

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL



AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE  
ALMACENAMIENTO DE CARROCERÍAS DE LA  
ENSAMBLADORA DE VEHÍCULOS  
CORPORACIÓN AUTOMOTRIZ Z.G.T.C.A,  
UBICADA EN LAS TEJERÍAS ESTADO ARAGUA

Autor: Ing. Rafael Jacinto Farfán Rincón

Tutora: Esp. Marlene Zambrano

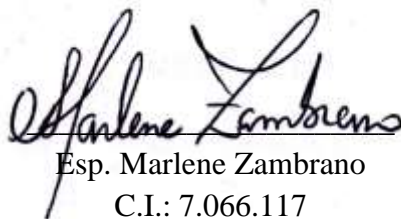
Trabajo Especial de Grado presentado para optar al grado académico de  
Especialista en Automatización Industrial

SAN DIEGO, 30 DE OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

**AUTORIZACIÓN DE LA TUTORA**

Quien suscribe, **Marlene Zambrano**, titular de la Cédula de Identidad N.º **7.066.117**, en mi carácter de tutora del Trabajo de Grado, titulado **Automatización del proceso de almacenamiento de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., ubicada en Las Tejerías estado Aragua**, adscrito a la línea de investigación: **Gestión tecnológica empresarial**, presentado por el ciudadano **Rafael Jacinto Farfán Rincón**, titular de la Cédula de Identidad N.º **18.176.121**, hago constar que he dirigido el proceso de investigación correspondiente, leído el contenido del informe escrito y considero que el mismo reúne los requisitos exigidos para ser evaluado por el jurado que se designe, por lo cual autorizo la entrega de un (01) ejemplar en físico ante la Coordinación del Programa **Especialización en Automatización Industrial**.



Esp. Marlene Zambrano  
C.I.: 7.066.117

San Diego, a los 30 días del mes de octubre del año 2019

## ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE GENERAL .....	2
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE GRÁFICOS .....	10
LISTA DE CUADROS .....	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT .....	14
INTRODUCCIÓN .....	15
CAPÍTULO I.....	17
EL PROBLEMA .....	17
Planteamiento del problema .....	17
Objetivos de la investigación.....	27
Objetivo general.....	27
Objetivos específicos .....	27
Justificación de la investigación .....	27
CAPÍTULO II .....	30
MARCO TEÓRICO .....	30
Antecedentes de la investigación.....	30
Bases teóricas.....	38
Pre automatización.....	38
Automatización .....	39
Líneas de producción .....	41
Línea de ensamble.....	42

Almacenes automáticos.....	43
Elevador .....	44
Transelevador.....	44
Mesa elevadora de tijera .....	45
Skids.....	46
Mesa de rodillos simples.....	47
Mesa de rodillos motorizados .....	47
Bases legales .....	49
Ciclos de trabajo.....	49
Condiciones ideales del ambiente de trabajo .....	49
Disergonómico .....	50
Empuje de carga.....	50
Ergonomía .....	50
Fatiga física .....	50
Frecuencia .....	51
Frecuencia de empuje.....	51
Manipulación manual de carga .....	51
Medios técnicos de asistencia .....	51
Posturas forzadas.....	51
Proceso peligroso derivado de las condiciones disergonómicas.....	51
Tracción de carga.....	52
CAPÍTULO III.....	57
MARCO METODOLÓGICO .....	57
Tipo y diseño de la investigación .....	58
Tipo de investigación .....	58

Diseño de la investigación .....	59
Población y muestra.....	59
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	60
Validez y confiabilidad del instrumento.....	61
Validez .....	62
Confiabilidad.....	66
Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	71
Fases de la investigación .....	72
Fase I.....	72
Fase II.....	72
Fase III.....	73
CAPITULO IV.....	74
Análisis e interpretación de los resultados obtenidos.....	74
Diagnóstico de la condición actual del proceso.....	75
Idoneidad de las operaciones .....	86
Nivel de gestión del almacenamiento .....	88
Efectividad del proceso .....	95
Impacto de la manipulación manual de cargas en el operador.....	97
Grado de cumplimiento de higiene postural .....	100
Nivel de seguridad de las operaciones .....	102
Discusión de los resultados.....	106
Diseño de la propuesta de automatización .....	109
Descripción del funcionamiento del proceso automatizado.....	110
Línea de desempaque final.....	110
Carro transportador elevador .....	111

Proceso de almacenamiento en el bodywarehouse .....	114
Grado de instrucción de los operadores .....	115
Sistema de control y supervisión .....	115
Análisis de factibilidad técnica, operativa y económica .....	116
Análisis de factibilidad técnica .....	117
Análisis de factibilidad operativa .....	124
Análisis de factibilidad económica .....	125
Análisis de factibilidad social .....	132
Factibilidad institucional .....	132
Factibilidad legal .....	132
Factibilidad ecológica .....	133
Limitaciones .....	133
CONCLUSIONES .....	134
CAPITULO V .....	137
LA PROPUESTA .....	137
Introducción .....	137
Justificación .....	137
Objetivos de la Propuesta .....	138
Objetivo General .....	138
Objetivos Específicos .....	138
Desarrollo de la Propuesta .....	139
Diseño de la lógica de control para la automatización del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse .....	140

Diseño de las pantallas del HMI para la supervisión y control del proceso automatizado del traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse. ....	166
Determinación del hardware de instrumentación, control y supervisión para la automatización del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse .....	168
RECOMENDACIONES .....	185
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	186
ANEXOS .....	189
ANEXO A .....	190
Tabla de operacionalización de las variables.....	190
ANEXO B .....	191
Lista de cotejo.....	191
ANEXO C .....	193
Cuestionario aplicado .....	193
ANEXO D.....	196
Formato de validación de instrumentos - juicio de expertos .....	196
ANEXO D.1 .....	198
Formato de validación de instrumentos - juicio de expertos .....	198
ANEXO D.2 .....	200
Formato de validación de instrumentos - juicio de expertos .....	200
ANEXO E.....	195
Tabla cálculos de la confiabilidad K20.....	195
ANEXO F.....	202
Especificaciones dimensionales panel de operador (HMI).....	202

ANEXO G .....	203
Controlador logico programable seleccionado (Micrologix 1500 1764-LRP) .....	203
ANEXO H .....	204
Especificaciones técnicas módulo de entradas discretas .....	204
ANEXO I .....	205
Especificaciones técnicas módulo de salidas discretas .....	205

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Layout descontenerización y almacén de carrocerías de Corporación Automotriz Z.G.T.C.A .....	6
2	Áreas básicas de automatización en la industria de manufactura .....	2
3	Sistema de rodillos motorizados .....	34
4	Recorrido del material SKD en el proceso de descontenerización, desempaque final y almacenamiento en el bodywarehouse .....	63
5	Diagrama de flujo de la lógica de control del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final hasta el bodywarehouse.....	149
6	Especificaciones técnicas de la mesa de rodillo motorizada seleccionada .....	155
7	Características dimensionales de la mesa de rodillo motorizada seleccionada .....	155
8	Especificaciones técnicas de los contactores seleccionados .....	156
9	Especificaciones técnicas de protección térmica seleccionada .....	157
10	Placa característica del motor eléctrico del tren motriz del carro transportador-elevador .....	158
11	Especificaciones técnicas del variador de frecuencia seleccionado para el control de velocidad del tren motriz del carro transportador-elevador.....	159
12	Especificaciones técnicas del sensor final de carrera seleccionado .....	160
13	Especificaciones técnicas de la pantalla HMI seleccionada .....	162
14	Especificaciones técnicas del control lógico programable seleccionado.....	166
15	Especificaciones técnicas del control lógico programable seleccionado.....	167

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
16	Especificaciones del módulo de entradas discretas seleccionado .....	168
17	Especificaciones del módulo de salidas discretas seleccionado .....	169
18	Esquema general de la arquitectura propuesta .....	170
19	Tabla de operacionalización de las variables .....	176
20	Tabla cálculos de la confiabilidad K20 .....	181
21	Especificaciones dimensionales panel de operador (HMI) .....	188
22	Imagen del controlador lógico programable seleccionado .....	189
23	Especificaciones técnicas módulo de entradas discretas .....	190
24	Especificaciones técnicas módulo de salidas discretas .....	191

## LISTA DE GRÁFICOS

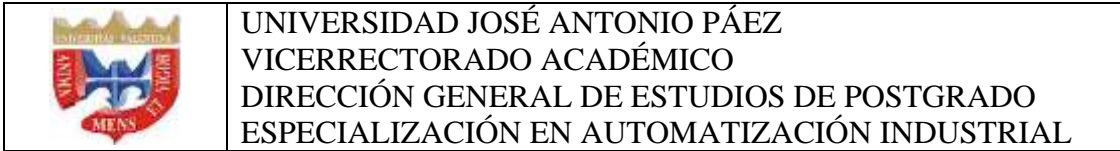
<b>Gráfico</b>		<b>Página</b>
1	Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems de idoneidad de las operaciones .....	73
2	Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems nivel de gestión del almacenamiento .....	75
3	Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems nivel de gestión del almacenamiento .....	78
4	Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems nivel de gestión del almacenamiento .....	80
5	Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems efectividad del proceso .....	82
6	Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems impacto de la manipulación manual de cargas en el operador .....	84
7	Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems grado de cumplimiento de higiene postural .....	87
8	Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems nivel de seguridad de las operaciones .....	90
9	Retorno de la inversión con la utilidad neta de 10 unidades adicionales producidas por día .....	115
10	Retorno de la inversión con la utilidad neta de 15 unidades adicionales producidas por día .....	117

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Cuadro de datos para aplicar el coeficiente de correlación de Pearson .....	54
2	Frecuencia de respuestas para los ítems idoneidad de las operaciones ...	73
3	Frecuencia de respuestas para los ítems nivel de gestión del almacenamiento .....	74
4	Frecuencia de respuestas para los ítems nivel de gestión del almacenamiento .....	77
5	Frecuencia de respuestas para los ítems nivel de gestión del almacenamiento .....	79
6	Frecuencia de respuestas para los ítems efectividad del proceso .....	81
7	Frecuencia de respuestas para los ítems impacto de la manipulación manual de cargas en el operador .....	83
8	Frecuencia de respuestas del indicador grado de cumplimiento de higiene postural .....	87
9	Frecuencia de respuestas para los ítems nivel de seguridad de las operaciones .....	89
10	Especificaciones técnicas de equipos para la motorización de la línea de desempaque y los andenes del bodywarehouse .....	104
11	Especificaciones técnicas del sensor inductivo .....	104
12	Especificaciones técnicas del interruptor final de carrera .....	104
13	Especificaciones técnicas del control lógico programable y módulos de expansión .....	106
14	Especificaciones técnicas de la pantalla HMI .....	107
15	Especificaciones técnicas del variador de frecuencia .....	107
16	Especificaciones técnicas de botones pulsadores .....	108
17	Especificaciones técnicas columnas luminosas .....	109

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
18	Costos de los equipos requeridos para la propuesta .....	112
19	Costo de los equipos a adquirir para la propuesta .....	113
20	Incremento en la utilidad neta a razón de 70 y 80 unidades diarias .....	115
21	Incremento en la utilidad neta a razón de 70 y 85 unidades diarias .....	116
22	Condiciones y acciones para transferencia de la carrocería a la estación 1 .....	129
23	Condiciones y acciones transferencia de la carrocería hacia la estación 2 .....	130
24	Condiciones y acciones transferencia de la carrocería hacia la estación 3 .....	131
25	Condiciones y acciones transferencia de la carrocería hacia la estación 4 .....	132
26	Lista de entradas y salidas de la etapa de desempaque final .....	133
27	Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia hacia el carro transportador-elevador y andenes de almacenamiento .....	136
28	Lista de entradas y salidas del proceso de transferencia hacia el carro transportador-elevador y andenes de almacenamiento .....	140
29	Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia de la carrocería hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse .....	142
30	Lista de entradas y salidas del proceso de transferencia hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse .....	147
31	Totalización y tipo de entradas y salidas del sistema de control propuesto .....	164
32	Lista de cotejo empleado para la recolección de los datos .....	177
33	Cuestionario aplicado para la recolección de los datos .....	179



**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE CARROCERÍAS DE LA ENSAMBLADORA DE VEHÍCULOS CORPORACIÓN AUTOMOTRIZ Z.G.T.C.A., UBICADA EN LAS TEJERÍAS ESTADO ARAGUA.**

AUTOR: Ing. Rafael Jacinto Farfán Rincón

TUTORA: Esp. Marlene Zambrano

Año: 2019

**RESUMEN**

El propósito de esta investigación, la cual está enmarcada en la línea de investigación gestión tecnológica empresarial, fue presentar una propuesta de automatización del proceso de traslado de carrocerías desde el área de desempaque al almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, ya que actualmente estas operaciones se realizan de manera manual. Esta propuesta está orientada a mejorar la gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse teniendo como premisa el aumento de la confiabilidad y la productividad del proceso. Adicionalmente, esto conllevará a mejoras en términos de salud y seguridad laboral. Para ello se diagnosticó el estado actual del proceso, se estudió la factibilidad técnica, operativa y económica lo que respaldó finalmente el diseño de esta propuesta de automatización empleando un controlador lógico programable PLC en comunicación con una Interface Hombre Máquina (HMI), permitiendo mostrar en tiempo real el estado del proceso. El tipo de investigación y diseño desarrollado fue descriptivo y no experimental respectivamente, ya que las variables del proceso no fueron manipuladas, y de campo puesto que se utilizó como herramienta para la recolección de datos a las encuestas realizadas a un grupo de trabajadores del área. Dado que este trabajo conllevó a una propuesta viable como solución a la situación problemática de la empresa, este estudio se estableció en la modalidad de proyecto factible. Las técnicas empleadas para la obtención y recolección de datos en este estudio fue la observación directa y la entrevista estructurada empleando como instrumentos: la lista de cotejo y el cuestionario. De los datos obtenidos se concluye la necesidad de automatizar el proceso para reducir deficiencias operacionales, aumentar la productividad y confiabilidad del proceso, a su vez, mejorar las condiciones laborales en términos de salud y seguridad de los puestos de trabajo cumpliendo con las normativas vigentes.

**Palabras clave:** Automatización, Almacén de carrocerías, Industria automotriz.



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE  
CARROCERÍAS DE LA ENSAMBLADORA DE VEHÍCULOS CORPORACIÓN  
AUTOMOTRIZ Z.G.T.C.A., UBICADA EN LAS TEJERÍAS ESTADO ARAGUA.**

AUTOR: Ing. Rafael Jacinto Farfán Rincón

TUTORA: Esp. Marlene Zambrano

Año: 2019

**ABSTRACT**

The purpose of this research, which is framed in the line of business technology management was to present a proposal to automate the body transfer process from the unpacking area to the body warehouse of the vehicle assembly company: Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, since these operations are currently carried out manually. This proposal is oriented to improve the storage management of bodyworks in the body warehouse, with the premise of increasing the reliability and productivity of the process. Additionally, this will lead to improvements in terms of occupational health and safety. For this, the current state of the process was diagnosed; the technical, operational and economic feasibility was studied, which finally supported the design of this automation proposal using a PLC programmable logic controller in communication with a Human Machine Interface (HMI), allowing to show in real time the process status. The type of research and design developed was descriptive and not experimental respectively, since the variables of the process were not manipulated due to it was used as a tool for data collection to the surveys conducted to a group of workers in the area. Since this work led to a viable proposal as a solution to the problematic situation of the company, this study was established in the feasible project modality. The techniques used to obtain and collect data in this study were direct observation and structured interview using as instruments: the check list and the questionnaire. The data obtained concludes the need to automate the process to reduce operational deficiencies, increase the productivity and reliability of the process, in turn, improve working conditions in terms of health and safety of the jobs complying with the current regulations.

**Keywords:** Automation, Body warehouse, Automotive industry.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo busca cumplir con los requisitos necesarios para la inscripción y aprobación del trabajo especial de grado el cual permitirá, posteriormente, obtener el grado de Especialista en Automatización Industrial.

Es por ello que, esta investigación desarrollará una propuesta de automatización factible para el traslado de carrocerías desde el área de desempaque hasta el almacén de carrocerías (Bodywarehouse) de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, ubicada en Las Tejerías, estado Aragua, ya que en la actualidad la empresa realiza estas operaciones de forma manual y esto conlleva principalmente a problemas críticos de salud y seguridad laboral. Además, esto ocasiona que se generen tiempos de ciclo muy extensos, superior al tiempo de ciclo de la línea de ensamblaje, lo que limita la producción y a su vez acarrea la subutilización del bodywarehouse y afecta negativamente la confiabilidad de este proceso que es vital para alimentar y arrancar la línea de ensamblaje.

El objetivo principal de este trabajo está orientado a solventar la problemática antes planteada y para esto se estableció la estructura del trabajo especial de grado de la siguiente manera:

Capítulo I: Se presenta el planteamiento del problema y los motivos por el cual es necesario el desarrollo de esta investigación; asimismo, se indica tanto el objetivo general como los objetivos específicos a perseguir, la justificación, el alcance que abarcará este trabajo especial de grado y finalmente las limitaciones que tendrá el mismo de acuerdo a los objetivos planteados.

Capítulo II: Se exhibe una serie de investigaciones, que están relacionadas con el propósito de este trabajo. Además, se incluyen las bases teóricas afines con la investigación y las bases legales que la sustentan.

Capítulo III: Se expone el marco metodológico, en el cual se señala el tipo de diseño de la investigación que se desarrollará en este trabajo, las técnicas de recolección y análisis de datos a utilizar y finalmente el procedimiento metodológico a seguir el cual está compuesto por tres fases.

Capítulo IV: Se inicia el desarrollo de las fases metodológicas presentadas en el apartado anterior que corresponde en primer lugar al diagnóstico y análisis de la situación actual del proceso con la finalidad de encontrar oportunidades de mejoras en términos de productividad y factores de riesgos disergonómicos. Seguidamente, se diseña una propuesta de automatización que responda y brinde una solución a la problemática detectada y finalmente, se realiza un estudio de factibilidad técnica, operativa y económica en donde se evalúa la disponibilidad de los recursos correspondientes para que pueda llevarse a cabo de manera exitosa la propuesta.

Capítulo V: Se desarrolla la propuesta de automatización para dar cumplimiento al objetivo principal del presente trabajo de grado. En este apartado se describe el funcionamiento del proceso a automatizar y se representa esquemáticamente el funcionamiento del mismo. A su vez, se describen detalladamente los dispositivos de control y supervisión requeridos según catálogo.

Finalmente se incluyen los anexos y referencias bibliográficas consultadas y referenciadas en esta investigación para concluir la estructuración de este trabajo investigativo.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

El presente capítulo describe la problemática y los motivos por el cual es necesario el desarrollo de esta investigación; asimismo, se señalan los objetivos a alcanzar, la justificación, el alcance que abarcará el proyecto a presentar y las limitaciones que tendrá el mismo de acuerdo a los objetivos planteados.

### **Planteamiento del problema**

Según Sánchez (2012), la industria automotriz es uno de los sectores que requiere un mayor nivel de inversión en investigación y desarrollo, que le permita mantenerse compitiendo en el mercado del conocimiento, generando de esta manera un incremento del valor de marca, la capacidad de suplir las necesidades y deseos de los clientes y la responsabilidad asociada con el desarrollo sostenible.

En este mismo orden de ideas, dentro de los aspectos que requieren investigación y desarrollo para la industria, se encuentra la evolución de nuevas tecnologías que permitan procesos de producción con mayor intervención de máquinas, disminuyendo a su vez la intervención humana en puntos críticos como lo son procesos que demandan alto grado de esfuerzo físico de parte del operario, alto nivel de riesgo, así como aquellos que demandan precisión y alto nivel de calidad para garantizar la fabricación de los productos (Ponticel, 2003).

En este sentido, se ha identificado que, en las líneas de ensamble final de fabricantes de automóviles, los procesos relacionados con esta etapa del desarrollo del vehículo tienen un bajo grado de automatización, por lo que carecen de flexibilidad y robustez en sus procesos, imposibilitando que varios modelos de vehículos compartan la capacidad de una misma línea de ensamblaje con el fin de mejorar los niveles de competitividad (Hermawati, 2015).

Actualmente, los fabricantes de automóviles producen diversos vehículos en múltiples variaciones y en un solo lugar, por lo que se requiere un tiempo de reacción breve y una disponibilidad máxima. Ofrecer estas capacidades de producción versátiles es un desafío clave que se logra a partir de la automatización o semi-automatización de las líneas de producción,

reduciendo el tiempo improductivo y maximizando la producción sin poner en riesgo las condiciones de trabajo de los operarios, particularmente las ergonómicas y de seguridad, además mejorando los indicadores como eficiencia técnica, producción anual, número de turnos, número de operadores entre otros.

En el sector automotor, tal como en el resto de las industrias manufactureras, ha sido un reto realizar los procesos de diseño o rediseño de planta para lograr una adecuada combinación entre automatización y trabajo manual, así como identificar los procesos sensibles donde es útil y conveniente automatizar. Se entiende por pre-automatización, a las estrategias que se despliegan para hacer que una maquina cumpla un trabajo (Schonberger, 1997). De acuerdo al autor mencionado, las actividades realizadas para pre-automatizar facilitan el trabajo tanto para las máquinas como para la realización de operaciones manuales y disminuyen el tiempo de ubicación de las cosas.

Por ejemplo, algunas de las actividades que podrían calificarse dentro de esta etapa del proceso de automatización se listan a continuación: Acortar tiempo y distancias para alcanzar o movilizar las cosas, colocar herramientas y piezas cerca del punto de trabajo, rediseñar estantes y accesorios con el fin de facilitar el acceso a los elementos que se ubican en ellos, diseñar dispositivos automáticos tipo poka-yoke (a prueba de errores) que faciliten la verificación de los procesos. Es decir, es necesario enfrentar retos como las condiciones ergonómicas, que faciliten la interacción humana con los procesos de fabricación y el manejo de material, garantizando la seguridad y salud de los operarios de planta e igualmente, disminuyendo costos por actividades innecesarias o que puedan ser realizadas de manera automática por máquinas con limitada intervención humana.

Por otra parte, en el caso de la industria automotriz, según Michalos (2010) las plantas de ensamble poseen en general una infraestructura que incluyen cuatro etapas grandes: estampado, ensamble de la carrocería (body shop), pintura y ensamble final, en las cuales la mayor parte de las operaciones de ensamble, se ejecuta en dos secciones: ensamble de carrocería (Body Shop) y ensamble final las cuales, por lo general según Hermawati (2015), tienen un bajo grado de automatización.

En consecuencia, dada la complejidad de la industria automotriz y los retos técnicos y económicos que enfrenta, una de las alternativas viables para mejorar los procesos de producción es la automatización, que se define como el proceso que permite que las máquinas

realicen un número predeterminado de operaciones ordenadas, a través del uso de dispositivos y sistemas que facilitan el control de diferentes variables del proceso, limitando a su vez la intervención humana. Existen algunas razones para realizar este tipo de transformación en la empresa, que requieren análisis para establecer la necesidad de la implementación de esta alternativa. Se podrían agrupar los requerimientos de automatización en los siguientes aspectos tal como lo indica Tsarouchi (2014):

*Sobre el producto:* Para establecer la necesidad de automatización, es necesario identificar si se mejora la calidad del producto final con esta implementación. Por lo general, los errores humanos en estos procesos suelen impactar en el producto que llega al cliente final, razón por la cual automatizar se convierte en una opción necesaria en este caso. Adicionalmente, al disminuir los retrabajos por falta de calidad en la producción, se puede llegar a presentar una disminución de los costos de producción.

*Sobre el proceso:* En este caso, se recomienda incrementar el nivel de automatización, si se busca disminuir el tiempo de ciclo, buscando mayores tasas de producción. También es recomendable, si se busca mejorar indicadores como eficiencia técnica, producción anual, número de turnos, número de operadores, entre otros.

*Sobre las condiciones de trabajo:* Por lo general se realizan procesos de automatización, cuando se requiere mejorar las condiciones de trabajo de los operarios, particularmente ergonómicas y de seguridad. Por lo tanto, serían deseables los procesos automatizados en operaciones donde se pueda prevenir lesiones o accidentes, por ejemplo, al levantar partes de peso considerable, o en acciones que requieran de movimientos repetitivos, así como en aquellas actividades donde se facilite la interacción humana con las máquinas y el manejo de material, de tal forma que se garantice tanto la seguridad como la salud de los operarios.

Por otra parte, la Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., es una ensambladora de vehículos de la marca Chery Automobile Co., Ltd, ubicada en la zona industrial de Las Tejerías estado Aragua, la cual se ha convertido en una empresa con una sólida aceptación en el mercado nacional con un récord de 65.000 unidades producidas en sus primeros 4 años de operación, desde el año 2012 cuando comenzó la producción.

Cabe destacar que, la Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., es una ensambladora de vehículos SKD (Semi-Completely Knocked-Down) cuyo término en español significa, Kits-Semi-Ensamblados. Esta infraestructura de manufactura está concebida en la etapa de ensamble

final, es decir, el material se recibe en kits semi-ensamblados o en subsistemas los cuales provienen de la casa matriz Chery en China, a excepción de los subsistemas o partes fabricadas localmente. El material SKD es despachado por la casa matriz (Chery-China) en lotes de 120 unidades, distribuidos en 37 contenedores, de los cuales 30, son para las carrocerías pintadas con sus respectivos subsistemas y partes correspondientes a la vestidura exterior e interior y los 7 contenedores restantes, son para el tren motriz (motor y transmisión delantera). La cantidad de contenedores puede variar dependiendo del modelo. El grupo de 7 contenedores es descargado en el muelle del almacén principal y el grupo de 30 contenedores es descargado en el muelle de descontenerización y desempaque área en la cual se encuentra la problemática planteada en este proyecto. Ver figura 1.



**Figura 1. Layout descontenerización y almacén de carrocerías de Corporación Automotriz Z.G.T.C.A. Tomado de: C.A.Z.G.T (2018).**

En la Figura 1, se pueden apreciar las diferentes zonas que conforman el área de descontenerización y desempaque, la flecha azul corresponde a la línea de descontenerización. Durante este recorrido es extraído del contenedor los racks de carrocerías para su posterior desembalaje. La flecha amarilla señala a la línea de desempaque, en la que es sacado todo el material SKD que viene dentro de las carrocerías, en cajas, el cual será incorporado más adelante en el proceso de ensamble final. La línea de desempaque está conformada por cuatro estaciones y en cada estación hay una mesa de rodillos simple. Una vez que la carrocería está completamente despejada del material que viene dentro, se le da entrada al bodywarehouse (Ver flecha verde) mediante el carro transportador-elevador (Ver círculo morado) y posterior salida a la línea de ensamble final (Ver flecha roja).

