANCHAS	1	5	ACABADOS
Interprovincial	1	TORNILLOS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	1000	ACABADOS
Interprovincial	1	TUERCAS	100	BODEGA2	CAMINANDO	CAJA	1	10	ACABADOS
Interprovincial	1	VALVULAS-AIRE	100	BODEGA-ACABADOS2	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	8	ACABADOS
Interprovincial	1	PUERTAS	100	BODEGA-ACABADOS1	CAMINANDO	COCHE-ACABADOS	1	2	ACABADOS

Anexo 26: DATOS PARA PESTAÑA MÉTODOS

En este anexo se presenta las consideraciones que se toman para el ingreso de datos en la pestaña métodos los cuales se usan en el software FlowPlanner para los cálculos de tiempos y costo de acuerdo a las distancias recorridas entre áreas.

Se realizó un estudio observacional con el objetivo de medir la velocidad de marcha en los operarios de Car Buss Yaulema. Se midió parámetros de longitud y tiempo del ciclo de marcha.

Se evaluó una muestra de 20 operarios, a los que se les pidió recorrer en línea recta una distancia de 6 metros en cinco repeticiones. En cada repetición se tomó el tiempo de ciclo de marcha con cronómetro de vuelta a cero.

La velocidad durante cada repetición se obtiene mediante el cociente entre la distancia recorrida total y el tiempo transcurrido desde el momento que el operario sale del punto de partida hasta que pasa ambos pies por la línea que representa el punto de llegada. La velocidad media se obtuvo promediando los valores de todos los operarios.

Operarios	Repeticiones					Promedio Operario (s)	Distancia (m)	Velocidad promedio (m/s)
	1	2	3	4	5			
1	8,700	8,100	8,400	8,120	8,700	8,404	6	0,714
2	8,100	8,800	9,700	8,700	8,120	8,684	6	0,691
3	8,120	8,800	8,700	8,800	8,800	8,644	6	0,694
4	8,500	8,100	8,700	8,700	8,110	8,422	6	0,712
5	8,200	8,800	8,700	8,200	8,100	8,400	6	0,714
6	8,100	8,200	8,100	8,300	8,100	8,160	6	0,735
7	8,500	8,100	8,500	8,600	8,800	8,500	6	0,706
8	8,100	8,300	8,100	8,110	8,800	8,282	6	0,724
9	8,700	8,110	8,100	8,800	8,400	8,422	6	0,712
10	9,600	8,500	9,800	8,300	9,600	9,160	6	0,655
11	8,100	8,800	8,600	8,120	8,500	8,424	6	0,712
12	8,800	8,700	8,500	8,200	8,300	8,500	6	0,706
13	8,700	8,700	9,200	9,100	8,100	8,760	6	0,685
14	9,800	9,400	9,200	9,800	8,120	9,264	6	0,648
15	8,800	8,400	8,700	8,200	8,700	8,560	6	0,701
16	8,200	8,700	8,800	8,700	8,500	8,580	6	0,699
17	8,800	8,110	8,200	8,500	8,200	8,362	6	0,718

Operarios	Repeticiones					Promedio Operario (s)	Distancia (m)	Velocidad promedio (m/s)
	1	2	3	4	5			
18	8,200	8,700	8,700	8,300	8,700	8,520	6	0,704
19	8,300	8,700	8,700	8,400	8,200	8,460	6	0,709
20	8,600	8,120	8,120	8,600	8,700	8,428	6	0,712
Velocidad Media								0,703

Para el estudio de costos se considera el sueldo de los operarios; ya que son los que realizan los transportes y se realiza el siguiente cálculo:

Sueldo mensual	400	\$/mes
Horas de trabajo semanal	40	h/sem
Semanas de trabajo mensual	4	sem/mes
Operarios totales	20	operarios

$$\text{Costo hora individual} = \frac{\text{sueldo mensual}}{(\text{horas de trabajo semanal} * \text{semanas de trabajo mensual})}$$

$$\text{Costo hora individual} = \frac{400}{(40 * 4)} = 2,5 \text{ \$/hora}$$

Con un costo por hora de cada operario de \$2,5 y 20 operarios trabajando y realizando transportes al mismo tiempo se tiene:

$$\text{Costo total} = \text{Costo hora individual} * \text{Operarios totales}$$

$$\text{Costo total} = 2,5 * 20 = 50\$$$

Anexo 27: RECUPERACIÓN INVERSIÓN

Los siguientes gastos se consideran para la distribución propuesta:

Detalle	Valor
Obra Civil	\$2.800,00
Estructura metálica	\$1.000,00
Total	\$3.800,00

El ahorro por disminución de recorridos es de \$ 3108,30 por lo que:

$$\textit{Recuperación inversión} = \frac{\$ 3800,00}{\$ 3108,30}$$

$$\textit{Recuperación inversión} = 1,22 \text{ años}$$