En el área de trabajo anteriormente descrita, específicamente desde el inicio de la línea de desempaque hasta el almacenamiento en el bodywarehouse, se observa que el traslado de las carrocerías por la línea de desempaque, la cual está conformada por cuatro mesas de rodillos simples no motorizadas, es mediante el empuje o arrastre que tiene que realizar el operador a dichas carrocerías, empleando su propia fuerza para lograr que estas se deslicen, aun cuando tienen un peso en promedio de 700 Kg. Cabe destacar que esta operación requiere de un alto esfuerzo por parte del trabajador y por tal motivo dicha operación es lenta. A su vez, las mesas de rodillos carecen de elementos que eviten la colisión entre las carrocerías o que limiten el desplazamiento entre ellas.

Una vez llegada la carrocería a la estación de transferencia, cuarta y última estación de la línea de desempaque, es traspasada la carrocería al carro transportador-elevador de manera manual e imprecisa, porque no está debidamente alineado el carro transportador-elevador con la última estación de la línea de desempaque, lo cual genera un sobretiempo innecesario en esta operación, además del gran esfuerzo que tiene que aplicar el operador.

Luego, el carro transportador-elevador es el encargado de recibir la carrocería de la línea de desempaque, para posteriormente posicionarla y transferirla a la entrada de cualquiera de los andenes del almacén de carrocerías y finalmente uno o varios operadores posicionen manualmente dicha carrocería dentro del bodywarehouse.

En este caso, las distintas operaciones son controladas por el trabajador directamente. Es decir, para que el carro transportador-elevador pueda realizar cualquiera de sus funciones el operador obligatoriamente tiene que presionar y retener manualmente el pulsador respectivo de

la botonera durante el tiempo pertinente además de hacer simultáneamente todo el recorrido en conjunto con el carro transportador-elevador. Cabe destacar que las botoneras carecen de la debida identificación y condiciones adecuadas de instalación.

En otro orden de ideas, el trabajador según sus habilidades y destrezas es quien ejerce la acción de control sobre las distintas funciones que ejerce el carro transportador-elevador desde recibir la carrocería de la línea de desempaque, posicionarla a la entrada de cualquiera de los andenes y finalmente transferirla al bodywarehouse. Una vez que la carrocería es posicionada dentro del andén del bodywarehouse, un operador o varios la empujan a lo largo del pasillo del almacén hasta la posición de salida o hasta llenar los 15 cupos de cada andén.

Entonces, esta operación manual de apilamiento se repite cada vez que sale una carrocería de cualquiera de los andenes, para alimentar la línea de ensamblaje y de esta manera garantizar que haya disponibilidad siempre de una carrocería a la salida del bodywarehouse y también se pueda añadir otra a dicho almacén.

Cabe destacar que, el almacén de carrocerías, en sus dos niveles, cuenta con cuatro andenes de almacenaje en la planta baja y cuatro andenes de almacenaje en la planta alta. Para el ingreso de los operadores a cualquiera de los andenes superiores se dispone de escaleras simples sin pasamanos u otra configuración de seguridad para el uso y tránsito seguro del trabajador.

Por otra parte, las carrocerías dentro de los andenes del bodywarehouse se deslizan sobre mesas de rodillos no motorizadas y son apiladas manualmente por uno o varios trabajadores mediante el empuje o arrastre que tiene que realizar el operador empleando su propia fuerza. Estas operaciones se realizan tanto en la planta baja como en la planta alta del bodywarehouse lo que agrava más la condición insegura de trabajo.

Es evidente que, el proceso actual de almacenamiento de las carrocerías que se lleva a cabo en el área de descontenerización y desempaque de Corporación automotriz Z.G.T.C.A, específicamente el proceso de traslado desde la línea de desempaque y transferencia de las carrocerías hacia el bodywarehouse, seguido del posterior apilamiento en los distintos andenes del almacén de carrocerías, no brinda condiciones idóneas de trabajo para los operarios particularmente en términos de ergonomía y seguridad ya que los trabajadores del área están sometidos a situaciones laborales inseguras y de alto riesgo con las siguientes características:

*Golpes por objetos móviles*, ya que el espacio por donde transita el carro transportador-elevador y quien lo opera es el mismo, además, esta área de trabajo no tiene la anchura adecuada por lo que no hay una separación apropiada entre la máquina y el trabajador que garantice la seguridad en la operación.

De igual forma, los espacios donde se realizan las operaciones de transferencia de la carrocería hacia el carro transportador o hacia el almacén son reducidos, y no existe ningún control sobre el movimiento que ejercen los equipos motorizados involucrados en este proceso, con el agravante que en la mayoría de los casos el operador tiene que interponerse en el desplazamiento de las carrocerías, debido a la inadecuada ubicación y configuración de los controles, por lo que el trabajador está propenso a ser golpeado por estos equipos, comprometiéndose su integridad física.

Otro de los riesgos al que el trabajador está expuesto serían los *golpes por objetos que caen*; durante la elevación de la carrocería con el carro transportador-elevador aparte de no existir una distancia adecuada entre el equipo y el operador que sea segura, adicionalmente, los arranques y paradas de los procesos de elevación y descenso de las carrocerías con el carro transportador-elevador son muy bruscos, ya que el equipo carece de dispositivos que garanticen la ejecución correcta de estas acciones eléctrico-mecánicas y sucede que el operador para tratar de “ganar tiempo” comienza el ascenso o descenso de la carrocería cuando el proceso de traslado aún no ha finalizado. Esta combinación de reacciones simultáneas “bruscas” puede generar desbalanceo y un posible volcamiento del equipo ya que la altitud a la que puede elevarse la carrocería durante el traslado supera los 4 metros.

Durante el traslado manual de las carrocerías por la línea de desempaque o por los andenes del bodywarehouse, sabiendo que los espacios destinados para tal fin son reducidos, los trabajadores están propensos a *colisionar contra estos objetos móviles* ya que además de iniciar el desplazamiento de este material, de 700 kg en promedio, también se encargan de detenerlo debido a la ausencia de mecanismos que regulen tanto la velocidad del desplazamiento como la detención. Aun cuando el movimiento proviene del esfuerzo físico del operador y la velocidad de traslado desarrollada es relativamente baja, la magnitud de la masa que se está transportando genera una cantidad de movimiento lineal de gran magnitud que puede afectar considerablemente la integridad física de quien se tope con estas carrocerías.

Debido al medio en el que se desenvuelven las distintas operaciones, existe la posibilidad que el personal sufra *caídas que ocurren al mismo nivel o desde un nivel superior*, debido a los espacios reducidos y comunes de trabajo entre el carro transportador-elevador y el operador, este último puede ser severamente afectado por una caída en el mismo nivel al tropezar con los rieles del carro transportador-elevador o peor aún, cuando se está movilizandando la carrocería manualmente dentro del bodywarehouse, en donde el trabajador tiene que caminar, en algunos casos, entre las mesas de rodillo dispuestas en el interior de dicho almacén. De igual manera ocurre cuando las carrocerías son destinadas a los andenes superiores del bodywarehouse, pero el riesgo es mayor ya que las operaciones antes mencionadas se realizan desde una altura superior a los tres metros.

Adicionalmente, el operador se enfrenta al *arrastre y empuje de cargas elevadas*. Como se ha mencionado anteriormente el desplazamiento de las carrocerías, por la línea de desempaque y dentro del bodywarehouse, se origina del esfuerzo físico ejercido por el trabajador. Aun cuando estas deslizan sobre transportadores de rodillos simples, no es suficiente cuando un trabajador tiene que realizar este esfuerzo más de 70 veces en una jornada laboral, con el agravante que esta operación en altura, no deja de representar un riesgo que afecta la salud ocupacional.

En términos de productividad, los tiempos de ciclo de estos procesos son muy extensos, debido a la lentitud de las operaciones, ya que en la mayoría se requiere de un gran esfuerzo físico y no es posible, humanamente, realizar dichas operaciones de manera más rápida. A su vez la configuración actual del carro transportador-elevador no brinda una velocidad de operación apropiada durante el traslado. Sumado a esto, se tienen las demoras durante las transferencias de la carrocería desde la línea de desempaque al carro transportador-elevador y de este al bodywarehouse.

Además, el almacenaje manual de las carrocerías no permite que se puedan acortar estos tiempos, lo cual limita la producción a 70 unidades diarias, aunque la capacidad instalada en la línea de ensamblaje final permite producir cerca de las 90 unidades diarias en un solo turno de trabajo, según datos suministrados por el Departamento de Ingeniería de Procesos de Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.

Igualmente, se observan demoras innecesarias en la ejecución de las operaciones que penalizan significativamente el flujo continuo de trabajo ocasionando un cuello de botella en

esta área tan neurálgica de la producción ya que es donde inicia el proceso productivo. Sin tomar en cuenta, la repercusión negativa, por la inasistencia de algún trabajador del área de trabajo.

Otra problemática detectada, son los gastos asociados a sueldos y salarios, seguro social, prestaciones, bonos, sobretiempos u otros gastos relacionados con la particularidad de que se deben desembolsar siempre estos recursos ante cualquier escenario laboral que pudiera presentarse tales como: paro de trabajadores, inasistencia, sabotaje, daño en los equipos lo cual implicaría detener las actividades en dicha área hasta efectuar el reemplazo o reparación de los equipos afectados, errores humanos que repercuten, bien sea en el daño de las carrocerías o un accidente laboral.

Por consiguiente, todos los recursos económicos asociados a lo anteriormente expuesto se ahorrarían y serían destinados a otros proyectos o en su defecto al retorno de la inversión. Además, se reestructuraría el empleo del recurso humano, el cual pudiera prestar su talento en otras áreas del proceso productivo sin poner en riesgo su seguridad y salud en el trabajo.

Debido a la excesiva lentitud del carro transportador-elevador y del resto de las operaciones en general, no es posible reabastecer completamente dicho almacén, cuya capacidad es de 120 carrocerías, en una jornada laboral de ocho horas, usando solamente los cuatro andenes inferiores del almacén de carrocería, sub-utilizándose la capacidad de este espacio, lo que ocasiona mayor costo por concepto de demora de material SKD acumulado en almacenes aduanales.

En otro orden de ideas, lo que se almacena diariamente en el bodywarehouse es lo que se consume en una jornada laboral por lo que se incurre en una mala gestión de almacén, ya que, en caso de llegar una carrocería dañada, y esta requiera un retrabajo previo o se interrumpa el reabastecimiento, lo cual suele suceder, no se tiene un stock de carrocerías para el respectivo reemplazo, lo que vulnera la confiabilidad del proceso productivo.

Adicionalmente, no existe un criterio para el almacenamiento de las carrocerías, como por ejemplo FIFO (Lo primero que entre es lo primero que sale), o una clasificación bien sea por color, lote o modelo, lo que ha traído como consecuencia paradas innecesarias en la línea de ensamblaje ya que, en reiteradas oportunidades no está el material correspondiente en las estaciones de ensamblaje, debido a la carencia de un sistema de supervisión eficiente que gestione el almacenamiento y distribución. Otro inconveniente es la recirculación de las carrocerías en dicho almacén por no corresponder a la planificación de la producción del día.

El sistema actual de control del carro transportador-elevador es obsoleto, está basado en lógica de relé con botoneras que no cumplen con las funciones requeridas, cuyos controles están sin la debida fijación e identificación, además que la ubicación, aparte de no estar a la altura adecuada, obliga al operador a interponerse en el recorrido de este equipo móvil poniendo en riesgo su integridad física.

Como se mencionó anteriormente, la velocidad de traslado del carro transportador-elevador es excesivamente lenta, así como las funciones de ascenso y descenso de la mesa de rodillos. Este equipo carece de elementos mecánicos y eléctricos que garanticen tanto la seguridad del trabajador como la ejecución segura y adecuada de dichas operaciones, ya que se le dificulta al operador saber en qué instante debe detener el equipo para que el carro transportador-elevador quede posicionado en el lugar exacto y pueda llevarse a cabo el proceso de transferencia de las carrocerías desde la línea de desempaque al carro transportador-elevador y de este al bodywarehouse.

Cabe destacar que, los arranques y paradas tanto del desplazamiento horizontal como del proceso de ascenso o descenso son bruscos, lo que desestabiliza en los instantes de arranque y parada al carro transportador-elevador, y a su vez acelera el desgaste de los componentes tanto eléctricos como mecánicos.

Por lo anteriormente expuesto, se formulan las siguientes interrogantes: ¿Qué estrategia se podrá utilizar para realizar de manera automática el proceso de traslado y almacenamiento de carrocerías en el área de descontenerización y desempaque? ¿Qué elementos tecnológicos de control de procesos se deben incorporar para mejorar las condiciones de trabajo del personal que labora en esta área? ¿Qué técnica de control se puede emplear para mejorar la eficiencia del proceso en estudio? ¿De qué manera se puede supervisar el almacenamiento y distribución de las carrocerías para su mejor gestión?

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general**

Proponer la automatización del proceso de almacenamiento de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, ubicada en Las Tejerías, estado Aragua.

### **Objetivos específicos**

Diagnosticar el estado actual del proceso de traslado de carrocerías desde la línea de desempaque al almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, ubicada en Las Tejerías, estado Aragua.

Diseñar un sistema de control automático para el proceso de traslado de carrocerías desde la línea de desempaque al almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, ubicada en Las Tejerías, estado Aragua.

Determinar la factibilidad de una propuesta de automatización del proceso de traslado de carrocerías desde la línea de desempaque al almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, ubicada en Las Tejerías, estado Aragua.

### **Justificación de la investigación**

Con esta propuesta se logrará primeramente mejorar las condiciones laborales de los trabajadores, particularmente las ergonómicas y de seguridad ya que los operadores no tendrán que realizar arrastre y empuje de cargas excesivas al trasladar las carrocerías hacia el transelevador y posteriormente dentro del almacén. Además, se eliminará la exposición innecesaria del trabajador a operaciones donde existen objetos móviles, debido a que el trabajador desde un lugar seguro podrá controlar el proceso a través de un control supervisorio con una pantalla HMI. Esto va a prevenir lesiones y accidentes a los trabajadores en el área de desempaque y almacenaje de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.

La propuesta de un control supervisorio a través de una pantalla HMI permitirá también gestionar de manera eficiente tanto el almacenamiento como la distribución, ya que podrá direccionarse la carrocería de manera automática, dependiendo de sus características, hacia un andén específico, como la distribución, porque se podrá visualizar también, en una pantalla HMI a la salida del bodywarehouse el arreglo y características de las carrocerías disponibles en el almacén de forma organizada, según el color, lote o modelo disponibles y esto contribuirá a una adecuada planificación de producción y manejo de materiales en la línea de ensamblaje, así como también podrá observarse en tiempo real el estatus del proceso de almacenamiento, logrando eliminar los tiempos muertos por recirculación de las carrocerías como paradas de planta innecesarias debido a la mala gestión de los materiales.

Otro aspecto importante es la reorganización de las labores del recurso humano, debido a que se necesitarían menos trabajadores en esa área, lo cual permitirá disponer del personal excedente para otras operaciones en la línea de ensamblaje en donde se aprovecharía de manera más eficiente el talento humano. Esto influirá, directamente en el incremento de la eficiencia de la planta y el aumento de la confiabilidad del proceso, debido a que el tiempo fuera de servicio de los equipos al producirse un accidente, reemplazo o reparación de los equipos afectados, inasistencia, cansancio, sabotaje u otro factor humano será significativamente reducido.

Adicionalmente, se logrará mejorar el proceso en términos de eficiencia porque se reduciría el tiempo de ciclo en las operaciones de almacenamiento de las carrocerías y se eliminarán los cuellos de botella en esta sección del proceso, lo que se traduce en mayor tasa de producción e implica mejorar la eficiencia técnica de la planta, aumentar la producción anual, aumentar la disponibilidad de horas hombres, es decir mayor productividad.

En este sentido, la fabricación diaria no se verá limitada ya que en una jornada laboral de ocho horas y con una eficiencia del 90%, el bodywarehouse podrá abastecer la demanda de carrocerías requeridas debido a la mejora de la velocidad del carro transportador-elevador y a la motorización del almacén de carrocerías, lo que reduce significativamente el tiempo de ciclo del proceso de almacenaje, y a su vez permite aprovechar en su totalidad el espacio físico (ocho andenes) del bodywarehouse destinado para almacenar las carrocerías, cuya capacidad es de 112 unidades, por lo que se disminuyen los costos de almacenamiento e inventario aduanales y otros costos operacionales.

Desde otro punto de vista, el personal que se encargará de operar el proceso se verá beneficiado primeramente porque serán las maquinas quienes hagan el trabajo pesado y los operadores tendrán que recibir capacitación técnica para manipular estos equipos lo que significa un valor agregado en términos de conocimiento para el trabajador.

Esta propuesta contribuirá al ahorro en compra de implementos de seguridad para trabajos en zonas peligrosas (Cascos, botas, guantes, iluminación, trajes especiales, arneses, etc.), seguros de vida, hospitalización y accidentes, indemnizaciones a familiares, costos de representación legal, multas provenientes de organismos reguladores de la actividad laboral como el Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laboral (INPSASEL) promoviendo las buenas prácticas de manufactura atenuando cualquier riesgo o factor humano que comprometa la consecución de estas operaciones.

Con la propuesta presentada en este proyecto y todas las oportunidades de mejora que brinda la aplicación de nuevas tecnologías en el proceso de traslado de carrocerías desde la línea desempaque al almacén de carrocerías, de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, esta se enfoca más hacia la visión de ser la empresa líder del sector automotriz venezolano, generando el desarrollo social sostenible a través de sus trabajadores, procesos y productos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan una serie de investigaciones, que están relacionadas con el propósito de este trabajo. Las mismas sirven para conocer cuál es el estado del arte y los estudios previos que se han realizado sobre automatización en procesos de ensamblaje automotriz, específicamente sobre el almacenamiento de las carrocerías. Además, se incluyen las bases teóricas afines con la investigación y las bases legales que la sustentan.

#### **Antecedentes de la investigación**

Hernández, Fernández y Baptista (2010) mencionan que para adentrarse en el tema es necesario conocer los estudios, investigaciones y trabajos anteriores, especialmente si uno no es experto en el tema. Por lo que conocer lo que se ha hecho, con respecto a un tema, ayuda a estructurar más formalmente la idea de investigación, a evitar investigar sobre algún tema que ya se haya estudiado a fondo y seleccionar la perspectiva principal desde la cual se abordará la idea de investigación (pag.28). Basado en lo anterior, a continuación, se presentan algunos antecedentes que guardan relación con el presente proyecto:

Alducin (2015) elaboró un trabajo de grado titulado “*Diseño de una línea de ensamble para una empresa de la industria automotriz*”, realizado en el Instituto Politécnico Nacional de la ciudad de México, D.F; para obtener el título de Magíster en Ingeniería Industrial. Esta investigación permitió diseñar una línea de ensamble para la empresa Plastic Tec dedicada a la fabricación de piezas automotrices de diferentes tipos de plástico, con base en conceptos de *lean manufacturing* (manufactura esbelta) y estudio del trabajo con el fin de mejorar la calidad y productividad en la elaboración de difusores de aire acondicionado.

Ahora bien, para el diseño de la línea Alducin (2015), realizó un estudio de diversos métodos existentes para procesos de manufactura que le permitieron identificar y definir las etapas de diseño a través de un procedimiento sistemático, el cual comprende las actividades a ejecutar para el cumplimiento de los objetivos planteados; tales etapas son: diseño del método de trabajo, estudio y medición del trabajo, diseño de las estaciones de trabajo y diseño de los

dispositivos para el ensamble de la pieza. Con lo anteriormente propuesto no solo se logró la implementación de la línea de ensamble, sino que adicionalmente se generó una metodología que le permitiera a la planta tomar decisiones más eficaces al momento de evaluar una determinada situación o condición.

Por lo antes mencionado, esta investigación se relaciona con el proyecto ya que ambas pertenecen a la rama automotriz, e igualmente para el presente proyecto se deben evaluar las consideraciones relevantes que permitan tomar decisiones asertivas en cuanto a la selección de los sistemas de operación, control y seguridad, sobre todo para aquellos procesos donde existan riesgos que afecten la salud de las personas que interactúan con las máquinas y equipos.

Parra y Sotomayor (2015) realizaron su trabajo titulado “*Diseño, Automatización y Simulación de una Línea para Fabricación de Pinturas*” desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Escuela Politécnica Nacional ubicada en Quito, Ecuador. Dicho estudio contempló los elementos requeridos para la automatización de procesos industriales, tomando como referencia diversas teorías e investigaciones que establecen los pasos a seguir en el diseño y disposición de los elementos de una planta industrial, logrando con esto obtener el título de Magíster en Diseño, Producción y Automatización Industrial. Es por ello que dentro de los objetivos planteados se estableció diseñar esquemas de automatización rentables, facilitar el control de sistema con múltiples procesos, automatizar el proceso de fabricación de piezas y finalmente realizar simulaciones a través de programas de diseño y control.

Por lo anteriormente expuesto, se requirió el diseño y selección de los elementos de la topología de control, comunicación de datos, planos eléctricos, programación y parametrización con el objetivo de lograr un control de alta precisión y confiabilidad, de costo reducido. En tal sentido, esta investigación servirá de base para evaluar los planteamientos utilizados en la selección de un nuevo sistema automatizado acorde a las exigencias del proceso además de aplicar todos los conceptos obtenidos en los estudios de automatización y de igual manera, tomar como referencia la metodología y consideraciones en la selección de los sistemas mecánicos y eléctricos de control con las respectivas especificaciones de cada uno de sus componentes.

De acuerdo a lo anterior, existe similitud entre esta investigación y el presente proyecto debido a que en ambas se busca implementar un sistema automatizado capaz de controlar de forma segura, precisa y eficiente las variables de productividad y calidad mediante la aplicación de estrategias y metodologías para la automatización de procesos industriales.

Escudero (2014) en su publicación “*Logística de Almacenamiento*”, hace énfasis en la deficiencia con la que se gestionan actualmente los sistemas de almacenamiento, siendo estos muy lentos en adaptarse ante los requerimientos, tan variantes, de la demanda y la oferta. También se refiere, a la necesidad de flexibilizar tanto la capacidad de almacenamiento, como los recursos necesarios para llevar a cabo los procesos operativos propios de la gestión, lo cual se deja ver en la deficiencia de la capacidad de almacenamiento, la inadecuada organización del almacén, el desconocimiento de la ubicación exacta del material, los errores en la preparación de pedidos al cliente, cuellos de botella, demoras innecesarias y en el incremento del volumen de trabajo, lo que se traduce en pérdida de la productividad, diferencias de inventario, caducidad y obsolescencia del inventario, inadecuado tratamiento del material y problemas en el servicio a los clientes, lo que implica en pérdidas económicas.

Ante esta problemática el autor propone la automatización de estos procesos e implementar una arquitectura compuesta por software de gestión y equipos automatizados que permita controlar dichos espacios y materiales de manera más eficiente. Asimismo, indica que el nivel de automatización de cualquier almacén debe ser en mayor grado cuanto más rutinario sean las operaciones que se lleven a cabo para el traslado del material, para esto el material involucrado debe ser lo más homogéneo posible o con márgenes de variación muy mínimo. Cuando todas las operaciones involucradas en el proceso de almacenamiento se realizan siguiendo órdenes que emanan de un ordenador central, es cuando se ha alcanzado el máximo grado de automatización en el almacén. Para esto se deben instalar equipos totalmente automáticos y programables para la carga y descarga del material.

El autor finaliza expresando, que es común observar, en la mayoría de los almacenes automatizados, que todas las operaciones de traslado del material se realizan con equipamiento electromecánico de forma automática sin la intervención humana. Por lo general debido a la magnitud de la automatización estos espacios destinados para el almacenamiento superan los 15 metros de altura y en algunos casos sobrepasa los 40 metros de elevación. También, se reducen los pasillos de maniobra y circulación entre las estanterías, al mínimo imprescindible, para optimizar la capacidad de almacenamiento y acortar distancias o movimientos. De esta manera, el estudio anteriormente mencionado guarda relación con el presente proyecto ya que se pueden tomar como referencia, los criterios de diseño para determinar el nivel de automatización

apropiado según las características actuales del bodywarehouse y el proceso de almacenamiento de las carrocerías de la Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.

En este sentido Romero (2014) en su trabajo especial de grado titulado “*Automatización de Almacenes Mediante el uso de Transelevadores en Empresas de Consumo Masivo*”, en búsqueda de minimizar o eliminar el error humano, optimizar las áreas de almacenamiento, controlar la gestión de inventarios, mejorar los tiempos de servicio, hacer rentables las operaciones para que la empresa sea más competitivas en el mercado, para esto propone una metodología de evaluación que facilite la toma de decisiones, en la adquisición de transelevadores para la automatización de los almacenes y su aplicación en las empresas de consumo masivo.

Así mismo, Romero (2014) expresa que su investigación se enfoca en la utilización de transelevadores para la automatización de un almacén, aun cuando existen otras tecnologías, ya que estos son equipos aptos para estibar y desestibar ordenadamente las cargas sueltas para que ocupen el menor espacio posible y estas queden inmovilizadas, permitiendo disminuir el tiempo de carga y descarga del almacén así como los espacios destinados para estas labores y mitigando las posibilidades de daños parciales o totales de las mercancías, entre otros beneficios. El uso de estos equipos permite el traslado a través de pasillos angostos y a una gran velocidad, eliminando de esta manera la intervención del hombre y logrando que las mercancías se desplacen hacia donde se están realizando las operaciones de Picking o preparación del pedido.

Romero (2014), también expone que la automatización no debe implementarse sin haber estudiado minuciosamente el proceso y la respectiva factibilidad desde el punto de vista técnico y económico para definir la viabilidad, así como el grado de automatización a implementar que mejor se adapte a los requerimientos del proceso, para la debida ejecución de un proyecto como este. A su vez menciona que existen diferentes niveles de automatización que permiten conducir un plan sostenible de mejoramiento de cualquier proceso. Continúa diciendo que no se justifica automatizar por el simple hecho de querer invertir en tecnologías, en la mayoría de los casos automatizar representa, estrictamente, una necesidad que busca conseguir beneficios como: reducción de costos de operación, aumento de la productividad, aumento de la eficiencia de los procesos, lo cual se reflejará posteriormente en un mejor servicio al cliente.

La metodología empleada por el autor está basada en entrevista a personas expertas en logística, tecnología y con una vasta experiencia con el objetivo de conocer sus conceptos, conocimientos, experiencias y expectativas que tienen al respecto al uso de los transelevadores en la automatización de almacenes.

Finalmente, Romero (2014) concluye expresando que la automatización de los procesos, es parte de lo que tiene que hacer la industria actualmente para ser competitiva y que todos los actores de la cadena de abastecimiento deben ser revisados minuciosamente para hacerla más eficiente. Adicionalmente manifiesta que el enfoque debe estar dirigido en las competencias, las capacidades y entrenamiento del talento humano para que los procesos sean simplificados en su máxima expresión y eliminar todos los procesos que no agreguen valor. Añade que los transelevadores se consideran equipos tecnológicos que ayudan a mejorar los procesos haciéndolos más eficientes, controlados y seguros.

Esta investigación aparte de aportar los criterios desarrollados por el autor para la implementación de un proceso de automatización a través de transelevadores, ayudará a establecer una metodología de evaluación que facilite la toma de decisiones para la automatización de transelevadores y almacenes, además de identificar las características de estos equipos que contribuyan con la simplificación de las operaciones, el incremento de la productividad y la reducción de costos para la posterior reducción del riesgo de accidentalidad, mejorar la calidad y la eficacia del sistema de almacenamiento.

Córdoba (2013), en su publicación en la *Revista de Logística* menciona que:

Estudios y estadísticas aseguran que del tiempo total que un producto permanece en una planta industrial, el 95% es transportado o almacenado, frente al 5% en el que el producto es sometido a proceso de fabricación. Ahí radica la importancia de conocer el abanico de posibilidades en sistemas de transporte y saber analizar cada situación, con el fin de optimizar el rendimiento de la planta. (p.2).

Adicionalmente, indica que, para aumentar la producción y el control de los sistemas en una instalación industrial, es fundamental que las operaciones que impliquen desplazamiento o movimiento del material, las secuencias de estas sean diseñadas de manera óptima a fin de evitar tiempos muertos y movimientos repetitivos innecesarios. En este sentido los vehículos de transporte automatizados, como por ejemplo los transelevadores, son los encargados de

transportar, entregar y recoger el material en determinados puntos del área de almacenaje de manera automatizada cuyos movimientos deben ser optimizados.

Finalmente, el autor culmina resaltando que un almacén debe ser automatizado para optimizar espacio, tiempo y recursos del sistema de almacenaje lo que indica la coincidencia con la línea de investigación de este proyecto.

Pérez (2013) en su investigación publicada en la revista Logistec “Bodegas *cada vez más inteligentes*” establece que pegar una etiqueta a una caja para que vaya con cierto destino, y en otro punto otra persona ve la etiqueta y la almacena, eso no es necesariamente automatización. Distinto es que se ponga la caja sobre una cinta transportadora y un cabezal lea el código de barra, posteriormente la traslada y la clasifica automáticamente con algún destino, eso puede ser una automatización en sus etapas iniciales.

El objeto de la investigación se centra principalmente en qué grado se justifica la automatización versus los costos de inversión que implica y sus beneficios.

Pérez (2013) dice, que la automatización de un almacén puede entenderse de muchas maneras, pero su objetivo debe apuntar a disminuir el tiempo de desplazamiento de los materiales y las personas en dicho almacén, duplicar la velocidad de operación, optimizar el espacio en los almacenes en las tres dimensiones (alto, ancho y largo), reducir o eliminar la cantidad de intervención humana requerida para realizar estas actividades, mejorar la eficiencia por medio de un ahorro en los costos laborales, sobre todo cuando el costo de la mano de obra viene en aumento, y hacer el almacenamiento un proceso más ágil y preciso. Adicionalmente, la mejora de la calidad del producto a entregar, así mismo como el aumento de la seguridad y la reducción del riesgo de accidentes laborales pueden ser aspectos claves a considerar a la hora de tomar la decisión de automatizar.

Al respecto el autor también agregó que es importante considerar la cultura de la empresa en términos de incorporar tecnología y modificar los procesos actuales, para dejar de hacer las cosas como se venían haciendo. El cambio cultural es un tema importante a tener en cuenta al momento de implementar una nueva tecnología y se debe preguntar si el personal podrá ser capaz de usar la nueva tecnología, si los procesos de capacitación son los más adecuados y qué se hará con las personas que no sean capaces de adecuarse a los cambios.

Finalmente Pérez (2013) concluye que las acciones para asegurar en gran medida el éxito de un proceso de automatización son: 1) Levantar en forma correcta y profunda la información

de los procesos que serán afectados o modificados por el proceso de automatización, el levantamiento debe considerar las excepciones ya que son ellas las que marcarán los límites de la automatización; 2) Involucrar al personal del almacén en el levantamiento, ya que son ellos los que conocen al detalle la operación; 3) Realizar un buen programa de capacitación y puesta en marcha y 4) Manifestar el compromiso de la alta gerencia con el proyecto con demostraciones explícitas para que toda la organización sepa de que es un proyecto de la empresa y no de una persona. Esta metodología desarrollada por el investigador mencionado será de gran aporte y guía para el estudio previo a la propuesta de automatización que se desea presentar.

Abad y De la Fuente (2012) en su estudio de la “*Automatización de un Supermercado para Mayoristas*”, presentado ante la universidad de Valladolid en España, para optar al título de especialistas en sistemas electrónicos, exponen que es fundamental, al iniciar un proyecto de automatización, realizar una evaluación previa sobre éste, la empresa implicada y de acuerdo a un estudio de factibilidad técnica y económica seleccionar cuales serían las mejores opciones para la implementación y en qué grado. A su vez señalan que es recomendable implementar la automatización por etapas o parcialmente, bien sea a un almacén o proceso de algún tipo de producto y si los resultados son satisfactorios terminar de extenderlo a las etapas faltantes.

Posteriormente concluyen que, los almacenes automatizados se caracterizan porque todos los movimientos físicos efectuados en los mismos se realizan de una forma automática, con poca o sin intervención humana. Este trabajo hace énfasis en el análisis previo a la implementación de la automatización de un proceso y que puede resultar útil considerar su ejecución por etapas. Tales consideraciones serán evaluadas a profundidad para ser incorporadas en esta investigación al momento de recomendar el grado de automatización de la propuesta que se presentará.

En este contexto García (2012), gerente de System Logistic de México perteneciente a System North America, en su artículo “*Alianza logística de alta tecnología entre Portugal y Colombia*”, publicado en la revista de lógica indica que, ante un mercado cada vez más exigente de múltiples pedidos con un sin números de unidades de mantenimiento de existencia, conocido en inglés como Stock Keeping Units (SKU), y con altísimos volúmenes de mercancía que debe ser almacenada y manejada en el menor espacio y tiempo posible, se requieren operaciones gestionadas con el uso de almacenes verticales de alta densidad, con movimiento y posicionamiento mediante transelevadores o vehículos, en los cuales la gestión segura y automática de los sistemas garantiza una mejor distribución y manejo del material.

Adicionalmente menciona que:

Mediante el sistema de automatización de almacenamiento y transporte se facilita el control global y centralizado de los procesos, alcanzando una eficiencia superior en la producción de la empresa, reduciendo costos de producción y obteniendo como beneficio un aumento significativo en la productividad. Así mismo, mediante la implementación de sistemas de seguridad se reducen los riesgos de accidentes laborales y las fallas de sistemas en la cadena. (p.3)

García (2012) expresa acerca de la automatización de los procesos de almacenamiento y transporte que estos usan sistemas de control y tecnología informática para reducir la intervención humana en un proceso, adicionalmente se obtienen beneficios como incremento de la producción y reducción de costos, logrando un aumento significativo de la productividad. A su vez, se logra la disminución de los riesgos de accidentes laborales y las fallas de sistemas, permitiendo tener un mayor control de los procesos y una mejor trazabilidad del producto en cualquier etapa de la cadena productiva.

La autora se refiere a las grandes compañías como Noel, Unilever y Sodimac Homecenter, las cuales han implementado sistemas automatizado a sus procesos de almacenamiento y han obtenido excelentes resultados.

Finalmente termina expresando en su artículo que, no se trata sólo de reducir costos y aunque el éxito de una empresa, por ejemplo, de moda, no depende directamente de los costos logísticos, es una defensa contra tu competencia, ya que, si hay algún competidor que automatiza y el resto no, éste tendrá un mejor precio de venta o más beneficio. Lo que indica la importancia y asertividad de este proyecto por lo que es pertinente proponer la automatización del proceso de traslado y almacenamiento de las carrocerías desde la línea de desempaque al bodywarehouse ya que con esto se alcanzarían grandes beneficios para la empresa.

Rubén (2012) en su trabajo "*Diseño y cálculo de un transelevador para un almacén automatizado de carrocería*" cuyo objetivo es el diseño y análisis técnico de un transelevador automatizado destinado a operar en un almacén auto portante para carrocerías, con una capacidad de 276 unidades, que permita su entrada, almacenamiento y salida secuenciada respectivamente, con lo que se pretende flexibilizar la producción de la fábrica ya que actualmente el sistema es completamente manual.

El autor expresa que la necesidad de automatizar el proceso de almacenaje de las carrocerías surge del desfase productivo de dos etapas con procesos diferentes, chapa y pintura respectivamente, lo que obliga a crear un acumulo, es decir, cuello de botella intermedio entre ambas líneas al mismo tiempo, por el tipo de almacén, lo que imposibilita la secuenciación de las carrocerías a su salida de éste, de modo que se entreguen en su destino correctamente ordenadas.

Rubén (2012) concluye que, para un funcionamiento óptimo del almacén, este debe ser diseñado globalmente como un todo, teniendo en cuenta el tipo de mercancía a almacenar, las condiciones de operación, etc. La automatización debe asegurar el balance de la línea productiva, alta precisión en todos los movimientos y la flexibilidad necesaria para adaptarse a la productividad deseada.

Este trabajo se enfoca principalmente para el diseño de un transelevador, más allá del estudio mecánico de las partes más relevantes como los motores y su potencia, cálculo de la estructura, ruedas, ejes, rodamientos, tambor de elevación, cables, poleas, etc, en las necesidades de los tiempos de ciclo con la finalidad de asegurar el balance de la línea productiva y la flexibilidad necesaria para adaptarse a la productividad deseada. Lo cual servirá de referencia para el diagnóstico del sistema actual de almacenamiento de las carrocerías del presente proyecto.

### **Bases teóricas**

Según Pérez (2009), las bases teóricas son “el cuerpo de ideas explicativas coherentes, viables, conceptuales y exhaustivas, armadas lógicamente y sistemáticamente para proporcionar una explicación envolvente pero limitada, acerca de las causas que expliquen la fórmula del problema de la investigación” (p. 59). En este sentido, se comprende el marco teórico como el conjunto de conceptos relacionados con el tema, de acuerdo a las características particulares del mismo, de forma detallada, correlacionada y su evolución en el tiempo de manera cronológica.

### **Pre automatización**

Un buen asesoramiento y una buena planificación permitirá abordar la automatización con éxito de lo contrario los resultados pudieran estar muy alejados de las expectativas si no se parte

de una planificación rigurosa, por tal motivo la definición de Pre automatización brindará las nociones al respecto.

Schonberger (1997), la pre-automatización son las estrategias que se aplican para que una máquina o equipo cumpla las funciones con la que fue diseñada las cuales facilitan la operatividad tanto de las máquinas como para la realización de los procesos manuales, acortando el tiempo de ubicación de las cosas y la cantidad de movimientos.

Algunas de las actividades que podrían calificarse dentro de esta etapa del proceso de automatización, según lo planteado por el autor se listan a continuación:

- Acortar distancias para alcanzar las cosas.
- Colocar herramientas y piezas cerca del punto de trabajo
- Rediseñar estantes y accesorios con el fin de facilitar el acceso a los elementos que se ubican en ellos.
- Diseñar dispositivos automáticos tipo poka-yoke (a prueba de errores) que faciliten la verificación de los procesos.

## **Automatización**

La automatización es el fundamento para la elaboración de este trabajo por lo que es importante tener claro en que consiste y su alcance, lo cual se describirá a continuación.

Se conoce así al proceso que permite que “las máquinas realicen un número predeterminado de operación ordenadas, a través del uso de dispositivos y sistemas que facilitan el control de diferentes variables del proceso, limitando a su vez la intervención humana” (Kalpakjian, 2002). Por otra parte, Córdoba (2016), expresa que: “Por lo general, un proceso de automatización industrial es generado por la convergencia de tres tecnologías: mecánica, electrónica e informática, las cuales les dan dirección a los procesos tecnológicos, asegurando su optimización, en forma de sistemas automáticos” (p.13).

En la industria, la automatización se implementa interviniendo, principalmente, tres áreas como lo son: los procesos de manufactura, manejo de materiales, procesos tanto de inspección como de ensamble y empaque, tal como se representa en la Figura 2. (Kalpakjian, 2002).



**Figura 2. Áreas básicas de automatización en la industria de manufactura.** Tomado de: (Kalpakjian, 2002)

El autor menciona lo siguiente:

La automatización requiere en primer lugar de la definición del objetivo a alcanzar con la realización de estas inversiones, así como la identificación y el análisis de los procesos a intervenir. Algunos de los elementos a considerar en el análisis son: el tipo de producto a fabricar, la cantidad y velocidad de producción, la fase de la operación a intervenir a través de automatización, la confiabilidad de la operación y del mantenimiento posterior, los requerimientos de capacitación de la mano de obra entre otras. (p.22)

Un proceso automatizado integra fuentes de energía, infraestructura de equipos, uno o varios programas de instrucciones (definen acciones a desarrollar), arquitectura del sistema de control definiendo requerimientos de sensórica, instrumentación, controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de supervisión, de acuerdo con los requerimientos del proceso y finalmente, el sistema de control que integra y ejecuta el programa de instrucciones del sistema automático (Vallejo & Vallejo, 2005).

## **Líneas de producción**

Los productos más característicos de las líneas de producción son los de ensamble de automóviles y aparatos eléctricos o cualquier otra cosa que requiera producirse de manera masiva. El presente trabajo pretende proponer una mejora a través de la automatización del proceso de almacenamiento de las carrocerías, lo cual es necesario para alimentar la línea de producción de la empresa. En este sentido se presentarán a continuación una serie de definiciones acerca de lo que es una línea de producción y sus ventajas lo cual ayudará a entender la importancia que tiene el propósito de este estudio.

Alducín (2015) plantea que cuando se desea un alto volumen de fabricación, las líneas de producción son sistemas de manufactura que adquieren gran importancia ya que son beneficiosas para realizar operaciones en los productos que requieren de muchos pasos separados para su fabricación.

En una línea de producción el total de operaciones requeridas para la fabricación de un producto es distribuido entre una cantidad de trabajadores y maquinas que a su vez están ubicados consecutivamente en distintas estaciones de trabajo. El desarrollo de las líneas de producción se le atribuye a Henry Ford al implementarlas en su empresa a principios del siglo pasado.

En un sentido más estricto, “una línea de producción puede ser definida como una disposición de áreas de trabajo, donde los eventos consecutivos están colocados en forma inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a una rata uniforme a través de una serie de operaciones balanceadas, lo cual permite el trabajo simultáneo en todas las estaciones llegando el material a su condición final a través de un camino razonablemente directo”. Maynard (1963).

Las líneas de producción tienen algunas ventajas las cuales pueden resumirse como sigue:

- Las distancias movidas son mínimas, dado que las áreas de trabajo están colocadas inmediatamente adyacentes. Esto permite que una operación comience donde finaliza la que le precede.
- La línea de producción provee un flujo continuo de trabajo con el mínimo de demoras.

- Los operarios pueden realizar su trabajo de una manera rutinaria, pues el trabajo ha sido dividido y cada uno de ellos realiza una parte específica del mismo.
- Todas las operaciones se realizan simultáneamente.
- La línea se considera como una sola unidad de producción, lo cual permite un control de producción más fácil de realizar y un mínimo de papeleo.
- El flujo de materiales es fijo, por lo cual se minimiza la cantidad de trabajo perdido.
- La cantidad de material en cada lugar de trabajo es mínima debido a que en ellos se realizan una o pocas operaciones en lugar de todas las operaciones.

### **Línea de ensamble**

El almacenaje de las carrocerías agrupa una serie de operaciones previas al proceso de ensamble final de las unidades. Ambas actividades son consecutivamente adyacentes ya que la línea de ensamble se alimenta de las carrocerías provenientes de dicho almacén. Debido a la estrecha relación de ambos procesos se procederá a describir el significado de una línea de ensamble lo cual permitirá comprender el alcance que puede tener este estudio sobre dicho proceso.

Una línea de ensamble está conformada por múltiples estaciones de trabajo ordenadas en forma secuencial en las cuales trabajadores, equipos o máquinas interactúan entre sí para ejecutar operaciones de ensamble.

Alducín (2015) expresa lo siguiente:

El procedimiento en una línea de ensamble comienza con el lanzamiento de una parte del producto base o materia prima en el inicio de la línea, lo que coloquialmente en la industria se conoce como “montar” el producto. Por lo regular se requiere de un sistema de transporte de trabajo por donde pase el producto, siendo entre los más característicos las bandas transportadoras y el conveyor. (p.6)

El producto en bruto o la materia prima viaja por cada estación de trabajo, en donde los trabajadores o máquinas realizan distintas operaciones que consisten en la incorporación progresiva de subcomponentes hasta que finalmente es construido el producto. Es decir, en cada estación de trabajo se agregan componentes al producto en bruto, hasta que todo el material de

trabajo se ha ensamblado completamente y es cuando el producto sale de la estación final, ya sea para empaque, embarque o una estación de trabajo.

### **Almacenes automáticos**

El siguiente concepto brindará una idea del significado de los almacenes automatizados como sus características, lo cual servirá de referencia para el desarrollo del presente estudio.

Los expertos indican que, que cuando en el interior de un almacén los movimientos de materiales se realizan de forma rutinaria, es decir, movimientos conocidos y repetitivos, es viable recurrir a la automatización y el grado será mayor cuanto más rutinarios sean los movimientos. El mayor grado de automatización de un almacén se alcanza cuando tal implementación permite todos los movimientos internos sin la intervención humana

Logistics Project Management (2014), plantea que los almacenes son lugares o espacios físicos destinados para acopiar algún tipo de mercancía. Actualmente los almacenes automáticos ofrecen una de las soluciones más eficaces a la hora de optimizar espacio, tiempo y recursos

Un almacén automático de carrocerías consiste en un espacio en el que las unidades entran, se almacenan y salen sin intervención directa de ningún operador. Esto se consigue mediante la utilización de: equipos robotizados, sensores, lectores y sistemas de control electrónicos que gestionan en todo momento el movimiento y la posición de dicho material, permitiendo ganar altura y rapidez debido a que los tiempos de respuesta y seguridad se reducen. Además, el sistema se encarga de optimizar la colocación de las carrocerías en este caso en los espacios más cercanos posibles en función del grado de ocupación del almacén, haciéndolos totalmente fiables por la disminución de errores a la hora de manipular las cargas.

Gracias a la aplicación de estas tecnologías se logra gestionar estos almacenes de forma automatizada y optimizar además los procesos derivados del almacenaje, preparación y despacho de mercancía. Por lo general estos sistemas de almacenaje están diseñados para ser operados automáticamente por medio de transelevadores.

A continuación, alguna de las ventajas de este tipo de almacenes:

- Los costes se reducen gracias al almacenaje compacto.
- Máximo control de stock.
- Mayor eficacia en la gestión de entradas y salidas del material.

- Ahorro de espacio, tiempo y dinero.
- Incremento de la productividad de la actividad logística.
- Menores costes de mantenimiento gracias a la reducción de daños.
- Incremento de la seguridad tanto del personal como del material en cuestión.

Como se mencionó en el concepto anterior parte de los equipos que conforman un almacén automático son los elevadores o transelevadores los cuales se definirá a continuación permitiendo conocer sus principales características lo cual servirá de guía ya que en el presente trabajado parte de la propuesta de automatización abarca estos equipos.

### **Elevador**

González (2012) en su trabajo “*Diseño y cálculo de un transelevador para un almacén automatizado de carrocías*”, menciona que un elevador está conformado por un mecanismo de elevación por correas y sobre este se encuentra colocada una mesa de rodillos. Este equipo permite subir del nivel de las líneas de producción al nivel de transportadores, o bajar de la línea de transportadores a la línea de producción los skids.

### **Transelevador**

Los transelevadores son soluciones automáticas diseñadas para desplazarse en traslación y elevación para cumplir funciones de recogida, almacenamiento y devolución de productos dentro de un almacén particularmente de carrocías.

En este sentido, Jordi y Navascues (2001) en su publicación “*Manual de Logística Integral*” indican que el transelevador es el equipo principal de un almacén de carrocías. Es una máquina de transporte y elevación cuya función es recoger y entregar las carrocías en cualquier lugar del almacén y alimentar la línea de ensamblaje. Por lo general el diseño de estos transelevadores son de tipo bicolumna, por su gran versatilidad en adaptarse perfectamente a las dimensiones y peso de la carga, así como también a las medidas del almacén. Los transelevadores en cuanto a su funcionamiento, tiene 3 tipos de movimientos:

- Horizontal en la dirección del pasillo. El transelevador entero se mueve sobre el carril gracias a un motor de traslación.

- Vertical de la cesta. Ésta recorre las columnas soportada por dos cables de elevación que son accionados por un motor de elevación.
- Transversal. Las horquillas, situadas sobre la cesta, se extienden o retraen mediante un motor propio.

Estos equipos están dotados con múltiples sensores y accionamientos para su posicionamiento y regulación cuyo control y mando es a través de un PLC, esto dependiendo del grado de automatización de dicho equipo, los requerimientos de cada empresa, la complejidad de las fases de manipulación y las funciones humanas que se deseen eliminar.

Estos equipos tienen un sistema de guiado tanto por arriba como por debajo, logrando que su funcionamiento sea más rápido y las posibilidades de desviarse de su recorrido sea prácticamente imposible.

Las principales ventajas de estos sistemas consisten en el aprovechamiento máximo de la capacidad del almacén por lo que se elimina la pérdida de los espacios. También permite mayor rotación del material con menor riesgo de daños en el stock, a su vez, los tiempos muertos son reducidos y se agiliza la preparación de los pedidos y entregas, así como también, se evitan los errores producidos por trabajos manuales.

### **Mesa elevadora de tijera**

El equipo que a continuación se describe es parte importante del proceso de almacenamiento de las carrocerías referido en este trabajo, ya que es el encargado de transferir hacia el almacén dicha carga, además, gran parte de la propuesta de automatización está enfocada en este componente.

Una mesa elevadora de tijera, también conocida como plataforma elevadora, es un equipo mecánico diseñado para elevar cargas y, bajo determinadas condiciones, también personas. Su función principal es cubrir las necesidades logísticas donde se requieran trabajos en diferentes alturas.

Dependiendo de los requerimientos de trabajo pueden disponer de una cesta donde el operario maneja la plataforma mediante un panel de control, como también, una mesa de rodillos simple o motorizada para la transferencia de material, según sean los requerimientos. Son muy usadas como equipos de posicionamiento en diferentes procesos productivos o como

herramienta auxiliar para facilitar la ergonomía. Además, su facilidad de customización en dimensiones, prestaciones y accesorios permiten que la versatilidad de este equipo contribuya con el ahorro económico. Adicionalmente pueden equiparse con sensores y otros componentes electromecánicos para cumplir sus funciones y con un PLC para su integración con el sistema de almacenamiento automático.

Las plataformas elevadoras de tijera están compuestas básicamente por tres partes:

- Plataforma de trabajo, que es la base o la mesa donde se carga el material o personas puede ser modificada con otros equipos, como por ejemplo una mesa de rodillos motoriza, de acuerdo al trabajo requerido.
- Estructura extensible. Esta va unida, en la parte inferior, al chasis y a la plataforma de trabajo en la parte superior. Permitiendo elevar la plataforma de trabajo hasta donde se requiera. Por lo general el accionamiento de la estructura extensible, tipo tijera, es a través de un sistema hidráulico. Según las necesidades, relación carga altura, el mecanismo de tijera puede ser simple, doble o múltiple.
- Chasis, es la base de la mesa elevadora de tijera. Esta puede ser autopropulsada a través de un motor eléctrico y un sistema de transmisión, empujada o remolcada y estar situada sobre el suelo, ruedas, rieles, cadenas, etc.

## **Skids**

Como se mencionó en capítulos anteriores el recorrido de las carrocerías desde la línea de desempaque hasta el bodywarehouse se realiza a través de este equipo y es quien interactúa con el sistema de almacenamiento, por tal motivo a continuación se desarrolla una breve descripción de estos útiles medios de transporte en la industria automotriz.

Los skids o trineos son el soporte utilizado para el transporte de las carrocerías a través de las instalaciones de pintura y chapa de la fábrica, aunque en otros casos se pueden emplear ganchos en U o skillets. Cabe destacar que cada skid solo transporta una carrocería la cual va apoyada en cuatro puntos.

Los sistemas de transporte con skids son utilizados para transportar componentes y la carrocería que se va fabricando en la línea de producción. La estructura inferior es similar a los

esquíes (de ahí su nombre en inglés, “ski”) y es quien se encarga de distribuir uniformemente la carga sobre los rodillos transportadores.

La tecnología de transporte actual con estos equipos admite que el flujo de materiales se realice tanto horizontal como verticalmente. Este sistema está compuesto por los siguientes componentes: rodillos, mesas giratorias, elevadores excéntricos, transportadores verticales, transportadores transversales y vehículos de desplazamiento. González (2012).

### **Mesa de rodillos simples**

Estos equipos que a través de los cuales se desplazan los skids con las carrocerías, son usados comúnmente en la industria automotriz tanto en la gestión de almacén como en sus procesos de ensamble y subensamble. Este aspecto se detallará a continuación ya que estos equipos son claves en un proceso de automatización lo cual corresponde con el presente estudio.

Según uno de los fabricantes de estos equipos Roach Conveyor, la mesa de rodillos o transportador de rodillos es el transporte básico de skids en dirección longitudinal. Consta de unos rodillos que giran libremente y trasladan longitudinalmente el skid, desde que entra por un extremo de la mesa hasta que sale por el otro. Normalmente estas mesas se colocan en fila, de manera que se crea una cadena de transporte para los skids, formando una superficie regular para facilitar el manejo y desplazamiento.

A diferencia de otros medios de transporte, un transportador de rodillos es un sistema modular que permite la consecución de segmentos con rodillos de giro libre. El principio de funcionamiento consiste en el desplazamiento del material por encima de los rodillos que giran sobre su propio eje fijo a la estructura.

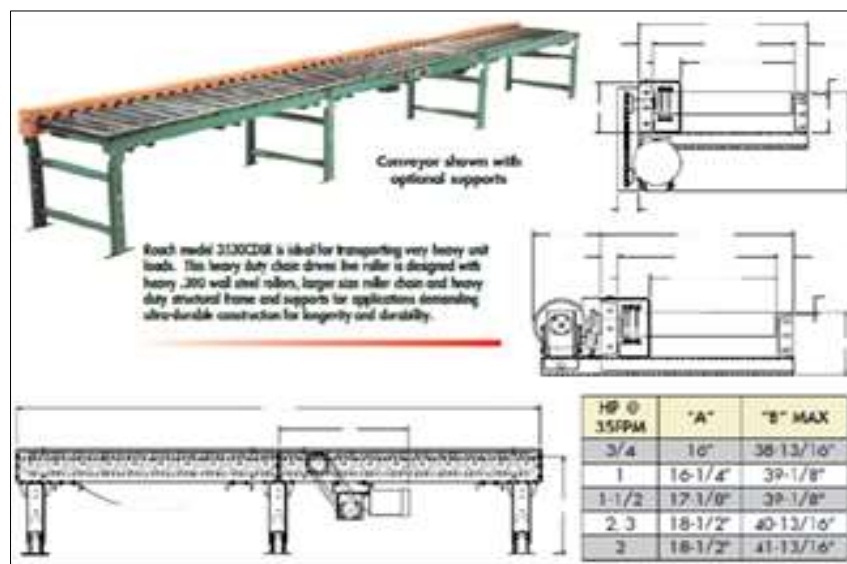
### **Mesa de rodillos motorizados**

Existen otros tipos de transportadores de rodillos, aparte a los de giro libre, están los accionados por gravedad y los accionados mediante un motorreductor bien sea por banda o cadena. Este último es el más usado para el manejo de objetos de servicio pesado como carrocerías y a su vez es el más usado en procesos de automatización de almacenes de carrocerías, por lo que estudiar sus características permitirá conocer otras opciones que pudieran implementarse en este trabajo.

De acuerdo a la descripción de Roach Conveyor, consta de una estructura con soportes metálicos que sostienen una mesa de rodillos dispuestos longitudinalmente, con piñones en uno de sus extremos para el acoplamiento de una cadena que se encarga de hacer girar todo el sistema de rodillos de forma automática a través del accionamiento de un motor eléctrico. Su función principal es trasladar carga pesada por medio de los rodillos motorizados de forma segura y controlada. Consta de rodillos metálicos, rodamientos, cadena, motor eléctrico, caja reductora y mando de control eléctrico. Ver figura 3.

Este tipo de sistema en conjunto con otros elementos de control es utilizado en procesos industriales que requieren ser automatizados, también suele emplearse en puestos de trabajo donde se busca eliminar enfermedades ocupacionales o riesgos ergonómicos producto del sobreesfuerzo físico que pueda ejercer una persona al tratar de mover o trasladar una carga pesada de forma repetitiva o bien sea esporádicamente.

Según los fabricantes el uso de estos equipos se ha incrementado sustancialmente en los últimos años de manera proporcional al desarrollo tecnológico debido a la alta demanda de pedidos de todo tipo en periodos de tiempo muy cortos y a la flexible customización según los requerimientos.



**Figura 3. Sistema de rodillos motorizados.** Tomado de: Catálogo digital en línea Roach Conveyor (2015)

## **Bases legales**

Las bases legales de una investigación están conformadas por un grupo de documentos con carácter legal que son de referencia y soporte a la investigación. Entre estos documentos se tienen las normas, leyes, reglamentos, decretos y resoluciones. Villafranca (2002).

En este sentido según la Norma Técnica para Control en la Manipulación, Levantamiento y Traslado de Cargas emanada por el Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales (INPSASEL, 2016) establece una serie de criterios, pautas y procedimientos necesarios, que obligatoriamente deben cumplir donde hayan patronos y patronas y trabajadores y trabajadoras, sea cual fuere la forma que adopte, dentro del territorio de la República Bolivariana de Venezuela, para la adecuada manipulación, levantamiento y traslado manual de cargas con pesos mayores a los 3 Kilogramos, teniendo en cuenta las características propias de las operaciones realizadas por los trabajadores. Estos aspectos que a continuación se mencionarán serán un patrón de medición, en el marco legal, para conocer cuál es la situación actual en términos de ergonomía y salud laboral de los trabajadores correspondiente al área de descontenerización y desempaque, así como también enfocará los esfuerzos de esta investigación para la consecución de los objetivos.

El artículo 3 correspondiente a las disposiciones generales de la mencionada norma, define una serie de conceptos que caracterizan tanto el ambiente de trabajo como las formas más saludables y seguras para realizar cualquier operación relacionada a la manipulación, levantamiento y traslado de cargas, como se describe a continuación:

## **Ciclos de trabajo**

Es el conjunto de pasos u operaciones que son repetitivos en un mismo orden y en una jornada laboral.

## **Condiciones ideales del ambiente de trabajo**

Son aquellas condiciones del ambiente de trabajo que atenúan el riesgo de desarrollar patologías musculo-esqueléticas ocasionadas por la manipulación, levantamiento y traslado manual de carga. Estas condiciones son:

1. Planos de trabajo libres de obstáculos para la manipulación, levantamiento y traslado manual de carga.
2. Dimensiones del espacio de trabajo, tales que permitan adquirir posturas confortables para el desarrollo de las tareas, donde no exista restricción postural debida a las dimensiones del espacio.
3. Suelos con superficies regulares de no den lugar a tropiezos ni resbalones y ofrezcan punto de apoyo estable. (p.6).

### **Disergonómico**

Implica aquellos factores inadecuados a los que estarían expuesto los trabajadores en su área de trabajo y que incrementan la posibilidad de que estos desarrollen una lesión, así como también el nivel de riesgo en las operaciones.

### **Empuje de carga**

Es una acción que proviene de ejercer una fuerza dirigida en frente del cuerpo del trabajador o trabajadora sobre la carga para desplazarla.

### **Ergonomía**

Es un estudio que se encarga de adecuar los métodos, organización, herramientas y útiles empleados en el proceso de trabajo a las características (psicológicas, cognitivas, antropométricas) de los trabajadores, es decir, esta disciplina se enfoca en adaptar las instalaciones, equipos, herramientas, servicios, las operaciones propiamente e incluso el ritmo de trabajo a la capacidades de los trabajadores con la finalidad de garantizar su salud y seguridad laboral como también la máxima eficiencia en la realización del trabajo.

### **Fatiga física**

Es la disminución de la capacidad física del individuo después de haber realizado una tarea durante un tiempo determinado, producto de una carga de trabajo excesiva y repetitiva, superándose los máximos de consumo de energía. Esto depende del tipo de trabajo muscular desarrollado.

## **Frecuencia**

Son las cantidades de acciones que se realizan en un periodo de tiempo establecido.

## **Frecuencia de empuje**

Son las veces que el trabajador ejerce una fuerza dirigida en frente de su cuerpo sobre la carga que se desea desplazar en un tiempo y espacio determinado.

## **Manipulación manual de carga**

Está relacionada a toda operación que amerite la ejecución del esfuerzo humano para levantar, descender, empujar, arrastrar, transportar, o ejecutar cualquier otra acción que se requiera para poner en movimiento o detener un objeto, persona o animal.

## **Medios técnicos de asistencia**

Se refiere a los equipos manuales o automáticos y/o administrativos que reemplazan o atenúan el esfuerzo físico ejercido por el trabajador en las operaciones de manipulación, levantamiento y traslados manuales de carga.

## **Posturas forzadas**

Son aquellas posturas fuera de las zonas ideales de manipulación de carga que el trabajador este obligado a adoptar debido a la particularidad de la operación o las funciones del puesto de trabajo que sobrecargan el sistema musculo esquelético.

## **Proceso peligroso derivado de las condiciones disergonómicas**

Son aquellos que están estrechamente relacionados con los atributos de las operaciones o del puesto de trabajo, o la interacción de ambos y la actividad, la organización y división del trabajo; como los aspectos relacionados con la manipulación, levantamiento y traslado manual de cargas, sobreesfuerzos, posturas de trabajo y movimientos repetitivos que aumentan la probabilidad de que un trabajador expuesto a tales factores desarrolle una lesión en su trabajo.

## **Tracción de carga**

Desplazamiento de una carga que resulta de una fuerza ejercida en dirección al cuerpo de quien realiza la operación.

Los artículos 6 y 7, correspondientes al título II (Sistemas de trabajo y medidas de control) del capítulo I, definen en los apartados Traslado Manual de Carga y Empuje y arrastre de carga respectivamente lo siguiente:

Artículo 6. El servicio de seguridad y salud en el trabajo con la participación de los trabajadores y trabajadoras debe establecer controles para garantizar que la distancia a recorrer con carga sostenida, por empuje y arrastre se realice de manera segura, de forma tal que no genere daños a la salud, para ello se deben realizar evaluaciones ergonómicas de los puestos de trabajo considerando como mínimo:

- La distancia de empuje y arrastre
- Las condiciones individuales del trabajador, tales como sexo y edad
- La distancia desde el piso hasta el punto de acarreo
- La frecuencia de traslados y la distancia recorrida
- Las características de la carga

Artículo 7. Las tareas de empuje y arrastre manual de carga no podrán efectuarse fuera de las zonas de manipulación establecidas en la presente norma técnica, ni sobrepasar las capacidades físicas de los trabajadores. El empuje y arrastre de carga debe realizarse con el apoyo firme de los pies para facilitar el movimiento y efectuarse de manera segura, de forma tal, que no genere daños a la salud de los trabajadores y trabajadoras (p.13).

Como se indicó anteriormente, estos artículos servirán de referencia para evaluar las condiciones actuales en que se realizan en el área de estudio, particularmente, las operaciones de traslado y empuje manual de las carrocerías durante el almacenamiento y si dichas operaciones están dentro de los lineamientos que establece la presente norma y a su vez indican las métricas a considerar para la adecuada operación.

El artículo 9, se refiere a las características adecuadas de las áreas de tránsito correspondientes al lugar de trabajo de los operarios, lo cual servirá de patrón de referencia para identificar si existe alguna brecha con la situación actual y a su vez identificar posibles oportunidades de mejoras al respecto en el área abarca desde la línea de desempaque hasta el almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse.

Artículo 9. El patrono, patrona, cooperativa y otra forma asociativa comunitaria de carácter productivo o de servicio, debe garantizar que todas las áreas por donde se desplacen cargas manualmente cumplan con las características siguientes:

- Se encuentren debidamente señalizadas y demarcadas.
- Posean superficies estables y libres de obstáculos que representen barreras para el manejo de las cargas.
- Con superficies que faciliten el desplazamiento de la carga. En los casos que la carga deba ser deslizada, de forma tal que el coeficiente de fricción minimice la resistencia al movimiento (p.14).

Adicionalmente el artículo 11, desde otra óptica menciona como deben estar adecuadas las maquinarias de trabajo o, mejor dicho, como estas deben adaptarse a las condiciones antropométricas, físicas y psicológicas del trabajador con la finalidad de preservar la salud y seguridad del trabajador en el lugar de trabajo.

Al igual que los artículos mencionados anteriormente este será un patrón de referencia para evaluar si la condición actual de los equipos empleados en el proceso de desempaque y almacenamiento de las carrocerías, estipulado en esta investigación, cumplen con lo establecido en la norma técnica para control en la manipulación, levantamiento y traslado de cargas emanada por el instituto nacional de prevención, salud y seguridad laborales

Artículo 11. El patrono o patrona, cooperativa y otra forma asociativa comunitaria de carácter productivo o de servicio, con la participación activa de los trabajadores y trabajadoras debe adecuar las maquinarias, equipos y herramientas a sus condiciones antropométricas, físicas y psicológicas con la finalidad de facilitar la manipulación, levantamiento y traslado de cargas (p.15).

En correspondencia con lo indicado anteriormente, el siguiente artículo se refiera a las posturas corporales correctas que debe adoptar el trabajador durante el desarrollo de sus actividades, específicamente las relacionadas a la manipulación de carga y que el patrono es el responsable de hacer que se den estas condiciones con el fin de evitar lesiones musculoesqueléticas. Al igual que en citas anteriores se hará una evaluación de las posturas de trabajo adoptadas actualmente por los trabajadores y si estas están al margen de esta normativa para posteriormente proponer la mejora correspondiente.

Artículo 14. El servicio de seguridad y salud den el trabajo, debe adecuar los puestos de trabajo de manera que las posturas corporales durante el desarrollo de tareas de manipulación de carga de realicen sin giros ni inclinaciones del tronco, con sujeción firme del objeto y en posición neutral de la muñeca, con levantamientos suaves y espaciados y en condiciones ideales del ambiente de trabajo (p.14).

El Capítulo III de la normativa técnica para control en la manipulación, levantamiento y traslado de cargas emanada por el instituto nacional de prevención, salud y seguridad laborales hace referencia en los artículos correspondientes a los medios técnicos de asistencia para la manipulación de carga, es decir, a los equipos y maquinarias que deben asistir a los trabajadores para la adecuada manipulación de cargas y mitigar posibles riesgos y lesiones. El artículo 18 establece la implementación de estos equipos o herramientas basado en un estudio previo en términos de ergonomía lo cual va en concordancia con los objetivos de la presente investigación.

Artículo 18. Los patronos o patronas, cooperativa y otra forma asociativa comunitaria de carácter productivo o de servicio deben garantizar la aplicación de medios técnicos de asistencia mecánicos y/o administrativos derivados de las recomendaciones emitidas de los estudios ergonómicos, estas deben ser específicas para las condiciones detectadas, adecuados a las características antropométricas de los trabajadores y trabajadoras, así como la organización y división del trabajo (p.17).

Los trabajos en bipedestación se refieren a las actividades a ser realizadas apoyados o parados en ambos pies. En este sentido la norma técnica para control en la manipulación, levantamiento y traslado de cargas emanada por el instituto nacional de prevención, salud y seguridad laborales en el capítulo IV refiriéndose a los trabajos en bipedestación y zonas de manipulación de carga establece lo siguiente:

Artículo 23. El patrono, patrona, cooperativa y otra forma asociativa comunitaria de carácter productivo o de servicio, con la participación de los trabajadores y trabajadoras debe diseñar o adecuar los puestos de trabajo que permitan reducir la frecuencia de movimientos repetitivos de flexión y extensión de miembros inferiores, torsión e inclinación lateral del tronco, en tareas que impliquen manipulación, levantamiento y traslado manual de cargas en posición bípeda.

Lo mencionado anteriormente, indica que los puestos de trabajo deben diseñarse o adecuarse para optimizar la frecuencia de movimientos de flexión y extensión de miembros inferiores cuando implique manipulación, levantamiento y traslado manual de cargas en posición bípeda, pero a su vez la normativa establece los aspectos ergonómicos que deben ser considerados en el área de trabajo cuando existan las condiciones de manipulación, levantamiento y traslado manual de carga en posición bípeda que como se menciona a continuación:

Artículo 26. El manejo de cargas debe realizarse dentro de las zonas verticales de manipulación y las zonas de alcance horizontal contempladas en la presente norma técnica. Las superficies por donde se desplacen los trabajadores y trabajadoras deben ser uniforme, estable, antiresbalante, libre de irregularidades e intersticios que obstaculicen el libre tránsito manual con la carga. El empleo de rampas o superficies deslizantes inclinadas con ángulos mayores a 15 grados cuando se requiera descenso frecuente de carga (p.21).

Este artículo permitirá analizar desde su lineamiento, como se llevan a cabo en términos de ergonomía las operaciones en las distintas etapas del proceso de traslado y almacenamiento de carrocerías ya que todas se realizan completamente de pie y están estrechamente relacionadas con la manipulación y traslado manual de cargas.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

Un aspecto de suma importancia en toda la investigación se refiere al marco metodológico con el cual va a ser abordado el estudio, ya que el planteamiento de una metodología adecuada, garantiza que las relaciones que se establezcan entre la hipótesis planteada y los resultados o nuevos conocimientos que se generen tengan el máximo grado de exactitud y confiabilidad.

Según Tamayo y Tamayo (2009), la metodología “constituye la médula del plan; se refiere a la descripción de las unidades de análisis, o de investigación, las técnicas de observación y recolección de datos, los instrumentos, los procedimientos y las técnicas de análisis” (p. 114). En consecuencia, se realiza a los fines de garantizar la pertinencia y el adecuado manejo de los datos concernientes al estudio.

Toda investigación requiere ser realizada de modo sistemático cuya característica primordial es el desarrollo lógico y ordenado de los pasos a seguir en el estudio. En este sentido, se presenta a continuación la conformación del marco metodológico, en el cual se establecen los lineamientos que conducirán a la aplicación científica y objetiva de esta investigación.

Conforme a título de la investigación y el problema planteado, el estudio se estableció en la modalidad de proyecto factible, con base en la definición realizada por el Manual de Trabajos de Grado de UPEL (2016), la cual expresa que:

el proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades (p.21).

Esta investigación está claramente en concordancia con la definición anterior de un proyecto factible, dado que se busca solucionar los problemas presentados en el proceso manual

de traslado de las carrocerías desde el aérea de desempaque al bodywarehouse de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., a través de una propuesta de automatización y control supervisorio de dicho proceso.

## **Tipo y diseño de la investigación**

### **Tipo de investigación**

De acuerdo con el estudio que se va a desarrollar, este concuerda con una investigación del tipo descriptiva ya que esta, según Tamayo y Tamayo (2009), “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o proceso de los fenómenos” (p.35).

Los estudios descriptivos son aquellos que buscan, a través del análisis de las personas, grupos, o comunidades o fenómenos, detallar las características y propiedades más resaltantes de los mismos. Este tipo de estudios, según expresan Hernández, Fernández y Baptista (2010), “Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar”.

En este sentido, la presente investigación tiene sus bases en un estudio de carácter descriptivo, debido a que se detallaran los elementos, procedimientos y actividades asociadas al proceso manual de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque al bodywarehouse de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., ubicada en Las Tejerías Estado Aragua, con el fin de identificar sus características más relevantes y lograr una propuesta para su correcta automatización.

Por otra parte, debido a que los atributos o propiedades que se encuentran en el proceso se describirán y analizarán a partir de variables medibles, el enfoque de esta investigación será de tipo cuantitativo. En relación a esto, Silva (2014) expresa que: “las variables cuantitativas son aquellas en que la magnitud de sus atributos o propiedades puede ser medida en términos numéricos” (p. 68). En el enfoque cuantitativo, según Hernández, Fernández y Baptista (2010), “el investigador recolecta datos numéricos de los objetos, fenómenos o participantes, que estudia y analiza mediante procedimientos estadísticos usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico” (p.5).

## **Diseño de la investigación**

De acuerdo a Arias (2006), “El diseño de investigación es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado” (p.23). En este sentido, se toma también en cuenta la definición que presenta el manual de Trabajos de grado de la UPEL (2016) sobre el diseño de campo, el cual se entiende como:

(...) el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores contribuyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios (p.18).

En relación a lo antes expuesto, el diseño de la investigación es de campo, ya que se recolectarán los datos directamente de los sujetos involucrados en el proceso que se estudia, específicamente del personal que labora en las áreas de descontenerización, almacén de las carrocerías y líneas de ensamblaje de Corporación Automotriz Z.G.T.C.A. Es decir, la realización de la propuesta presentada en este proyecto será realizada tomando datos reales del sitio de estudio.

## **Población y muestra**

Arias (2006) plantea que la población de una investigación “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p.81). Basado en lo anteriormente expuesto, la población del presente proyecto está delimitada por un grupo multidisciplinario de nueve trabajadores conformado por personal técnico, operadores, supervisores del área de descontenerización y almacén de carrocerías y del departamento de ingeniería de procesos de Corporación Automotriz Z.G.T.C.A. Para la obtención de la muestra de esta investigación, resulta posible abarcar la totalidad de todos los elementos que conforman la población, en consecuencia, no será necesario extraer una muestra. Esto se fundamenta en las

recomendaciones respecto a la delimitación de la población planteadas por Arias (2006), quien argumenta que si la población, por el número de unidades que la integran, resulta accesible en su totalidad, se puede obviar la sección relativa a la selección de la muestra, ya que se podrá investigar u obtener datos de toda la población objetivo.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

De acuerdo con Arias (2006), una vez efectuada la operacionalización de las variables y definidos los indicadores, es cuando se seleccionan las técnicas e instrumentos de recolección de datos pertinentes para verificar las hipótesis o responder a las interrogantes formuladas. Todo en correspondencia con el problema, los objetivos y el diseño de investigación.

En este mismo orden de ideas, Arias (2006) expresa que: “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. Las técnicas son particulares y específicas de una disciplina, por lo que sirven de complemento al método científico, el cual posee una aplicabilidad general. Es decir, las técnicas para la recolección de datos son las diferentes formas de obtener la información que posteriormente será procesada para el desarrollo del estudio. Entre estas técnicas se tiene la observación directa, la entrevista, el análisis documental y el análisis de contenido. Es necesario considerar tres variables en el acopio de la información: lugar, tiempo y procedimiento.

Ahora bien, la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente. A dicho soporte se le denomina instrumento.

Según Arias (2006), “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.80).

En concordancia con el diseño de esta investigación, la cual es de campo y tomando en cuenta, lo expresado en párrafos anteriores, las técnicas e instrumentos a emplear para la obtención y recolección de los datos en este estudio serán los siguientes:

En primer lugar, se utilizará la técnica basada en la observación directa estructurada mediante el instrumento denominado lista de cotejo. Con la observación directa se logrará obtener mediante la vista, en correspondencia con los objetivos de esta investigación y

sistemáticamente, la información del proceso actual referente a los elementos, previamente definidos, que serán observados en las operaciones de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque al almacén de carrocerías de la Corporación Automotriz Z.G.T.C.A. El instrumento a emplear, como se mencionó anteriormente, será la lista de cotejo o de chequeo, la cual indicará la presencia o ausencia de los aspectos previamente considerados en la observación. Esta técnica es de suma importancia dado que ofrece información de primera mano, la cual puede ser fácilmente procesada para el análisis de la solución a la problemática.

Con la finalidad de complementar la información obtenida a través de la observación directa estructurada, adicionalmente se utilizará una técnica basada en una encuesta escrita a través de la aplicación de un cuestionario cuyo instrumento se caracteriza por ser uno de los más utilizados para recolectar datos. Es decir, se validará o confirmará de algún modo mediante esta técnica, si la información obtenida en la observación directa corresponde con la realidad de dicho proceso, ya que esta técnica será aplicada, mediante un cuestionario, a los trabajadores del área de descontenerización y desempaque.

Arias (2006), define la encuesta “como una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular” (p.69). Esta técnica es ampliamente aplicada como medio de investigación ya que aparte de obtener datos, también permite procesarlos de modo rápido y eficaz.

El cuestionario es una forma de encuesta que es aplicado de manera escrita, por lo general, mediante un formato en papel el cual contiene una serie de preguntas que debe responder el encuestado sin la mediación del encuestador. Este instrumento estará conformado por preguntas cerradas las cuales tendrán preestablecidas las opciones de respuesta, entre las cuales podrá elegir el sujeto encuestado. Estas opciones de respuestas serán del tipo dicotómicas ya que ofrecen solo dos posibilidades de contestación (Arias, 2006).

### **Validez y confiabilidad del instrumento**

Hernández, Fernández y Baptista (2010) establecen que el proceso de medición o aplicación de un instrumento para la recolección de datos debe cumplir con los siguientes requerimientos: confiabilidad, validez y objetividad. Ya que tanto la validez como la

confiabilidad se combinan para enfocar al evaluador a ser objetivo en el proceso de describir la realidad a través de los instrumentos a emplear.

Según Pérez (1998), “si el instrumento o instrumentos reúnen estos requisitos habrá cierta garantía de los resultados obtenidos en un determinado estudio y, por lo tanto, las conclusiones pueden ser creíbles y merecedoras de una mayor confianza” (p.71).

La confianza y validez de los datos recolectados son de suma importancia ya que en esta información se fundamenta el valor del estudio y depende tanto la calidad investigativa como sus resultados (Corral, 2008).

En este sentido, es muy trascendental que la información obtenida permita responder a los objetivos de la investigación. “Si los instrumentos no son validados, podrá encontrarse variedad de información, pero sin ninguna articulación con los propósitos y compromisos asumidos en la investigación”. (Delgado, Colombo y Rosmel, 2002).

La validez, no es más que el grado de exactitud o fidelidad en que un instrumento verdaderamente mide la variable para lo cual fue creado. En términos más concretos, la validez de un instrumento se refiere a que este mida lo que debe medir (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

## **Validez**

Uno de los mayores problemas que se debe evitar, es que la información obtenida no permita responder a los objetivos de la investigación. Si los instrumentos no son validados, podrá encontrar una variada información, pero sin ninguna articulación con los propósitos y compromisos asumidos en la investigación.

En este sentido, alcanzar la validez no es tarea fácil, por lo que investigadores, con el propósito de lograr tal fin, la han clasificado en tres tipos: validez de contenido, validez de criterio y validez de constructo, lo cual se menciona a continuación:

### **Validez de contenido**

Se refiere al grado de exactitud en que un instrumento manifiesta un dominio específico de contenido de lo que se mide. Es decir, un instrumento de medición debe representar a todos los ítems del dominio de contenido de las variables a medir.

Hernández, Fernández y Baptista (2010) expresan, con respecto a la validez de contenido, lo siguiente:

Un instrumento de medición requiere tener representados prácticamente a todos o a la mayoría de los componentes del dominio de contenido de las variables a medir. Si el dominio de un instrumento es demasiado estrecho con respecto al dominio de la variable, el primero no representará a ésta. La pregunta que se responde con la validez de contenido es: *¿el instrumento mide adecuadamente las principales dimensiones de la variable en cuestión?* En un cuestionario, por ejemplo, cabría interrogar: *¿las preguntas qué tan bien representan a todas las preguntas que pudieran hacerse?* (p.202).

En otras palabras, con la validez de contenido se busca evaluar hasta qué grado los ítem o reactivos de un instrumento representan el universo de contenido de la característica o rasgo de la variable que se desea medir.

Corral (2008) indica, luego de seleccionar los ítems más adecuados y posteriormente haber elaborado el instrumento, este debe ser validado por un grupo impar de expertos que certifiquen que las preguntas, ítems o afirmaciones sean relacionadas con el trabajo desarrollado. Esta validación puede realizarse a través de cuatro métodos:

a) Método de Agregados Individuales, consiste en la evaluación individual del instrumento por parte de los expertos en donde estos dan una estimación directa de los ítems. Se requieren al menos tres expertos para que evalúen la relevancia y congruencia de los reactivos con el contenido teórico, la claridad en la redacción, observaciones y tendenciosidad en la formulación de los ítems (Corral 2008). Al experto se le debe suministrar, aparte del instrumento, la información suficiente para su contextualización con el propósito de la prueba como de su contenido, además de la tabla de especificaciones u operacionalización de las variables en estudio.

Para el respectivo análisis, los ítems que tengan 100% de coincidencia favorable quedan incluidos el instrumento. Los ítems que tengan 100% de coincidencia desfavorable entre los jueces quedan excluidos del instrumento. Los reactivos que tengan una coincidencia parcial o no definida deben ser revisados, reformulados o reemplazados, de ser necesario, y nuevamente validados (Corral 2008).

b) El Método Delphi, obtiene la opinión de los expertos de una manera sistemática ya que cada experto contesta de forma individual y anónima un cuestionario. Posteriormente se analizarán las respuestas del conjunto de expertos y se le informa a cada uno la respuesta promedio obtenida, así como el rango intercuartil para cada caso y se les solicitará que reconsideren su criterio anterior, tomando en cuenta los datos obtenidos para volver a responder el cuestionario. Este ejercicio se realizará tres o cuatro veces.

Para el respectivo análisis, todo juicio individual fuera del rango intercuartil en el que se mueve el grupo de expertos tiene que ser debidamente justificada. La mediana de las respuestas obtenidas en el último ciclo será el valor que se estaba buscando. “Con este método los expertos comparten en cierto modo sus opiniones, sin que existan discusiones ni confrontaciones directas entre ellos” (Corral 2008). Aun cuando este método permite mayor grado de objetividad en la opinión de los expertos y el consenso logrado es muy confiable es un método muy laborioso que requiere de mucho tiempo y herramientas tanto administrativas como tecnológicas para su aplicación.

c) Método Grupo Nominal, se procede como en el método de Delphi, con la diferencia que esta técnica permite la interacción entre los expertos en cada vuelta, para que aclaren y compartan los criterios que están considerando cada uno, es decir, estos exponen a los demás las puntuaciones y principales consideraciones registradas para luego establecer las coincidencias del grupo. Finalmente, de manera individual y por escrito cada experto puntúa y argumenta las probabilidades del error para cada reactivo considerado (Corral, 2008). Esta técnica requiere entre ocho y diez expertos.

d) Método del Consenso Grupal, amerita reunir a los expertos en un lugar determinado para indicarles que la actividad consistirá en lograr una estimación de la conveniencia y otros aspectos relacionados con la elaboración de los ítems, que sea satisfactoria para los expertos logrando maximizar los intercambios de información y opiniones dentro del grupo (Corral, 2008).

### **Validez de criterio**

Hernández, Fernández y Baptista (2010) mencionan, que este criterio establece la validez del instrumento de medición mediante la comparación de los resultados obtenidos con los de

otro criterio externo que pretenda medir la misma variable. Es decir, si diferentes criterios miden el mismo concepto o tienen la misma percepción deben indicar resultados equivalentes.

Los autores lo expresan de la siguiente forma:

la pregunta que se responde con la validez de criterio es: ¿en qué grado el instrumento comparado con otros criterios externos mide lo mismo?, o ¿qué tan cercanamente las puntuaciones del instrumento se relacionan con otro(s) resultado(s) sobre el mismo concepto? (p.203).

Corral (2008) la define como validez predictiva, y esta se basa en la comparación de los puntajes de un instrumento con una o más variables externas llamadas variables de criterio, estableciéndose una similitud la cual puede interpretarse como índice de validez. Cuanto mayor sea el grado de correlación mejor será el instrumento. Es decir, si distintos instrumentos o juicios miden la misma variable, los resultados deben ser similares.

### **Validez de constructo**

Hernández, Fernández y Baptista (2010) la cataloga como la más importante desde el punto de vista científico ya que se refiere al grado de exactitud o proximidad que un instrumento representa y mide un concepto teórico o algo que no es observable que ha sido construido por el investigador para explicar algo. En otras palabras, la validez de constructo indica hasta donde el instrumento mide exactamente un rasgo determinado y con cuanta eficiencia lo hace refiriéndose a una nueva teoría, concepto o hipótesis.

Una vez conocido los diferentes métodos de validación de un instrumento los cuales tienen como propósito conducir hacia la obtención de datos creíbles que garanticen no solamente el valor del estudio sino también la calidad investigativa, se tomó como referencia para validar los instrumentos de esta investigación, el criterio de validez de contenido mediante el juicio de expertos y el método de agregados individuales, con la participación de tres expertos en el área de automatización industrial, debido a que resulta un método que no requiere que estén reunidos todos los expertos al mismo tiempo para la ponderación respectiva. Ver anexos E, E.1 y E.2.

## Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento de medición está referido al grado en que su aplicación reiterada al mismo individuo u objeto produce resultados iguales.

Bernal (2000) afirma que:

que la pregunta clave para determinar la confiabilidad de un instrumento de medición es: si se miden fenómenos o eventos una y otra vez con el mismo instrumento de medición, ¿Se obtienen los mismos resultados u otros muy similares? Si la respuesta es afirmativa, se puede decir que el instrumento es confiable. (p.22)

Corral (2008) menciona que antes de iniciar el trabajo de campo, es decir, antes de comenzar con la aplicación de los instrumentos es necesario probar el cuestionario sobre un pequeño grupo de la población y se recomiendan hacer una prueba piloto con un grupo de sujetos que no pertenezcan a la muestra seleccionada, pero sí a la población o a un grupo con características similares con el fin de garantizar las mismas condiciones de realización que el trabajo de campo. El autor también expresa que el estudio de la confiabilidad debe responder a la pregunta “¿con cuanta exactitud los ítems o reactivos representan el universo de donde fueron seleccionados?” lo cual quiere decir que al medir eventos en reiteradas ocasiones y con el mismo instrumento en qué grado los resultados obtenidos son similares.

Hay una estrecha relación entre la confiabilidad y la validez, ya que un instrumento de medición puede ser confiable porque al aplicarlo sus resultados son confiables, pero este puede no medir lo deseado. Por lo tanto, es mandatorio que el instrumento de medición a emplear demuestre ser válido y confiable.

Para calcular la confiabilidad de un instrumento de medición existen diversos métodos que a través de los cuales se obtiene un coeficiente de confiabilidad o fiabilidad cuyo valor oscila entre cero y uno. Donde un índice igual a cero significa confiabilidad nula y uno representa la máxima confiabilidad. Cuanto mayor el índice de fiabilidad se acerque a cero, mayor error existe en la medición.

## Cálculo de la confiabilidad

Según la literatura los métodos más utilizados para estimar la confiabilidad de un instrumento mediante coeficientes son: confiabilidad por test-retest, método de mitades partidas (Split-halves) y medidas de consistencia interna. Dichos métodos se explicarán brevemente a continuación:

### Confiabilidad por Test-Retest,

Este método consiste en aplicar el instrumento dos o más veces al mismo grupo y correlacionar las puntuaciones obtenidas. Si la correlación entre los resultados obtenidos de las distintas aplicaciones del instrumento es altamente positiva, este se considera confiable. El tiempo entre las mediciones es un factor a considerar ya que, si este es muy largo y la variable a medir es susceptible a cambios, esto puede confundir la lectura del coeficiente de confiabilidad. Si al contrario el tiempo es muy corto las personas recordarían como respondieron en la aplicación anterior del instrumento y tratarían de responder en los mismos términos para aparecer más consistentes de lo que en realidad son. El rango para determinar que el instrumento es confiable debe variar entre 0,80 y 0,95 (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

El coeficiente de correlación se obtiene mediante la técnica de los puntajes directos (Correlación r de Pearson):

$$r_{xy} = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Donde:

$r_{xy}$ : es el coeficiente de correlación

N: número de sujetos

X: valores de X (1° aplicación)

Y: valores de Y (2° aplicación)

XY: producto de cada valor X por su correspondiente valor en Y

En el cuadro 1, se puede apreciar la tabla empleada para la toma de datos correspondientes al coeficiente de correlación de Pearson.

**Cuadro 1. Tabla de datos para aplicar el coeficiente de correlación de Pearson.**

Sujetos	1ª Aplicación Test		2ª Aplicación Retest		XY
	X	X <sup>2</sup>	Y	Y <sup>2</sup>	
1					
2					
3					
ETC					
Σ					

Tomado de: Corral (2008)

### Método de mitades partidas (Split-halves)

Este método necesita aplicar la medición una sola vez. Es decir, el conjunto total de ítems o reactivos del instrumento se divide en dos mitades equivalentes y se comparan los resultados de ambas. Si las puntuaciones de las dos mitades están altamente correlacionadas entonces el instrumento es confiable.

El índice de correlación se obtiene mediante las técnicas:

a) Correlación r Pearson:

$$r_{12} = \frac{N\sum X_1X_2 - (\sum X_1)(\sum X_2)}{\sqrt{[N\sum X_1^2 - (\sum X_1)^2][N\sum X_2^2 - (\sum X_2)^2]}}$$

Donde:

$r_{12}$ : coeficiente de correlación

N: número de sujetos

$X_1$ : primera mitad reactivos

$X_2$ : segunda mitad reactivos

b) Spearman-Brown:

$$r_{tt} = \frac{2 r_{12}}{1 + r_{12}}$$

Donde:

$r_{tt}$ : coeficiente de consistencia interna

## Medidas de consistencia interna o Hemitest

Con este método una sola prueba contiene las dos formas equivalentes y su enfoque está en las puntuaciones de los sujetos y no en los reactivos. La confiabilidad del test se calcula mediante las técnicas de división de las mitades por Rulon y Guttman, Fórmula 20 de Kuder-Richardson y el Coeficiente del Alfa de Cronbach.

Este método requiere de una sola aplicación del instrumento de medición y su principal ventaja es que no es necesario dividir en dos mitades los ítems del instrumento. Solo hay que aplicar el instrumento de medición y se calculan los respectivos coeficientes.

- a) Método de división por mitades de Rulon: utiliza la división del test en mitades, pero su método no supone necesariamente varianzas iguales en los sub-tests.

$$r_{tt} = 1 - \frac{S_d^2}{S_t^2}$$

Donde:

$r_{tt}$ : coeficiente de consistencia interna

$S_d^2$ : varianza de la diferencia entre las puntuaciones de las mitades

$S_t^2$ : varianza de las puntuaciones del test total

- b) Método de división por mitades de Guttman: su fórmula es:

$$r_{tt} = 2 \left[ 1 - \frac{S_a^2 + S_b^2}{S_t^2} \right]$$

Donde:

$r_{tt}$ : coeficiente de confiabilidad

$S_a^2$ : varianza de las puntuaciones de los ítems pares

$S_b^2$ : varianza de las puntuaciones de los ítems impares

$S_t^2$ : varianza de las puntuaciones del test total

- c) Método de Kuder-Richarson 20: permite obtener la confiabilidad a partir de los datos obtenidos en una sola aplicación del test. El coeficiente obtenido puede ser usado en instrumentos con variables dicotómicas con respuestas correctas e incorrectas.

$$KR_{20} = \frac{n}{n-1} \left[ \frac{S_t^2 - \sum pq}{S_t^2} \right]$$

Donde:

n: número total de ítems

$S_t^2$ : varianza de las puntuaciones totales

p: proporción de sujetos que pasaron un ítem sobre el total de sujetos.  $q=1-p$

d) Coeficiente Alfa de Cronbach: Es común emplear este coeficiente para estimar la confiabilidad de las preguntas o ítems de un instrumento de medición cuando se trata de variables policotómicas. Este coeficiente puede tomar valores entre 0 y 1, donde: 0 significa confiabilidad nula y 1 representa máxima confiabilidad. El coeficiente  $\alpha$  de Cronbach puede ser calculado mediante dos formas:

1) Mediante la varianza de los reactivos y la varianza del puntaje total:

$$r_{tt} = \frac{K}{(K-1) \left[ \frac{1 - \sum S_i^2}{S_t^2} \right]}$$

Donde:

$r_{tt}$ = coeficiente de consistencia interna

k= número de ítems del instrumento.

$S_t^2$ = varianza total del instrumento.

$\sum S_i^2$ = sumatoria de las varianzas de los ítems.

Cuanto menor sea la variabilidad de respuesta, es decir, que haya homogeneidad en las respuestas dentro de cada ítem, mayor será el coeficiente de Alfa Cronbach.

2) Mediante la matriz de correlación de los ítems:

$$\alpha = \frac{np}{1 + p(n-1)}$$

Donde:

n: número de ítems

p: promedio de las correlaciones lineales entre cada uno de los ítems

Cuanto mayor sea la correlación lineal entre ítems, mayor será el Alfa de Cronbach.

Según los especialistas Sánchez y Gómez (1998) y Cervantes (2005), coinciden con que la consistencia interna de una escala se considera aceptable cuando se encuentra entre 0,70 y 0,90. Otros autores más conservadores como Cortina (1993) y Streiner (2003) sugieren que la consistencia interna de un instrumento es adecuada si el coeficiente alcanza valores entre 0,80 y 0,90. Valores de consistencia interna inferiores a 0,70 indican una pobre correlación entre los ítems y aquellos por encima de 0,90 indican redundancia o duplicidad de los ítems, es decir, que por lo menos un par de ítems miden exactamente el mismo aspecto de un constructo y uno de ellos debe eliminarse (Adalberto y Heidi 2008).

Una vez revisado en la literatura los distintos métodos que existen para estimar la confiabilidad de un instrumento y en concordancia con las opciones de respuestas de los ítems establecidos en el instrumento de medición de este trabajo investigativo, cuyas respuestas son dicotómicas, se optó por aplicar el método de medidas de consistencia interna a través de la técnica de Kuder-Richarson 20, con la finalidad de medir la homogeneidad de los ítems, este coeficiente alcanzó el valor de confiabilidad de 0,80 cuya tabla de datos se puede apreciar en el anexo D. Esto indicó una adecuada confiabilidad ya que dicho valor fue superior a 0,70 y menor a 0,90, Es decir que cada vez que se aplique este instrumento se obtendrá una derivación similar al 79% de los casos.

### **Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos obtenidos mediante la aplicación de los instrumentos son procesados a través de técnicas analíticas, que permiten evidenciar la hipótesis planteada de un estudio para luego obtener las respectivas conclusiones. Es decir, estas técnicas de procesamiento y análisis de datos le brindan al investigador las herramientas necesarias para dar respuesta a la problemática expuesta a medida que se alcanzan los objetivos propuestos.

Según Tamayo y Tamayo (2009), el procesamiento de datos “se trata de especificar el tratamiento que se les darán a los datos, ver si se pueden clasificar, codificar y establecer categorías precisas con ellos” (p.84). En este mismo sentido, el autor expresa que la importancia de los datos es limitada si no se hacen hablar a los mismos, lo cual se logra a través del análisis y la interpretación de estos.

De manera general se puede decir que las técnicas de procesamiento de los datos utilizadas son de carácter lógico. Entre ella los pasos seguidos son: Inducción, deducción, análisis y

síntesis. Estas permitirán descifrar los datos que serán acumulados a lo largo del estudio y caracterizar la problemática actual que se presenta en el proceso de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse tanto en el aspecto del proceso productivo como del laboral que opera en el área de descontenerización y el almacén de carrocerías de Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.

### **Fases de la investigación**

Un buen diseño metodológico indica los pasos a seguir en un proceso de investigación y conduce hacia la resolución del problema de una forma organizada y preestablecida. Es por ello que cualquier investigación conducida de forma correcta, exige la realización de actividades establecidas. A continuación, se describen las diferentes fases metodológicas constitutivas de este proyecto.

#### **Fase I. Diagnóstico del estado actual del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque hasta el almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.**

Para el cumplimiento de esta fase se aplicarán las técnicas e instrumentos de recolección de datos mencionados anteriormente con el propósito de conocer de forma detallada el estado actual del proceso en estudio. Es decir, se analizarán los resultados obtenidos del diagnóstico del proceso en términos de productividad y salud y seguridad laboral, con la finalidad de identificar las oportunidades de mejoras y comprobar si ciertamente se amerita el desarrollo de dicha propuesta.

#### **Fase II. Diseño de la propuesta de automatización del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque hasta el almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.**

En esta fase se procederá con el diseño de una propuesta de automatización que satisfaga, en términos de rentabilidad y haciendo uso de los recursos disponibles, los requerimientos que ayuden al logro de los objetivos planteados y que responda a las oportunidades de mejoras encontradas en la problemática de este estudio, mediante el uso de un controlador lógico programable PLC, en comunicación con una Interface Hombre Máquina (HMI) lo cual permitirá

trasladar las carrocerías de forma automática desde el área de desempaque final al andén respectivo del bodywarehouse y a su vez posicionar la carrocería a la salida de dicho almacén, para alimentar la línea de ensamblaje. A su vez, se realizará una revisión documental de catálogos y consultas de proveedores, con la intención de elegir tecnologías que ofrezcan un grado de confiabilidad, operatividad y servicios post venta.

**Fase III. Determinación de la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta de automatización del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque hasta el almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.**

Una vez diagnosticado y analizado el estado actual del proceso, equipos, nivel de operaciones y diseñado la propuesta de automatización que responda a las oportunidades de mejora encontradas, se procederá con el estudio de la factibilidad de la propuesta.

En esta fase se determina la viabilidad de la propuesta planteada, mediante un análisis de factibilidad técnica, operativa y económica en donde se evalúa: el respaldo y la disponibilidad tecnológica de los equipos que se requieren, la determinación de la probabilidad de que el proyecto se implemente y funcione como se planeó y finalmente la respectiva rentabilidad económica de la propuesta.

## CAPITULO IV

En el siguiente capítulo se desarrollarán las fases metodológicas presentadas en el capítulo anterior, iniciando la primera fase con el diagnóstico de la situación actual del proceso de traslado de las carrocerías desde la última estación de la línea de desempaque hasta el almacén de las carrocerías de Corporación Automotriz Z.G.T.C.A. Dicho diagnóstico estará orientado a identificar oportunidades de mejora en el proceso en términos de productividad y factores de riesgos disergonómicos. Este análisis se sustentará en la observación directa y en la aplicación de una encuesta escrita a diez trabajadores, conformados por personal operario, supervisores e ingenieros de proceso del área, cuyos resultados serán expuestos y analizados para finalmente encontrar las oportunidades de mejoras en el proceso.

Seguidamente, en la fase metodológica II, se presentará el diseño de una propuesta de automatización, que responda a las oportunidades de mejora encontradas en la fase de diagnóstico (fase I) y satisfaga en términos de rentabilidad, haciendo uso de los recursos disponibles, los requerimientos que ayuden al logro de los objetivos planteados en esta investigación a través de la selección y configuración de equipos e instrumentos para la automatización industrial a fin de mejorar el proceso de traslado de las carrocerías desde la última estación de la línea de desempaque hasta el bodywarehouse.

Finalmente, se sustentará a través de un estudio de factibilidad técnica, operativa y económica la viabilidad de la propuesta de automatización y supervisión de dicho proceso lo cual corresponde a la fase metodológica III.

### **Análisis e interpretación de los resultados obtenidos**

Este paso consistió en la descripción detallada del proceso de almacenamiento de las carrocerías, a través de la observación meticulosa del mismo, enfocada en la idoneidad de las operaciones, la gestión del almacenamiento y la efectividad del proceso en general, así como también, en los factores de riesgos disergonómicos asociados, tales como: el nivel de seguridad en las operaciones, la higiene postural y la manipulación manual de las cargas, apoyándose en las técnicas e instrumentos descritos en el capítulo anterior. Seguidamente se describen las situaciones observadas.

## **Diagnóstico de la condición actual del proceso**

La Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., es una planta ensambladora de vehículos SKD (Semi-Completely Knocked-Down). Esta infraestructura de manufactura está concebida en la etapa de ensamblaje final, es decir, el material se recibe en Kits semi-ensamblados o en subsistemas los cuales provienen de la casa matriz Chery Automobile Co., Ltd en China a excepción de las partes que son manufacturadas en el país. En el Kit semi-ensamblado llega la carrocería con las puertas, capot y compuerta de maleta incorporadas y a su vez todas estas partes vienen pintadas, al igual que el resto de la carrocería y completamente desvestidas, es decir, pura hojalata pintada.

Adicionalmente, en el kit SKD viene el tren motriz que lo conforma el motor y la transmisión, ambos sistemas llegan ensamblados y por separado. De igual forma, se incluyen en el kit los módulos de suspensión delantero y trasero, tren delantero, eje trasero, así como el resto de componentes que corresponden a la vestidura interior (asientos, tablero, alfombra de piso, paneles de puerta, panel de techo, sistema de aire acondicionado, ramales eléctricos, etc.) y vestidura exterior (sistema de escape, luces, sistema de vidrios, parachoques, retrovisores, ruedas, etc).

Es importante mencionar que, todo este material es despachado por la casa matriz Chery Automobile Co., Ltd, ubicada en China, en lotes de 120 unidades, distribuidos en 37 contenedores, de los cuales 30 son para las carrocerías pintadas y parte del material con que se vestirán estas carrocerías, tanto interna como externamente, embalado en sus respectivas cajas, y los 7 contenedores restantes son para el tren motriz, subchasis y componentes del tren delantero. La cantidad de contenedores y el arreglo de estos puede variar dependiendo del modelo vehículo. El grupo de 7 contenedores es descargado en el muelle del almacén principal y los 30 contenedores de carrocerías son descargados en el muelle de descontenerización y desempaque, área en la cual se centra el diagnóstico de esta investigación.

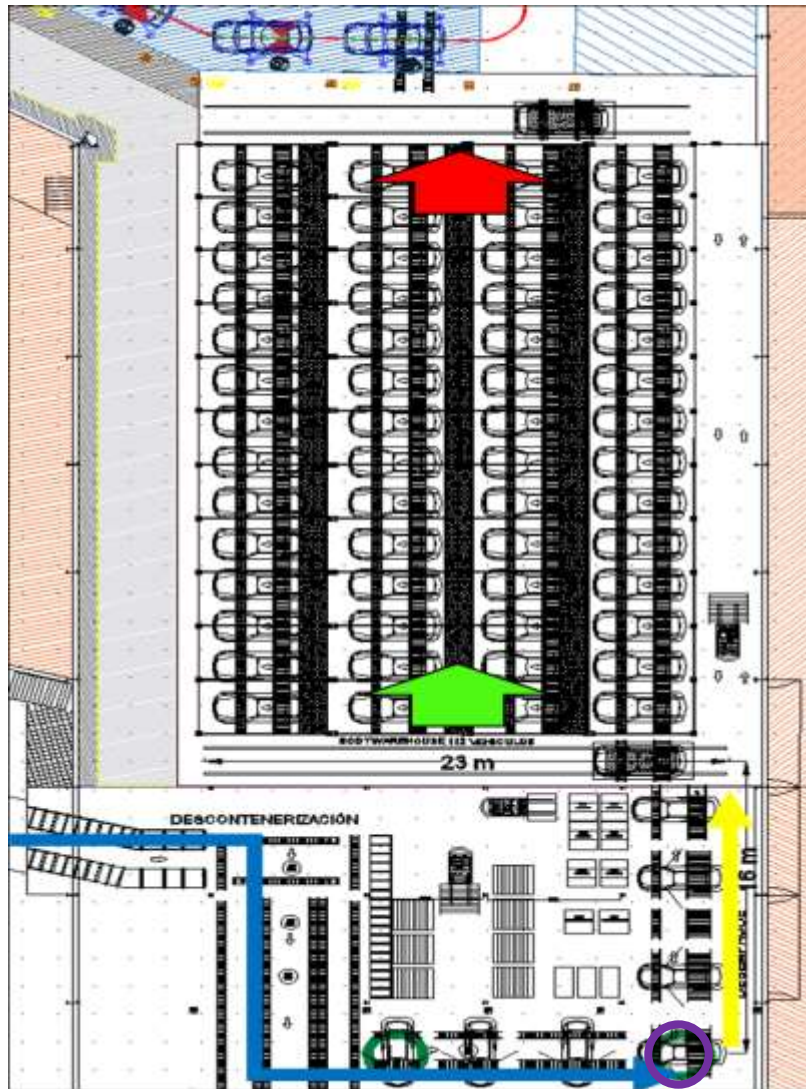
Cabe destacar que, en un lote de 120 unidades, por lo general, el color de la carrocería es el mismo y en ocasiones llegan hasta dos tipos de colores, pero siempre un único modelo. También se presenta el caso, que en el siguiente lote de 120 unidades llegan carrocerías de otro modelo y color por lo que en el proceso productivo coexisten, pero de forma agrupada, combinaciones de color y modelo.

En la figura 4 se puede apreciar las diferentes zonas que conforman el área de descontenerización y el almacén de carrocerías. La flecha azul corresponde a la dirección del proceso de descontenerización. Durante este proceso, primeramente, se extraen del contenedor los dos racks de carrocería para su posterior desembalaje. En cada rack llegan apiladas 2 carrocerías pintadas y completamente desvestidas con sus respectivos materiales SKD, empacados en cajas que están dispuestas tanto en el interior de la carrocería como en los racks propiamente. Es decir, que en cada contenedor llegan cuatro carrocerías.

Adicionalmente, en este proceso se desacoplan las carrocerías de los racks y a través de un mecanismo elevador con polipastos eléctricos, Para ello, se colocan las carrocerías en unas mesas de cadenas y éstas a su vez hacen la transferencia hacia las mesas de rodillo, y se van retirando algunas de las cajas que contienen parte de este material SKD que, posteriormente será incorporado a la carrocería en la línea de ensamblaje. Esta etapa del proceso de descontenerización culmina cuando la carrocería llega a la mesa giratoria (fin de la flecha azul e inicio de la flecha amarilla) para cambiar la dirección de traslado y continuar con el proceso de desempaque final hasta el almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse (Ver flecha amarilla).

En el mismo orden de ideas, la línea de desempaque final está conformada por cuatro estaciones de trabajo y en cada estación hay una mesa de rodillo convencional, es decir, no motorizada. A lo largo de estas estaciones es extraído el resto del material SKD que viene dentro de las carrocerías, entre ellos, los asientos, módulo de ruedas y otros materiales de gran volumen, los cuales se transportan al almacén de partes para luego abastecer la línea de ensamble final.

Una vez que la carrocería está completamente despejada del material SKD es transferida de la última estación a la mesa transportadora-elevadora (ver círculo morado) y este único dispositivo es el encargado de transportar y hacer la transferencia hacia el bodywarehouse en cualquiera de sus andenes (Ver flecha verde) para luego, desde el almacén de carrocerías, abastecer según la planificación de producción, a la línea de ensamblaje (Ver flecha roja).



**Figura 4. Recorrido del material SKD en el proceso de descontenerización, desempaque final y almacenamiento en el bodywarehouse.** Tomado de: C.A.Z.G.T (2018).

El bodywarehouse está conformado por ocho andenes de almacenamiento, cuatro niveles en la parte inferior y cuatro niveles en la parte superior, cuya capacidad es de 15 carrocerías por andén. Cada andén del bodywarehouse dispone de 7 camas de rodillo convencionales perfectamente alineadas en la cual se desplazan las carrocerías desde la entrada hasta la salida de dicho almacén.

El área de trabajo anteriormente descrita, específicamente desde la etapa final de desempaque (Ver flecha amarilla) hasta el almacenamiento en el bodywarehouse, se observa que el traslado de las carrocerías por la línea de desempaque, la cual está conformada por cuatro

estaciones de trabajo y una mesa de rodillos convencional en cada estación de trabajo, es mediante el empuje o arrastre que tiene que realizar el operador a dichas carrocerías, empleando su propia fuerza para lograr que estas se desplacen hasta la siguiente estación de trabajo, es decir, el traslado de las carrocerías por estas estaciones es completamente manual.

Cabe destacar que las carrocerías tienen una masa aproximada de 650 Kg. y aunque las mesas de rodillo reducen considerablemente el esfuerzo requerido para el traslado manual de las carrocerías, según información suministrada por el Departamento de Ingeniería de Procesos, es necesario que el operador ejerza una fuerza inicial de empuje o arrastre en promedio de 20 Kg.f. para lograr movilizar las carrocerías.

Es notorio que esta operación requiere de un esfuerzo físico repetitivo y considerable por parte del trabajador para lograr la rodadura entre los rodillos de la mesa y el patín que soporta la carrocería, con el agravante de que las mesas de rodillo han perdido su efectividad, presentando atascamiento y desgaste de sus elementos giratorios, lo que dificulta aún más el traslado, incidiendo en el uso de herramientas improvisadas para destrabar las carrocerías. Esto se traduce en una mayor demanda de esfuerzo físico y aumento del tiempo ciclo de las operaciones, generando cuellos de botella que penalizan la producción de la jornada.

A su vez, este sistema carece de elementos mecánicos o electromecánicos que controlen el desplazamiento y la posición de las carrocerías durante el traslado, en las distintas estaciones de trabajo, por lo que es recurrente observar colisiones entre las carrocerías, por lo que la mayoría de las veces se generan retrabajos por abolladura y daños en la pintura.

Como se mencionó anteriormente, por llevarse a cabo el traslado y almacenamiento de modo manual, el trabajador es quien ejerce la acción de control para mover y posicionar las carrocerías en las diferentes estaciones de trabajo de la línea de desempaque, provocando que este proceso sea impreciso ya que, a menudo el trabajador tiene que repetir, una y otra vez, la maniobra de mover la carrocería hasta posicionarla en el lugar exacto, ya sea porque inicialmente ejecutó demasiada fuerza o le faltó impulso.

Adicionalmente, en términos de seguridad y salud laboral se observa que el trabajador está sometido a posturas forzadas y repetitivas debido a que, al momento de ejercer la fuerza de empuje o arrastre, el operador obligatoriamente tiene que girar el tronco e inclinarse levemente bien sea hacia adelante o hacia atrás dependiendo de la aplicación de la fuerza sobre la carrocería, para iniciar el respectivo movimiento, con el agravante de las fallas operacionales

antes mencionadas y que el operador a menudo repite las veces que sea necesaria esta maniobra hasta posicionar exactamente la carrocería en la estación de trabajo.

Considerando que, en una jornada laboral de ocho horas se almacenan cerca de 70 carrocerías, y cuando existe algún retraso en este proceso se puede observar al operador moviendo las carrocerías de forma más rápida y bruscamente para tratar de algún modo contrarrestar el sobretiempo consumido, lo que implica una alta repetitividad de hiperextensiones musculoesqueléticas que afectan directamente la salud y seguridad del trabajador.

Así mismo, el espacio físico en donde se realizan estas operaciones es reducido, menor a 100 cm, lo que impide una cómoda y correcta postura para realizar adecuadamente las operaciones, generando interferencia entre los mismos trabajadores del área y con equipos dispuestos en dicho lugar de trabajo. La superficie de trabajo presenta obstáculos y desniveles en lo que en reiteradas veces ocasiona tropiezos y resbalones.

Por otra parte, una vez que la carrocería se encuentra preparada para ser transferida al carro transportador-elevador, existe un riesgo eminente de que caiga la carrocería al piso, como ha ocurrido, si no se encuentra el carro transportador-elevador posicionado para recibirla, en la última estación de la línea de desempaque. Aun cuando se han diseñado y usado herramientas improvisadas, como una sección de cabilla o tubos en forma de “T” para trabar o limitar el desplazamiento y evitar que esto ocurra, no ha sido efectivo ya que el operador en ocasiones ha olvidado posicionar la herramienta y ha caído la carrocería al piso, desde una altura de 60 cm, ocasionándole daños considerables al body, retraso en el almacenamiento y lo más importante, que se compromete la integridad física de quienes estén haciendo la operación.

Una vez que está adecuadamente posicionado el carro transportador-elevador al final de la línea de desempaque, y se tiene una carrocería disponible, se procede con la transferencia de la carrocería hacia dicho dispositivo móvil.

El carro transportador-elevador está conformado por una mesa elevadora tipo tijera accionada por dos pistones hidráulicos para alcanzar las distintas alturas de trabajo, y esta a su vez se encuentra sobre un sistema rueda-riel accionado por un motorreductor eléctrico para el respectivo desplazamiento horizontal a lo largo de la entrada al bodywarehouse. Sobre la mesa elevadora se encuentra una mesa de rodillos motorizada, la cual es la encargada de recibir la carrocería de la línea de desempaque final y transferirla al almacén de carrocerías. El dispositivo

dispone de tres botoneras simples, de dos pulsadores con retorno cada una, para activar o desactivar en ambas direcciones, tanto el recorrido horizontal como el ascenso o descenso del carro transportador-elevador y el giro, de los cilindros de la mesa de rodillos respectivamente. Estos sistemas son manipulados, a través de dicha botonera, sin ningún criterio de operación que garantice la eficiencia del proceso y la seguridad del trabajador.

Como se mencionó anteriormente, las distintas funciones del carro transportador-elevador se controlan de forma manual e independiente a través de las diferentes botoneras, estas se encuentran sin la debida identificación y están instaladas de forma inadecuada, ya que se encuentran colgando de su propio cableado a un lado del equipo. Así mismo se observó que este equipo carece de dispositivos que controlen o limiten los distintos accionamientos. El trabajador es quien ejecuta la acción de control cuando está operando el equipo al momento de activar o desactivar, bien sea la mesa de rodillos motorizada, el desplazamiento horizontal o el ascenso o descenso de la mesa elevadora. Cabe destacar, que este dispositivo tampoco cuenta con un sistema de parada de emergencia o finales de carrera que limiten el recorrido en caso de una mala operación o se comprometa la seguridad del trabajador y la integridad del equipo.

Posteriormente, el proceso de transferencia de la carrocería hacia el carro transportador-elevador inicia con el posicionamiento de dicho equipo a la salida de la línea de desempaque. Esta ubicación exacta corresponde a la coincidencia de la mesa de rodillo motorizada del carro transportador-elevador con la mesa de rodillo de la línea de desempaque, es decir, estas deben quedar completamente alineadas para que pueda ser transferida la carrocería de forma fluida.

En dicho proceso se observó, por no contar el carro transportador-elevador con elementos que controlen este posicionamiento, que el operador según su pericia activa de forma pulsante, primeramente, el sistema motorreductor para el avance horizontal del equipo hasta una aproximación inicial a la línea de desempaque y seguidamente, también de manera pulsante, activa el sistema hidráulico para ajustar la altura, repitiendo este proceso de forma iterativa tantas veces sea necesario hasta conseguir alinear las mesas de rodillo.

Este modo inadecuado de operar el equipo, aparte de retardar la operación más de lo debido y generar cuello de botella, fatiga y acorta la vida útil de los componentes tanto eléctricos como mecánicos. Así mismo, en caso de que el operador desactive a destiempo el avance horizontal, en cualquiera de las direcciones, puede ocasionar que el dispositivo de traslado quede desalineado con la línea de desempaque final y que se descarrile colisionando con algún operario

o en su defecto con las instalaciones del área, comprometiendo la integridad física del equipo y poniendo en riesgo la continuidad de las operaciones ya que solo se dispone de ese único dispositivo para la transferencia de las carrocerías.

También se evidencio, que la falta de identificación de las botoneras confunde al operador cuando hace uso de estos mandos obteniendo respuestas contrarias a lo esperado en el proceso de posicionamiento lo que prolonga aún más la culminación de esta operación.

Sin embargo, con todo el procedimiento anteriormente expuesto, las mesas de rodillos no siempre quedan debidamente alineadas y esto sumado al desgaste que presentan los elementos giratorios de las mesas de rodillo, se genera atascamiento al momento de transferir la carrocería y obliga al trabajador a realizar posturas musculo esqueléticas inadecuadas que demandan mayor esfuerzo físico, comprometiendo la salud y seguridad del mismo. El proceso de transferencia inicialmente es manual mediante el empuje que tiene que ejercer el trabajador sobre el body, hasta que el patín que soporta la carrocería hace contacto con los rodillos motorizados de la mesa elevadora y se genera la tracción. Instante en el que se produce el atascamiento en la mayoría de los casos.

En consecuencia, se incrementa el tiempo ciclo de la operación, lo que se traduce en cuellos de botella y en la necesidad de emplear herramientas y maniobras improvisadas para destrabar la carrocería, siendo requerida en la mayoría de los casos la asistencia de otro trabajador ya que uno solo no puede liberar la carrocería y mantener activa la mesa de rodillos simultáneamente. Si el botón correspondiente no se mantiene retenido, se desactiva la mesa de rodillos o si, por el contrario, una vez transferida la carrocería a la mesa elevadora, no se desactiva a tiempo la mesa de rodillos, la carrocería puede pasar de largo y salirse cayendo al piso como ha ocurrido, ocasionando daños graves a la carrocería y poniendo en peligro la integridad física del personal. Para tratar de minimizar este riesgo, el operador se ve obligado a activar la mesa de rodillos también de forma pulsante hasta lograr posicionar correctamente la carrocería sobre el dispositivo de traslado.

De igual manera se detectó que la mesa de rodillos motorizada no cuenta con ningún mecanismo de seguridad, como por ejemplo un freno mecánico, que evite durante la manipulación de la carrocería el movimiento accidental del carro transportador-elevador, así como también la activación involuntaria de la mesa de rodillo motorizada una vez se encuentre

correctamente posicionada la carrocería sobre el dispositivo de traslado y se proceda con el envío hacia el bodywarehouse.

Una vez posicionado el carro transportador-elevador al final de la línea de desempaque y transferida la carrocería a dicho equipo, se inicia el traslado del body hacia cualquiera de los ocho andenes que conforman el almacén de carrocerías. Para realizar esta maniobra el operador debe oprimir y mantener oprimido el botón respectivo, haciendo a la vez todo el recorrido con el equipo móvil hasta llegar al andén de almacenamiento correspondiente.

Al igual que en el caso anterior, durante este proceso se evidencia que, debido a la falta de leyendas en las botoneras, el trabajador presenta duda de la función de cada botón y tiende a confundirse pulsándolos equivocadamente. Es decir, cuando primeramente debe activarse el avance horizontal hacia los andenes de almacenamiento con dirección a la izquierda, se activa erradamente el avance en la dirección opuesta o peor aún, se activa el ascenso de la mesa elevadora cuando esto sería el último paso antes de transferir la carrocería al bodywarehouse.

Evidentemente, el rendimiento y la precisión de la operación son afectados consumiendo más tiempo de lo necesario, además se pone en riesgo la seguridad de la operación debido a que el equipo móvil puede colisionar sorpresivamente con el trabajador, salirse del carril e interferir con otros equipos cercanos.

Luego que se inicia el traslado hacia el bodywarehouse, se observa que tanto los arranques como las paradas del carro transportador-elevador son bruscos, sometiendo a todo el equipo a fuertes golpes mecánicos, sin dejar de mencionar los picos de intensidad de corriente generados. Cabe mencionar que, cuando ocurren estos arranques o paradas bruscas y la carrocería se encuentra elevada, se generan fuertes oscilaciones que comprometen la estabilidad del equipo.

Como se mencionó anteriormente, el operador tiene que hacer el recorrido junto con el carro transportador-elevador hasta cualquiera de los andenes con el respectivo botón de avance oprimido, de lo contrario se detendría el movimiento. Este recorrido tiene un máximo de 20 metros de longitud que permiten acceder, directamente, a los cuatro andenes que están dispuestos en la parte inferior y a 2 metros de altura de cada uno, a los otros cuatro andenes que están en el nivel superior del bodywarehouse. Cada andén tiene una capacidad de 15 carrocerías para un total de almacenamiento de 120 unidades, es decir, un lote de carrocerías.

Posteriormente, cuando el carro transportador-elevador parte de la línea de desempaque final, se observa que el operador tiene que interponerse obligatoriamente en el recorrido del

dispositivo de traslado porque las botoneras no cuentan con longitud de cable suficiente que garantice una distancia segura para realizar la operación y tampoco se dispone del espacio físico, mínimo, necesario que permita tomar esta distancia por lo que es recurrente que el operador tropiece o resbale con los rieles del equipo móvil comprometiendo la salud y seguridad de trabajador.

Por otra parte, se aprecia un mal ruteo del cableado eléctrico del equipo ya que este se encuentra dispuesto en el piso sin ningún tipo de protección o colocación acorde al funcionamiento y en ocasiones este es pisado por el sistema rueda-riel del carro transportador-elevador ocasionando la ruptura inmediata del cable lo cual detiene las operaciones en toda el área de descontenerización y almacenamiento de las carrocerías hasta que no sea reparada esta avería.

También se evidenció, bien sea por distracción o mal cálculo, que el operador no desactiva a tiempo el avance del equipo durante el posicionamiento del equipo móvil en el último andén y en consecuencia se excede del límite de recorrido generando descarrilamiento y la ruptura del cableado eléctrico por sobre estiramiento, implicando una parada inmediata de las operaciones en esa área, desde el proceso de recepción de las góndolas con los contenedores de carrocería hasta la reposición de carrocerías en el almacén.

En consecuencia, esto representa en términos de salud y seguridad del trabajador, una condición sumamente insegura que pone en peligro la integridad física del trabajador que opera el equipo móvil y de los que estén cerca del área ya que se puede generar el volcamiento de todo el equipo o la caída de la carrocería. Es importante destacar, que los rieles en ninguno de sus extremos cuentan con topes finales de carrera.

Así mismo se observó, que al trabajador se le dificulta el posicionamiento del equipo móvil a la entrada de los andenes del bodywarehouse, debido a que el margen de desviación de la ubicación entre el andén y el carro transportador-elevador es muy restringido, convirtiendo el posicionamiento en un proceso iterativo de ensayo y error que consume más tiempo de lo requerido. Esta condición se vuelve más crítica aun cuando se trata de los andenes superiores puesto que estos están ubicados a 3 metros de altura a nivel del piso de donde se encuentra el operador, obligándolo a situarse debajo de la mesa de rodillos del carro transportador-elevador para tener una mejor perspectiva del posicionamiento. A esta situación hay que añadir el

agravante de los obstáculos que están en el piso del trabajo, como los rieles de tránsito del equipo móvil, que ocasionan tropiezos y resbalones del trabajador.

Como es sabido, la ubicación del equipo móvil tanto en la línea de desempaque final como a la entrada de cada andén se logra a través de dos desplazamientos, horizontal y vertical, que se van alternando de forma iterativa, en un proceso de ensayo y error, hasta lograr la ubicación exacta. Durante estos desplazamientos, un poco antes de llegar al andén, el operador desactiva el movimiento respectivo y lo va activando nuevamente pero de forma intermitente con la finalidad de evitar pasarse de largo o quedarse corto en el posicionamiento, que en la mayoría de los casos no queda correctamente alineado el equipo, ocasionando que al momento de transferir la carrocería esta interfiera con la estructura del bodywarehouse, por lo que tiene que repetirse el proceso requiriendo la asistencia de otro trabajador dentro del andén, que lo ayuda guiando y halando la carrocería para que esta pueda ser transferida finalmente activando los rodillos motorizados de la mesa del carro transportador-elevador.

Cabe resaltar, que en la mayoría de los casos no se ha culminado la operación de transferencia hacia el almacén de carrocerías cuando ya está disponible otra carrocería, en la línea final de desempaque, esperando ser ubicada en dicho almacén. Es evidente, que la velocidad propia de operación del carro transportador-elevador y la dificultad de la operación por la carencia de dispositivos auxiliares, como elementos finales de carrera que permitan el posicionamiento exacto, generan un cuello de botella en el proceso de almacenamiento afectando la productividad y la eficiencia de la línea de ensamblaje en general, sin tomar en cuenta las demás deficiencias, antes mencionadas.

Una vez completada la transferencia, se retorna el carro transportador-elevador a la línea de desempaque final para recibir el siguiente body y simultáneamente el operador dentro del andén empuja la carrocería, a través de las mesas de rodillo convencionales, hacia el otro extremo del bodywarehouse, para así ir llenando sucesivamente los quince cupos de cada andén. En este proceso, particularmente en los andenes inferiores, se observa que el operador debe empujar la carrocería por tramos pues no existe una caminería o piso que permita un apoyo estable para ejercer debidamente la fuerza de empuje y hacer de forma continua el recorrido, lo que ocasiona que la operación se prolongue más de lo debido poniendo en riesgo la seguridad del trabajador, quien tiene que ir sobre pasando a lo largo del andén vigas ubicadas a 60 cm del piso que forman parte de la estructura del almacén.

En resumen, los andenes inferiores, no cuentan con una caminería por lo que el operador en otras ocasiones para no estar pasando por encima de las vigas, camina sobre una estrecha sección plana a un lado de las mesas de rodillo que están dispuestas a lo largo del andén, comprometiendo su seguridad durante esta operación. La caminería de los andenes superiores es una malla metálica la cual se encuentra deformada y en algunos trayectos rota, por lo que el operador opta por caminar a través de la sección plana y estrecha de las mesas de rodillo lo que agrava aún más la condición insegura de la operación por tratarse de trabajo en altura.

Por otra parte, en la gestión de almacenamiento de las carrocerías se observó que los andenes superiores son muy pocos utilizados durante la jornada laboral debido, principalmente, a la baja velocidad de operación del carro transportador-elevador y a las deficiencias en las operaciones de transferencia que se acentúan aún más cuando se trata de estos andenes, ya que el tiempo empleado es mayor en estas operaciones y en consecuencia se afecta negativamente el flujo de reabastecimiento de las carrocerías en el bodywarehouse, limitando la producción del día y ocasionando retrasos en la recepción de los contenedores por lo que tendría que extenderse aún más de lo habitual la jornada laboral de ocho horas para almacenar las carrocerías requeridas.

Cabe destacar que, debido a este bajo rendimiento en el almacenamiento, es obligatoriamente necesario que el personal del área tenga que laborar horas extras para garantizar la disponibilidad de carrocerías de la producción del día siguiente y a su vez recibir todos los contenedores despachados del puerto, puesto que de lo contrario se generarían sanciones del ente aduanal por mora de los contenedores y otros gastos administrativos.

También se evidenció que no se aplica un orden de almacenamiento bien sea por color, lote, modelo, FIFO u otro, es decir, cuando se presentan cambios de color o modelo de las carrocerías estas son almacenadas de forma aleatoria en los andenes sin ningún tipo de clasificación que favorezca la planificación de producción.

Es así como, es común ver que se mezclen colores de carrocerías y modelos en los andenes dando paso al ingreso de colores de carrocerías que no corresponden a la planificación de producción del día, y que en muy pocas ocasiones, cuando son detectadas a tiempo a la salida del bodywarehouse se tienen que recircular al almacén y cuando no, ingresan a la línea de producción, generan paradas de planta, debido a que en la línea de ensamblaje no se encuentran

las partes de color correspondientes, teniéndose que esperar a que se surtan dichas partes. Esto ocasiona paradas de producción por una inadecuada gestión del almacenamiento.

Como es evidente, la gestión de almacenamiento no se está llevando de forma adecuada por lo que este conjunto de operaciones genera un cuello de botella para el proceso productivo debido a la deficiencia de sus operaciones, ocasiona subutilización del espacio destinado para el almacenamiento y compromete constantemente la seguridad y salud de sus trabajadores.

Como se mencionó previamente, la segunda técnica de recolección de datos que se utilizó para complementar la información obtenida en la observación directa estructurada, está basada en una encuesta escrita mediante la aplicación de un cuestionario. Para ello se contó con la colaboración de nueve personas relacionadas al proceso de desempaque final y almacenamiento de las carrocerías. Los formatos para la recolección de los datos pueden ser vistos en los anexos B y C. A continuación, se irán presentando los resultados desglosados según los indicadores utilizados.

### **Idoneidad de las operaciones**

Los ítems utilizados para evaluar este indicador y los resultados obtenidos se mencionan a continuación en el cuadro 2 y en el gráfico 1 respectivamente.

Ítem 1: ¿Considera que el ritmo de operación de los equipos móviles retrasa las operaciones de almacenamiento de las carrocerías?

Ítem 2: ¿Durante el uso de los equipos móviles se incurren en operaciones repetitivas que no son necesarias?

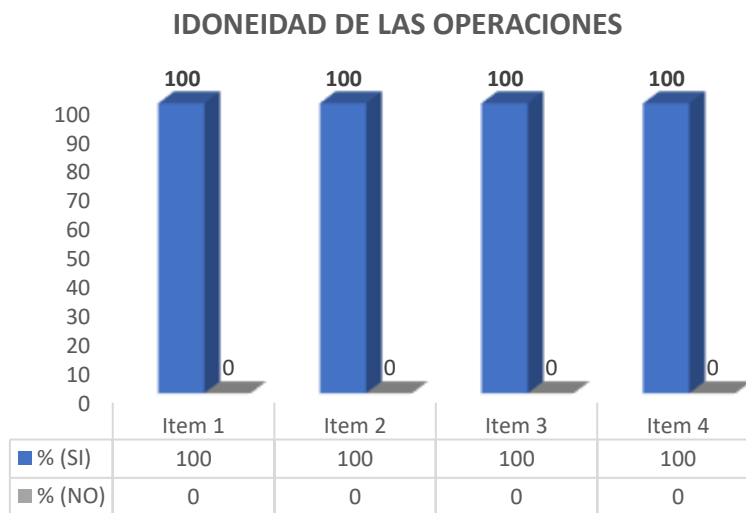
Ítem 3: ¿La manipulación manual de las carrocerías por las mesas de rodillo se ha visto afectada por atascamiento?

Ítem 4: ¿Se emplean herramientas inadecuadas para la manipulación manual de las carrocerías?

**Cuadro 2. Frecuencia de respuestas para los ítems idoneidad de las operaciones**

N° Ítem	Frecuencia (SI)	% (SI)	Frecuencia (NO)	% (NO)
1	9	100	0	0
2	9	100	0	0
3	9	100	0	0
4	9	100	0	0

Tomado de: Farfán (2019)



**Gráfico 1. Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems de idoneidad de las operaciones.** Tomado de: Farfán (2019)

Como se puede apreciar, en el gráfico 1, en todos los ítems concernientes a la idoneidad de las operaciones, la población respondió afirmativamente, coincidiendo en un 100% sus respuestas a las preguntas que le fueron planteadas. Esto indica que el ritmo de operación de los equipos móviles retrasa las operaciones de almacenamiento, lo que concuerda también con lo observado, ya que estos en vez de promover mayor fluidez en las operaciones y disminuir la carga de trabajo, generan cuellos de botella en el proceso aumentando el tiempo de ciclo de la operación producto de los constantes atascamientos de la carrocería en las mesas de rodillos de la línea de desempaque. Igualmente sucede durante la transferencia al carro transportador-elevador y al bodywarehouse, requiriendo la asistencia, en algunos casos, de otros trabajadores

los cuales se ven obligados momentáneamente a abandonar sus respectivas labores para apoyar estos contratiempos que son muy frecuentes, además de incurrir tanto en el uso de herramientas improvisadas como en maniobras repetitivas e innecesarias.

### **Nivel de gestión del almacenamiento**

Los ítems utilizados para evaluar este indicador y los resultados obtenidos se mencionan a continuación. El cuadro 3 muestra la frecuencia de respuestas ante los ítems consultados y en el gráfico 2 la representación gráfica.

Ítem 5: ¿La gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse se rige por: lo primero que entra es lo primero que sale?

Ítem 6: ¿La gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse se rige por color?

Ítem 7: ¿La gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse se rige por lote?

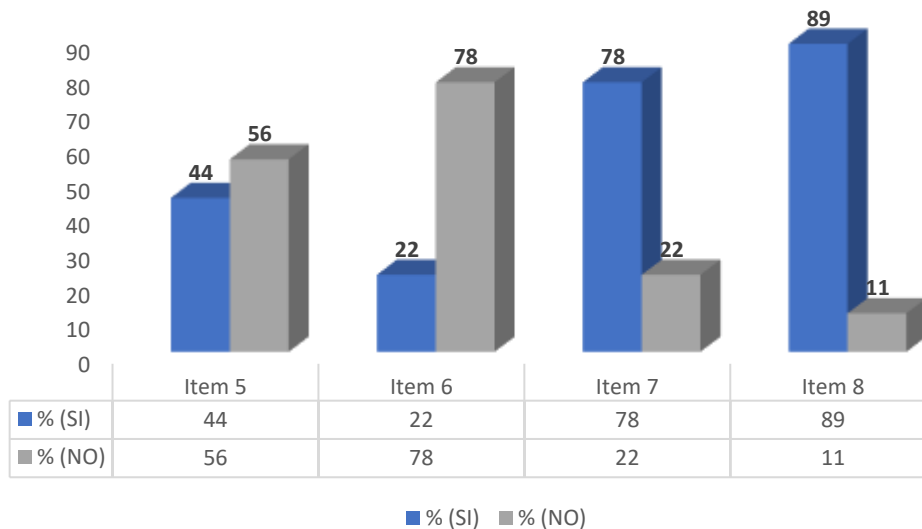
Ítem 8: ¿La gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse se rige por modelo?

**Cuadro 3. Frecuencia de respuestas de los ítems nivel de gestión del almacenamiento**

<b>Nº Ítem</b>	<b>Frecuencia (SI)</b>	<b>% (SI)</b>	<b>Frecuencia (NO)</b>	<b>% (NO)</b>
<b>5</b>	4	44	5	56
<b>6</b>	2	22	7	78
<b>7</b>	7	78	2	22
<b>8</b>	8	89	1	11

Tomado de: Farfán (2019)

## NIVEL DE GESTIÓN DEL ALMACENAMIENTO



**Gráfico 2. Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems nivel de gestión del almacenamiento.** Tomado de: Farfán (2019)

Los primeros cuatro ítems de este indicador, como se puede observar en el gráfico 2, indagan sobre cuáles técnicas de almacenamiento son aplicadas durante el stock de las carrocerías. En este sentido, el ítem 5 se refiere a la aplicación de la técnica FIFO en el almacenamiento de las carrocerías. El 44% de los encuestados respaldaron la aplicación de este método contra un 56% quienes opinaron lo contrario. Es evidente que el margen de diferencia entre una respuesta u otra no representa una tendencia concluyente, sin embargo, al comparar este resultado con lo observado directamente en el proceso, es indiscutible que este método no se aplica, lo que concuerda con la respuesta que tuvo mayor votación en este ítem.

Aun cuando existe la intención gestionar el almacenamiento bajo este método, siempre queda un remanente de unidades estancadas en el bodywarehouse por ser completamente manual y aleatorio el proceso de ubicación y extracción de las carrocerías, sin ningún tipo de control. Estas unidades estancadas, además de llenarse de suciedad, si tienen algún cambio de ingeniería en su diseño interior que no es intercambiable con los componentes de otros lotes de material, ocasionarían paradas inmediatas cuando ingresen a la línea de ensamblaje ya que el material respectivo no se encontraría disponible por el desfase de los lotes de materiales.

El ítem 6, busca conocer si la gestión del almacenamiento se apoya en la clasificación del material por color. En los resultados obtenidos se aprecia que el 22% de los encuestados respondieron afirmando que si se emplea este criterio mientras que el 78% de la muestra encuestada indicó que no se almacenan las carrocerías por color, lo que concuerda con la realidad del proceso y es que actualmente las carrocerías no son gestionadas bajo este criterio, ocasionando con frecuencia, paradas de planta debido a que entran a la línea de ensamblaje colores de carrocerías que no están en la planificación de producción del día y por ende no se encuentran los materiales de color respectivo, lo que obliga a detener el proceso de ensamblaje aguas arriba, hasta que no se surtan las estaciones de trabajo con estos materiales.

Cabe destacar, que estos materiales de color al no corresponder a la planificación de producción del día, por lo general no han sido desembalados e incluso pudieran estar en otros almacenes externos fuera de planta lo que dificulta aún más el pronto suministro, implicando un procedimiento adicional, tanto administrativo como operativo.

El ítem 7, consulta si la gestión del almacenamiento se rige por lote de materiales y el resultado obtenido, con la mayor tendencia, concuerda con lo determinado en la observación directa, ya que el 78% de los encuestados respondió afirmando que efectivamente el almacenamiento se lleva a cabo según este criterio contra el 22% de la muestra escrutada quien respondió lo contrario. Como se mencionó anteriormente, el envío de los materiales desde la casa matriz es por lote de 120 unidades y hasta tanto no se reciba en planta el último contenedor del lote en cuestión no se abre el siguiente. Sin embargo, en el bodywarehouse se presenta el caso en la cual llegan a coexistir carrocerías de dos lotes diferentes porque el flujo de descontenerización y almacenamiento es continuo, pero el último lote en entrar debe ir desplazando al lote anterior sin que estos se mezclen en el bodywarehouse, ocurriendo todo lo contrario, llegando a quedar carrocerías rezagadas de hasta más de dos lotes anteriores en el bodywarehouse.

Finalmente, el ítem 8 mide si la gestión de almacenamiento se rige por modelo de carrocería, resultando que el 89% de la muestra evaluada respondió afirmando que el almacenamiento se realiza bajo este criterio y el 11% de los encuestados respondieron lo contrario. Al comparar este resultado con lo observado directamente en el proceso se corrobora que la gestión de almacenamiento de las carrocerías se realiza por modelo de carrocerías.

Sin embargo, se ha presentado el caso en donde se tiene que gestionar más de dos modelos durante el almacenamiento y se ha incurrido en la mezcla de las carrocerías y esto ha generado retrabajo al tener que reorganizar los body dentro del almacén e incluso han salido modelos de carrocerías a la línea de ensamblaje final que no están en la planificación de producción ocasionando paradas o vacíos en la línea de ensamblaje por no encontrarse los materiales respectivos disponibles.

Los siguientes cuatro ítems, también corresponden al indicador nivel de gestión del almacenamiento para conocer cuántas carrocerías se gestionan en un turno de trabajo y cuyos resultados se presentan a continuación. El cuadro 4 muestra la frecuencia de respuestas ante los ítems consultados y en el gráfico 3 la respectiva representación gráfica.

Ítem 9: ¿Durante una jornada laboral, de 8 horas, se logra almacenar la cantidad de 30 o menos carrocerías?

Ítem 10: ¿Durante una jornada laboral, de 8 horas, se logra almacenar la cantidad entre 31 y 60 carrocerías?

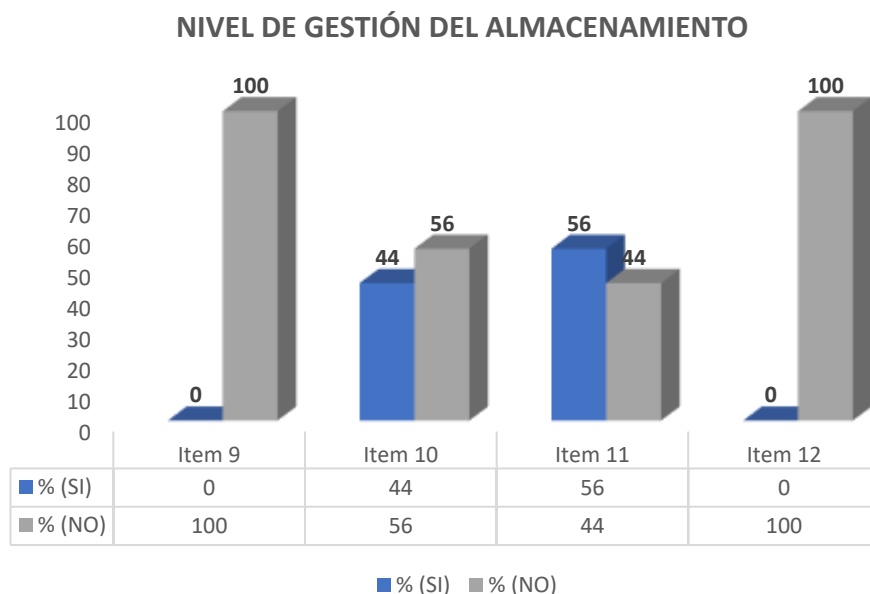
Ítem 11: ¿Durante una jornada laboral, de 8 horas, se logra almacenar la cantidad entre 61 y 90 carrocerías?

Ítem 12: ¿Durante una jornada laboral, de 8 horas, se logra almacenar la cantidad entre 91 y 120 carrocerías?

**Cuadro 4. Frecuencia de respuestas para los ítems nivel de gestión del almacenamiento**

Nº Ítem	Frecuencia (SI)	% (SI)	Frecuencia (NO)	% (NO)
<b>9</b>	0	0	9	100
<b>10</b>	4	44	5	56
<b>11</b>	5	56	4	44
<b>12</b>	0	0	9	100

Tomado de: Farfán (2019)



**Gráfico 3. Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems nivel de gestión del almacenamiento.** Tomado de: Farfán (2019)

El ítem 9 indica que el 100% de la muestra encuestada no estuvo de acuerdo con que en una jornada laboral de ocho horas se almacenan la cantidad de 30 o menos carrocerías, así como también el ítem 12 refleja que el 100% de dicha muestra no estuvo de acuerdo con la cantidad de almacenamiento entre 91 y 120 carrocerías en una jornada laboral de ocho horas. Es decir, que la cantidad de carrocerías almacenadas en un turno de trabajo es superior a las 30 pero inferior a 90 carrocerías.

El ítem 10 concierne a la cantidad de almacenamiento entre 31 y 60 carrocerías en una jornada laboral de ocho horas, por lo que el 44% de la población encuestada respondió afirmativamente a la pregunta, mientras que la mayoría con el 56% respondió lo contrario. Si se observa el ítem 11 el cual corresponde a la cantidad de almacenamiento entre 61 y 90 carrocerías en una jornada laboral de ocho horas, el 56% de la muestra encuestada afirmó este rango de unidades de carrocerías almacenadas durante una jornada mientras que el 44% no estuvo de acuerdo.

Como se observa en los ítems 10 y 11 la diferencia entre una opción de respuesta u otra solo es del 12% lo que no representa una tendencia incuestionable pero lo que sí se puede

concluir es que el rango de almacenamiento, según estos ítems, oscilan entre 60 y 90 carrocerías en un turno de trabajo de ocho horas. Al comparar estos resultados con lo detectado en la observación directa estructurada en la cual se apreció que en dicho turno se logra almacenar entre 60 y 75 carrocerías, se confirma el resultado obtenido que se obtuvo en el ítem 11, ya que se alcanza llenar todos los andenes inferiores del bodywarehouse y el andén superior que está más cerca del carro transportador-elevador, evidenciándose que no se aprovecha más del 63% de la capacidad de almacenamiento del bodywarehouse en un turno de trabajo.

Los últimos dos ítems, 13 y 14, del indicador nivel de gestión del almacenamiento, evalúan el desempeño de otros aspectos operacionales relacionados con el proceso de almacenamiento cuyos resultados se muestran a continuación. El cuadro 5 y el gráfico 4 muestran la frecuencia de respuestas ante los ítems consultados.

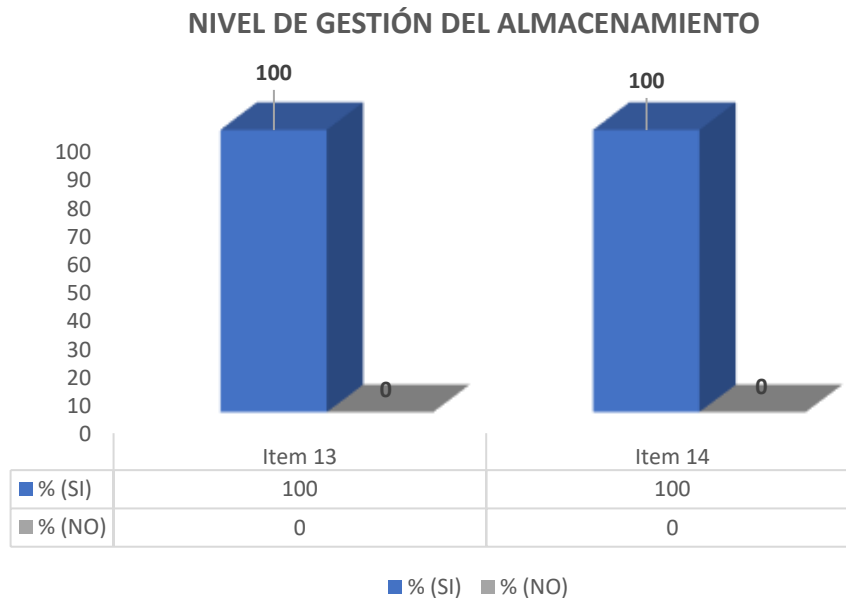
Ítem 13: ¿Se han tenido que recircular carrocerías hacia el bodywarehouse porque estas no corresponden a la planificación de producción del día?

Ítem 14: ¿Se han introducido carrocerías a la línea de ensamblaje que no corresponden a la planificación de producción del día?

**Cuadro 5. Frecuencia de respuestas para los ítems nivel de gestión del almacenamiento**

Nº Ítem	Frecuencia (SI)	% (SI)	Frecuencia (NO)	% (NO)
<b>13</b>	9	100	0	0
<b>14</b>	9	100	0	0

Tomado de: Farfán (2019)



**Gráfico 4. Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems nivel de gestión del almacenamiento.** Tomado de: Farfán (2019)

Los ítems 13 y 14 buscan conocer si durante la gestión del almacenamiento, específicamente a la salida del bodywarehouse, en donde se alimenta la línea de ensamblaje, se han tenido que devolver nuevamente carrocerías a dicho almacén porque estas no corresponden a la planificación de producción del día o más grave aún, sí han entrado a la línea de ensamblaje sin ser detectadas a tiempo a pesar de que no son parte de la planificación de producción del día.

En ambos ítems los resultados conseguidos arrojaron que el 100% de la muestra encuestada coincidió respondiendo afirmativamente, aseverando que estas condiciones se presentan. Estos resultados concuerdan totalmente con lo observado directamente en el proceso, lo cual en el caso del ítem 13, se interrumpe el flujo de entrada de carrocerías a la línea de ensamblaje generando vacíos en las primeras estaciones hasta reintegrar el body al bodywarehouse y se normalice el suministro de carrocerías lo que puede durar alrededor de cinco minutos a 10 minutos, implicando 2 unidades menos ensambladas en un turno de trabajo.

Cuando se da el caso planteado en el ítem 14, en el cual la carrocería o las carrocerías han entrado a la línea de ensamblaje y han avanzado por varias estaciones en las que se le han ido incorporando partes, y al llegar a la estación donde las partes a colocar son de color, por no estar este color en la planificación de producción, dichas partes no se encuentran disponibles lo que

implica una parada de planta inmediata que puede durar hasta 20 minutos mientras se repone el material, es decir, de cuatro a cinco unidades menos que se dejan de producir en el turno de trabajo.

### **Efectividad del proceso**

Este indicador evalúa el impacto que ha tenido la gestión de almacenamiento sobre el proceso productivo y a su vez si ha sido afectada por el recurso humano. A continuación, se mencionan los tres ítems con los que se evaluó este indicador, así como también los resultados obtenidos. El cuadro 6 y el gráfico 5 muestran la frecuencia de respuestas ante los ítems consultados.

Ítem 15: ¿La producción diaria de vehículos ha sido afectada por retrasos en el proceso de almacenamiento de las carrocerías?

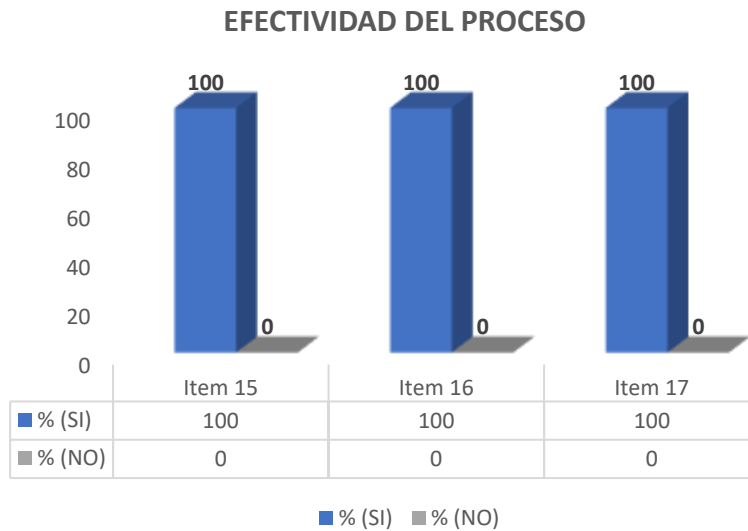
Ítem 16: ¿La capacidad de almacenamiento de carrocerías durante un turno de trabajo ha sido afectada por la ausencia de trabajadores del área?

Ítem 17: Se ha requerido de tiempo extra al turno de trabajo regular para almacenar en el bodywarehouse las carrocerías pedidas según la planificación de producción?

**Cuadro 6. Frecuencia de respuestas para los ítems efectividad del proceso.**

<b>Nº Ítem</b>	<b>Frecuencia (SI)</b>	<b>% (SI)</b>	<b>Frecuencia (NO)</b>	<b>% (NO)</b>
<b>15</b>	9	100	0	0
<b>16</b>	9	100	0	0
<b>17</b>	9	100	0	0

Tomado de: Farfán (2019)



**Gráfico 5. Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems efectividad del proceso.** Tomado de: Farfán (2019)

Los tres ítems de este indicador arrojaron exactamente el mismo resultado, respondiendo la totalidad de la muestra encuestada afirmativamente a los planteamientos de cada ítem. Lo que quiere decir que la producción de vehículos se ha visto afectada por los retrasos en el proceso de almacenamiento de las carrocerías debido a las diferentes diferencias operativas antes mencionadas, concordando con lo detectado en la observación directa

También se observa en los resultados obtenidos, que la efectividad del proceso es vulnerable a las inasistencias del personal del área ya que se ha visto afectada, por esto, la capacidad de almacenamiento y en consecuencia la producción. Las debilidades en la gestión del almacenamiento ocasionan que este importante proceso sea poco flexible y limitado para adaptarse y responder eficazmente a un entorno cambiante.

Debido a esta situación, es frecuente la necesidad de que el personal del área labore horas extras para contrarrestar el tiempo perdido en la jornada previa y a la vez almacenar la mayor cantidad de unidades posibles para mitigar cualquier imprevisto que pudiera ocurrir a futuro. Evidentemente esto ocasiona mayor cantidad de horas hombres y retrasos en el proceso logístico de aprovisionamiento del material procedente del puerto.

Los siguientes indicadores ahondaran sobre los factores de riesgos disergonómicos, asociados al proceso de traslado de las carrocerías en la gestión del almacenamiento, así como también sus consecuencias en términos de salud y seguridad laboral.

### **Impacto de la manipulación manual de cargas en el operador**

Este indicador busca identificar los tipos de procesos de manipulación manual de cargas que se presentan en la gestión de las carrocerías y para tal fin, a continuación, se presentan tanto los ítems relacionados a este indicador como los resultados obtenidos. El cuadro 7 y el gráfico 6 muestran la frecuencia de respuestas ante los ítems consultados.

Ítem 18: ¿Considera que en sus operaciones diarias hace excesivo esfuerzo físico?

Ítem 19: ¿Realiza usted levantamiento manual de cargas?

Ítem 20: ¿Realiza usted empuje manual de carga?

Ítem 21: ¿realiza usted arrastre manual de carga?

Ítem 22: ¿Durante la realización de las operaciones de manipulación manual de cargas, padece cansancio?

Ítem 23: ¿Todas las operaciones de manipulación manual de cargas se repiten para cada una de las carrocerías almacenadas?

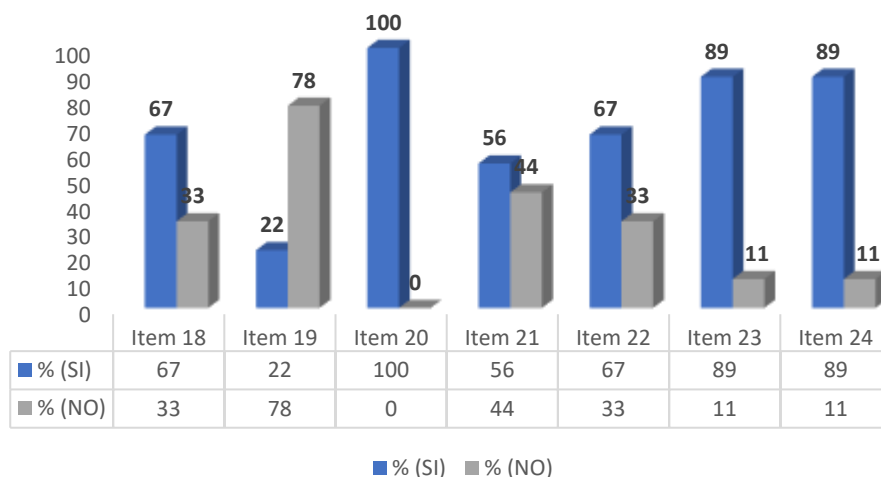
Ítem 24: ¿Cada vez que se almacena una carrocería las posturas corporales que adopta son repetitivas a lo largo de una jornada laboral?

**Cuadro 7. Frecuencia de respuestas para los ítems impacto de la manipulación manual de cargas en el operador.**

Nº Ítem	Frecuencia (SI)	% (SI)	Frecuencia (NO)	% (NO)
18	6	67	3	33
19	2	22	7	78
20	9	100	0	0
21	5	56	4	44
22	6	67	3	33
23	8	89	1	11
24	8	89	1	11

Tomado de: Farfán (2019)

### IMPACTO DE LA MANIPULACION MANUAL DE CARGAS EN EL OPERADOR



**Gráfico 6. Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems impacto de la manipulación manual de cargas en el operador.** Tomado de: Farfán (2019)

El ítem 18, mide la opinión de los encuestados con respecto a si estos consideran que, en las diversas operaciones diarias, relacionadas al almacenamiento de las carrocerías, ejecutan excesivo esfuerzo físico. El 67% de la muestra indicó que sí consideran que realizan excesivo esfuerzo físico durante las operaciones respectivas y el 33% de los encuestados respondieron lo contrario.

Estos resultados concuerdan con lo determinado en la observación directa y es que, debido al bajo rendimiento de los equipos móviles, además de ser todos los procesos manuales, en vez de disminuir el esfuerzo físico requerido lo incrementa, comprometiendo de esta manera la salud e integridad física del trabajador.

El ítem 19, se refiere al levantamiento manual de carga durante las operaciones de almacenamiento. El 78% de los encuestados respondió que durante este proceso no se levantan cargas manualmente y el 22% de dicha población indicó lo contrario. También se evidenció en el proceso que esta condición de manipulación de carga no ocurre.

El ítem 20, consulta si los trabajadores del área, para llevar a cabo las respectivas operaciones, tienen que empujar manualmente las cargas, es decir, las carrocerías. El resultado obtenido en este ítem indica que el 100% de la muestra encuestada estuvo totalmente de acuerdo con que, sí tienen que realizar manualmente el empuje de las carrocerías lo que también se

evidenció en la observación directa, con el agravante de que los equipos destinados a facilitar estas operaciones presentan deficiencias y dificultan aún más la manipulación de las cargas comprometiendo la salud del trabajador.

El ítem 21 complementa al ítem anterior e indaga si durante las operaciones pertinentes a la gestión de las carrocerías los trabajadores tienen que ejercer una fuerza de arrastre sobre las mismas. Los resultados obtenidos arrojaron que el 56% de la muestra encuestada afirman que si tienen que ejercer una fuerza de arrastre sobre las carrocerías mientras que el 44% dijo que no.

Se aprecia que la diferencia en las respuestas no es tan determinante, sin embargo, al comparar con lo observado directamente en el proceso se puede decir que concuerdan y que esta condición de manipulación de carga si se presenta, pero con baja frecuencia, dependiendo de cómo se posicione el operador para ejercer la fuerza cuando se está reajustando el posicionamiento de las carrocerías en la línea de desempaque final, en el carro transportador elevador o en el bodywarehouse.

Seguidamente el ítem 22, el cual evalúa la existencia o no de fatiga física producto de una carga excesiva de trabajo, plantea si durante la realización de las operaciones de manipulación manual de cargas el operador o los operadores padecen cansancio físico. El 67% de los encuestados contestaron que si padecen de cansancio físico durante las operaciones de almacenamiento de las carrocerías y el 33% respondió que no.

Cabe destacar que durante la observación directa esta condición fue detectada, dado que los trabajadores, inclusive, horas antes de culminar la jornada laboral manifiestan dicha incomodidad y es frecuente ver durante la jornada a los operadores tomar un descanso, momento en el cual se interrumpe el proceso de almacenamiento.

Los dos últimos ítems de este indicador, 23 y 24, se refieren a la repetitividad tanto de las operaciones como de las posturas corporales adoptadas respectivamente en la gestión del almacenamiento de las carrocerías. En ambos ítems el 89% de la muestra encuestada respondió afirmando que son repetitivas tanto las operaciones de manipulación manual de cargas como las posturas corporales adoptadas a lo largo de la jornada laboral para cada una de las carrocerías almacenadas. Esto concuerda con lo observado directamente en el proceso, tanto cada una de las operaciones como las posturas, sean estas correctas, incorrectas o improvisadas se repiten para cada carrocería almacenada.

## **Grado de cumplimiento de higiene postural**

Este indicador busca identificar cuáles y de qué forma se están llevando a cabo las posturas corporales adoptadas durante el desarrollo de la gestión del almacenamiento con la finalidad de evaluar el grado de cumplimiento de la higiene postural. A continuación se presentaran los ítems relacionados a este indicador como los resultados obtenidos. El cuadro 8 y el gráfico 7 muestran la frecuencia de respuestas ante los ítems consultados.

Ítem 25: ¿Las operaciones de empuje y arrastre manual de carga las realiza por encima del hombro?

Ítem 26: ¿Las operaciones de empuje y arrastre manual de carga las realiza alejadas del cuerpo?

Ítem 27: ¿Durante las operaciones de empuje y arrastre manual de cargas se ve obligado a inclinar el tronco?

Ítem 28: ¿Durante las operaciones de empuje y arrastre manual de cargas se ve obligado a inclinar el tronco?

Ítem 29: ¿Durante las operaciones de empuje y arrastre manual de cargas se ve obligado a girar el cuello?

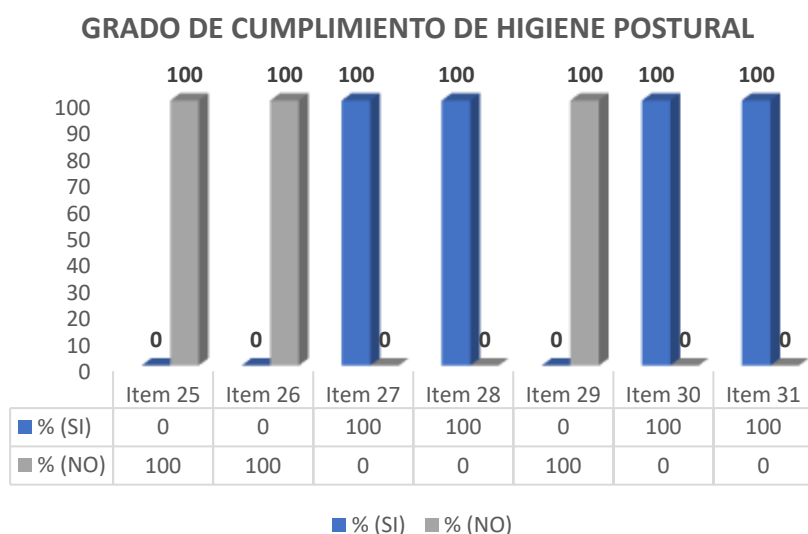
Ítem 30: ¿Durante las operaciones de empuje y arrastre manual de cargas considera que se realizan sobre esfuerzo de manos y muñecas?

Ítem 31: ¿Todas las operaciones realizadas durante el proceso de almacenamiento de las carrocerías son de pie?

**Cuadro 8. Frecuencia de respuestas del indicador grado de cumplimiento de higiene postural.**

N° Ítem	Frecuencia (SI)	% (SI)	Frecuencia (NO)	% (NO)
25	0	0	9	100
26	0	0	9	100
27	9	100	0	0
28	9	100	0	0
29	0	0	9	100
30	9	100	0	0
31	9	100	0	0

Tomado de: Farfán (2019)



**Gráfico 7. Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems grado de cumplimiento de higiene postural.** Tomado de: Farfán (2019)

Los ítems 25 y 26 evalúan entre los encuestados, si las operaciones de empuje y arrastre manual de carga son realizadas a una altura por encima del hombro y muy alejadas del cuerpo respectivamente. El 100% de los encuestados contestó, que ninguna de estas dos posturas corporales se presenta durante el desarrollo de las operaciones de almacenamiento lo que concuerda con lo apreciado en la observación directa estructurada.

Los ítems 27 y 28 valoran entre la población, si durante las operaciones de empuje y arrastre manual de cargas el trabajador se ve obligado, bien sea a inclinar o a girar el tronco respectivamente. En ambos ítems, el 100% de los encuestados respondieron aseverando que las

posturas corporales planteadas si se les presenta durante el desarrollo de sus actividades de almacenamiento. Lo que también concuerda con lo observado directamente en el proceso.

El ítem 29 plantea si el operador se ve obligado a tener que girar el cuello durante las operaciones de empuje y arrastre manual de cargas. Al respecto, el 100% de los encuestados respondió negando la existencia de esta condición postural durante las operaciones de almacenamiento, lo que también concuerda con lo visto directamente en el proceso.

Los últimos dos ítems de este indicador, 30 y 31, hacen referencia, primero, a la ejecución de operaciones de empuje y arrastre manual de cargas en donde el operador tiene que realizar sobre esfuerzos de manos y muñecas y el ítem 31, plantea si todas las operaciones realizadas en la gestión de almacenamiento de las carrocerías son de pie. A lo anteriormente planteado en ambos ítems, la población encuestada respondió coincidiendo en un 100% que estas posturas corporales son adoptadas, es decir, que durante las operaciones de almacenamiento de las carrocerías se ven obligados a realizar sobre esfuerzos de manos y muñecas y además todas las operaciones concernientes a la gestión de almacenamiento se realizan de pie. Esto de igual forma coincide con lo apreciado en la observación directa estructurada.

### **Nivel de seguridad de las operaciones**

A través de este indicador se busca identificar factores de riesgos presentes en el ambiente de trabajo los cuales ocasionan la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño a causa de esto. Para esto se plantearon los siguientes ítems y cuyos resultados se mostrarán a continuación. El cuadro 9 muestra la frecuencia de respuestas ante los ítems consultados y el gráfico 8 la respectiva representación gráfica.

Ítem 32: ¿Considera que la altura de trabajo es adecuada para realizar las operaciones relacionadas de manipulación manual de carga?

Ítem 33: ¿Considera que el espacio de trabajo es suficientemente amplio para realizar cómodamente las operaciones de almacenamiento de las carrocerías?

Ítem 34: ¿Durante las operaciones de manipulación manual de carga se ha tropezado con las carrocerías?

Ítem 35: ¿Durante las operaciones de manipulación manual de carga se ha resbalado debido al apoyo inestable de la superficie de trabajo?

Ítem 36: ¿Realiza operaciones de manipulación manual de carga en sitios altos?

Ítem 37: ¿Existen algunas operaciones en el proceso de almacenamiento de las carrocerías que lo obligan a interponerse en el desplazamiento de las cargas en movimientos?

Ítem 38: ¿Existen algunas operaciones en el proceso de almacenamiento de las carrocerías que lo obligan a interponerse en el desplazamiento de los equipos móviles?

Ítem 39: ¿Existen dispositivos de control que regulen, durante el desplazamiento de las carrocerías, la velocidad?

Ítem 40: ¿Existen dispositivos de control que regulen, durante el desplazamiento de las carrocerías, la posición?

Ítem 41: ¿Durante las operaciones de almacenamiento de las carrocerías ha sido golpeado por las carrocerías en movimiento?

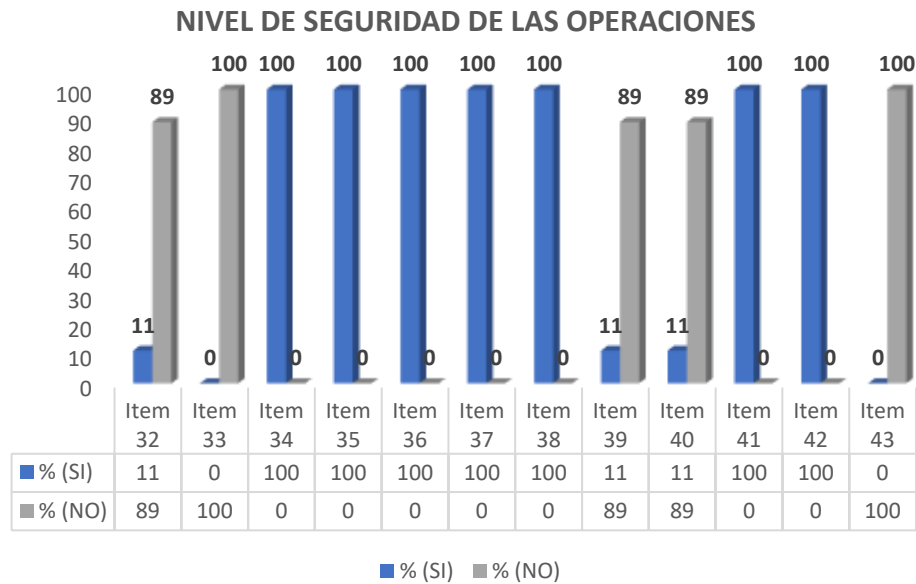
Ítem 42: ¿Durante las operaciones de almacenamiento de las carrocerías ha sido golpeado por los equipos móviles?

Ítem 43: ¿Los equipos móviles tienen algún dispositivo de seguridad para ejecutar una parada de emergencia?

**Cuadro 9. Frecuencia de respuestas para los ítems nivel de seguridad de las operaciones.**

Nº Ítem	Frecuencia (SI)	% (SI)	Frecuencia (NO)	% (NO)
32	1	11	8	89
33	0	0	9	100
34	9	100	0	0
35	9	100	0	0
36	9	100	0	0
37	9	100	0	0
38	9	100	0	0
39	1	11	8	89
40	1	11	8	89
41	9	100	0	0
42	9	100	0	0
43	0	0	9	100

Tomado de: Farfán (2019)



**Gráfico 8. Representación gráfica de la frecuencia de respuestas para ítems nivel de seguridad de las operaciones.** Tomado de: Farfán (2019)

El Ítem 32, se enfoca en la altura de trabajo y si esta es adecuada para realizar las operaciones relacionadas a la gestión de almacenamiento. El 89% de los encuestados manifestó que esta altura no es adecuada contra el 11% que respondió estar de acuerdo con lo planteado en este ítem. Evidentemente el resultado obtenido indica que la altura de trabajo no es la más idónea y esto concuerda con la observación directa en donde, en la cual se veían a los trabajadores, en algunos casos, tener que hacer hiperextensiones por encima del hombro para movilizar las carrocerías o tener que agacharse para ejercer fuerza, en esta posición, para destrabar una carrocería.

Seguidamente el ítem 33, refleja que el 100% de los encuestados respondió en desacuerdo con que el espacio de trabajo fuera suficientemente amplio para realizar cómodamente las operaciones de almacenamiento de las carrocerías lo que también se observó directamente en el proceso y es que los operadores del área se ven obligados a adoptar posturas de trabajo incómodas que van en perjuicio de su salud, y a su vez al no contar con el espacio mínimo requerido en ocasiones se tropiezan, bien sea, con los equipos u otros objetos fijos en los alrededores que interfieren en la zona de trabajo.

El ítem 34 evalúa si el personal, durante las operaciones de manipulación manual de carga, se han tropezado con las carrocerías a lo que el 100% de los encuestados estuvieron totalmente

de acuerdo afirmando lo planteado en este ítem y es que durante las operaciones de desempaque final por ser el área de trabajo significativamente reducida esto obliga a los trabajadores del área a estar muy atento a sus movimiento ya que si se descuidan pueden llegar a golpearse o las carrocerías en movimiento golpearlos.

El ítem 35 busca saber si las condiciones de la superficie de trabajo son las adecuadas para garantizar la seguridad del trabajador. Este ítem plantea si durante las operaciones de manipulación manual de carga se han resbalado debido al apoyo inestable de la superficie de trabajo, a lo que el 100% de los encuestados respondieron afirmando que se les ha presentado este incidente. En la observación directa se evidenció que esto ocurre con mayor frecuencia en el proceso de transferencia de la carrocería hacia el carro transportador-elevador cuando el operador se tropieza y resbala con los rieles guía de este equipo móvil y a su vez cuando se están movilizand las carrocerías en el bodywarehouse, ya que por no contar con las caminerías necesarias el operador se ve obligado a caminar entre las mesas de rodillos u otras partes que ponen en alto riesgo la integridad física del trabajador.

Seguidamente el ítem 36, continúa evaluando las condiciones de trabajo y el nivel de seguridad de estas por lo que se pregunta si el trabajador realiza operaciones de manipulación manual de carga en altura a lo que el 100% de los encuestados respondieron afirmando que si realizan trabajos en altura. Cabe destacar que las operaciones en altura se presentan durante el almacenamiento de las carrocerías en el nivel superior del bodywarehouse cuya seguridad se compromete aún más por no estar en óptimas condiciones las respectivas caminerías en algunos andenes y en otros estas caminerías no existen.

Los ítems 37 y 38 averiguan si en alguna de las operaciones relacionadas al proceso de almacenamiento de las carrocerías el operador obligatoriamente tiene que interponerse en el desplazamiento de las cargas en movimientos o equipos móviles. En ambos ítems el 100% de los trabajadores encuestados coincidieron respondiendo afirmativamente que se les presenta esta condición insegura de trabajo, observándose que no se cuenta con mecanismos de seguridad que eviten esta situación lo que agrava aún más el nivel de seguridad de la operación.

Los ítems 39 y 40 indagan sobre la existencia de dispositivos o mecanismos de control que regulen tanto la velocidad como la posición de las carrocerías respectivamente durante el desplazamiento de estas y el 89% de los encuestados en ambos ítems respondieron negando la existencia de algún dispositivo o mecanismo de control que regulen estas variables del proceso

lo que afecta no solo la seguridad del trabajador, ya se ve sometido a un alto y repetitivo esfuerzo físico, sino también la eficiencia del proceso ya que el trabajador manualmente es quien controla el posicionamiento y velocidad de las carrocerías en el proceso, siendo todo este esfuerzo físico por parte del operador insuficiente para el ritmo de producción requerido.

Los siguientes ítems 41 y 42 buscan conocer el grado de afectación en el trabajador por la carencia de un sistema de control que gestione el desplazamiento tanto de las carrocerías como de los equipos móviles durante el almacenamiento de las carrocerías. Cuyos ítems preguntan si durante las operaciones respectivas han sido golpeados por las carrocerías en movimiento o por los equipos móviles a lo que el 100% de los encuestados respondió afirmativamente en ambos ítem la ocurrencia de lo planteado, lo que también se evidencio en la observación directa estructurada.

Finalmente, el ítem 43 consulta si los equipos móviles tienen algún dispositivo de seguridad para ejecutar una parada de emergencia a lo que el 100% de los interrogados respondieron que no se dispone de tal opción en los equipos móviles, lo cual es grave ya que no existe la posibilidad de prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, daños en la máquina o en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes, como ya se conoce, y ha de activarse con una sola maniobra de una persona

## **Discusión de los resultados**

De los datos recolectados, a través de la observación directa del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al almacén de carrocerías, y de la aplicación de una encuesta escrita a una muestra del personal que labora en dicha área, se puede decir lo siguiente:

La obtención de la información de primera mano con la técnica basada en la observación directa, concuerda en gran medida con los datos conseguidos en la encuesta escrita. Es decir, que la información obtenida en la observación directa corresponde con la realidad de dicho proceso quedando de esta manera validada o confirmada la presencia o ausencia de los aspectos previamente considerados en la recolección de los datos para verificar las hipótesis y responder a las interrogantes formuladas, en correspondencia con el problema, objetivos y diseño de esta investigación.

Las funciones de los equipos mecánicos instalados tales como las mesas de rodillos convencionales y motorizadas y el carro transportador-elevador no están siendo explotados en su máxima capacidad, ya que estos son operados y controlados de forma manual por los trabajadores del área, incurriendo en imprecisiones y deficiencias operativas que humanamente son difíciles de corregir debido a la naturaleza propia del proceso, repercutiendo negativamente en la producción lo que se traduce en mayores costes operativos ya que se requiere de mayor número de personas para laborar en el área, trabajar turnos extras, se acarrearán multas aduaneras por no sacar del puerto, en el lapso establecido, el material SKD.

Adicionalmente, en ocasiones las carrocerías sufren daños en la pintura durante su manipulación en el proceso de desempaque y almacenamiento además del desgaste inducido y prematuro de los equipos por las imprecisiones y deficiencias operativas antes mencionadas.

Debido al desgaste prematuro de los equipos y en consecuencia un deficiente funcionamiento, en vez de facilitar las operaciones de desempaque y almacenamiento, en ocasiones, las vuelve engorrosas lo que propicia el uso de herramientas y otras operaciones improvisadas que comprometen la salud y seguridad del trabajador.

El conjunto de operaciones de desempaque final y el almacenamiento de las carrocerías generan un cuello de botella en el proceso productivo y aun cuando de alguna u otra forma se ha tratado de mitigar esta condición indeseada, bien sea incorporando más personal en el área o aumentando la cantidad de horas laborables, el esfuerzo no es suficiente para que dicho proceso responda en el tiempo oportuno a los requerimientos de la producción.

Esta situación imposibilita que se maneje un stock de seguridad de carrocerías que brinde cierta flexibilidad ante alguna interrupción del suministro del material SKD a la planta, lo cual compromete la disponibilidad de las carrocerías en la línea de ensamblaje final, ya que actualmente el proceso de almacenamiento cubre limitadamente la producción diaria, desaprovechándose de esta manera la capacidad de almacenamiento del bodywarehouse que es de 120 carrocerías.

La carencia de una metodología o criterio que establezca el orden en la que se almacenan las carrocerías en el bodywarehouse, bien sea por color, orden de procesamiento (FIFO), modelo, u otro y la falta de un control supervisorio en tiempo real que permita la planificación de la producción y disposición de materiales en función de las carrocerías presentes en el bodywarehouse, ha generado deficiencias en la entrega de las carrocerías a la línea de

ensamblaje final, lo que ha provocado paradas de planta con tiempo considerables que se traducen en hasta más de 10 unidades menos producidas en un turno de trabajo.

Todas las operaciones que se realizan durante el proceso de desempaque final y almacenamiento de las carrocerías, a excepción de las operaciones iniciales en la que se extrae el material de los body, son completamente repetitivas para cada carrocería procesada lo que es un aspecto a favor para considerar la automatización de dicho proceso.

El personal operario que interviene en el proceso de desempaque final y almacenamiento de las carrocerías se ve sometido a repetitivos ciclos de trabajo durante la manipulación manual de cada carrocerías con el agravante del funcionamiento deficiente de los equipos los cuales en vez de aliviar la carga de trabajo, la incrementa ya que durante el desplazamiento de las carrocerías sobre las mesas de rodillos ofrecen resistencia al movimiento y se atascan, obligando al trabajador a incrementar su esfuerzo durante el empuje y arrastre de cargas con adopción de posturas corporales como inclinación de tronco y giro de cuello, hiperextensiones músculo esqueléticas que atentan contra la salud y seguridad del trabajador.

Así mismo se determinó, que el área de trabajo no es la más adecuada en términos de salud y seguridad debido a que esta es reducida y durante las respectivas operaciones el trabajador se tropieza tanto con las carrocerías como con los equipos de trabajo ocasionándole lesiones.

En el mismo orden de ideas, cabe destacar que las operaciones dentro del bodywarehouse se llevan a cabo bajo condiciones de extrema peligrosidad, pues los andenes no cuentan con un piso de apoyo firme y estable en la cual el trabajador pueda ejercer de forma segura la fuerza de empuje o arrastre para movilizar las carrocerías y sin tener que, además, estar sorteando obstáculos. Esta condición peligrosa de operación se agrava más cuando se están almacenando las carrocerías en la parte superior del bodywarehouse.

Los equipos motorizados no cuentan con una instrumentación que regule tanto su desplazamiento como posicionamiento por lo que el operador es quien ejerce directamente la acción de control a través de las botoneras que no cuentan con la debida identificación y están adheridas al equipo móvil obligando al operador a tener que operar el equipo sin mantener una distancia prudencial que garantice la seguridad.

Esta condición peligrosa de trabajo se vuelve más crítica cuando se están almacenando las carrocerías en la parte superior del bodywarehouse, puesto que el operador queda justo debajo de la carga en movimiento al transferir las carrocerías en los andenes superiores. Cabe destacar,

que, por no contar estos equipos con un sistema de control, los arranques o paradas de los distintos mecanismos del carro transportador-elevador son bruscos, volviendo inestable toda la estructura que soporta la carrocería cuando se está elevando y desplazando al mismo tiempo.

Así mismo, los equipos motorizados no cuentan con la respectiva parada de emergencia a fin de evitar alguna situación peligrosa que comprometa la integridad física del trabajador, el equipo o el material lo cual es fundamental al tratarse de máquinas.

Por lo anteriormente expuesto, es pertinente la propuesta de automatización y supervisión del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse para dar respuesta a toda la problemática hallada en esta investigación. La automatización del proceso incidirá en la reducción de costos operativos y costes asociados a suministros y stock e incrementará la velocidad y confiabilidad del proceso y por ende se llevarían a cabo todas las operaciones de forma continua y sin interrupciones o tiempos muertos por errores humanos o cambios en el proceso, satisfaciendo la demanda de la producción y aumentando su capacidad de producción, ejecutando los procesos con un nivel de precisión mucho más elevado que en un proceso manual.

Adicionalmente, se incrementaría la seguridad del personal mitigando todas las condiciones peligrosas e inseguras a los que se ven sometidos los trabajadores del área. Cabe destacar que se requeriría de menos personal en dicha área lo que permitiría el refuerzo de otras áreas productivas.

También se evidenció una alta receptividad por parte tanto de los trabajadores como de la empresa principalmente, en apoyar esta propuesta a fin de garantizar una óptima operatividad en la gestión de almacenamiento de las carrocerías y a la vez ofreciendo condiciones que preserven la seguridad y salud del personal en donde la automatización no está distante de este tipo de propuestas.

### **Diseño de la propuesta de automatización**

Continuando con el desarrollo de los objetivos específicos de este trabajo, y cumpliendo con la segunda fase metodológica de esta investigación que corresponde al diseño de la propuesta de automatización y control supervisorio del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse, se determinó el respectivo diseño del

sistema de control automático y supervisorio de dicho proceso, tomando en cuenta que ya se conoce el estado actual de las operaciones y las oportunidades de mejora.

Las etapas del proceso que se plantean automatizar, la interrelación entre estas, las condiciones de operación, las variables del proceso, los equipos que intervienen y el grado de instrucción requerido del personal operario son alguno de los puntos a desarrollar en este apartado.

### **Descripción del funcionamiento del proceso automatizado.**

A continuación, se describirá la intención de diseño que se determinó para la automatización de la gestión de almacenamiento de las carrocerías y para esto se dividirá el proceso en tres etapas, las cuales se irán desarrollando según la secuencia con la que se llevan a cabo tales operaciones.

### **Línea de desempaque final**

La línea de desempaque final cuenta con cuatro estaciones de desempaque y en cada estación una mesa de rodillos convencional. Estos equipos serán reemplazados por mesas de rodillos motorizados que, a través de estas, serán transportadas las carrocerías de forma automática sin la necesidad del esfuerzo físico del operador.

Será necesario controlar la ubicación, el posicionamiento y el avance de las carrocerías de una estación a otra por lo que las mesas de rodillo motorizadas serán equipadas con sensores finales de carrera que a través de estos y el PLC se ejercerá la acción de control correspondiente para la activación o desactivación de los rodillos motorizados de cada una de las mesas según se requiera.

Cada estación de desempaque dispondrá de una botonera de control con dos pulsadores en donde una opción es para indicarle al sistema que la carrocería puede avanzar a la siguiente estación de desempaque, una vez que el operador haya terminado las operaciones correspondientes, y la otra opción será para una parada de emergencia en caso de requerirse.

En este sentido, una vez recibida la señal de avance a través del botón respectivo, seguidamente el PLC verificará si la estación de destino está desocupada para luego ejecutar el

avance de la carrocería. De lo contrario la carrocería quedará en espera hasta que se cumpla esta condición de avance.

Una vez ubicada la carrocería en la última estación de la línea de desempaque, y el operador oprima el botón correspondiente para indicarle al sistema que la carrocería puede avanzar a la siguiente etapa de proceso, que es la transferencia hacia el carro transportador elevador, antes deben de cumplirse ciertas condiciones para concretar este paso. Estas condiciones se refieren principalmente a la alienación del carro transportador elevador con la línea de desempaque final y que dicho equipo no esté ocupado por otra carrocería.

Con esta configuración automatizada de la línea de desempaque final, el proceso en esta etapa será más eficiente ya que se eliminan los tiempos muertos y cuellos de botella originados por la dificultad que se le presenta a los operadores al tener que movilizar manualmente las carrocerías y ejercer ellos mismo la acción de control empleando su propia fuerza. A su vez, los factores de riesgos disergonómicos asociados a este proceso se verán disminuidos lo que mejorará las condiciones en términos de salud y seguridad laboral.

### **Carro transportador elevador**

Como se explicó anteriormente, este equipo móvil es el encargado de transportar las carrocerías desde la línea de desempaque final hacia el bodywarehouse. Este proceso a su vez está conformado por tres etapas y la primera de ellas es la transferencia de la carrocería desde la línea de desempaque final hacia el carro transportador, seguido del traslado y ubicación del equipo móvil con la carrocería en el andén de almacenamiento deseado para luego transferir la carrocería hacia el andén de almacenamiento.

Actualmente estas funciones antes mencionadas se controlan de forma manual a través de un conjunto de botoneras que activan, el tren motriz conformado por un motorreductor eléctrico quien se encarga del desplazamiento horizontal y posicionamiento a través del sistema rueda-riel. Así mismo, otra de las funciones controladas manualmente es la elevación y posicionamiento vertical de la plataforma que contiene la mesa de rodillos motorizada a través de un sistema electrohidráulico. Finalmente, la función de recepción, posicionamiento de la carrocería en el carro transportador-elevador y luego la devolución de esta, hacia el andén es

también controlado manualmente por medio de un conjunto de pulsadores que activan o desactivan el sistema motorreductor eléctrico al que están acoplado los rodillos motorizados.

Es evidente que la acción de control es ejercida por el operador según sus habilidades motoras que son poco precisas para este proceso. El propósito es que este dispositivo cumpla con sus distintas funciones de forma automatizada y segura sin la intervención humana.

Para la consecución de lo anteriormente dicho, primeramente, se instalarán a los extremos de los rieles de desplazamiento del carro transportador-elevador sensores finales de carrera para definir los límites del recorrido horizontal y evitar el descarrilamiento del mismo, a su vez, estos límites corresponderán a la alineación horizontal con la última estación de la línea de desempaque final y con el ultimo andén inferior del bodywarehouse respectivamente.

Con la finalidad de aumentar la velocidad de avance del desplazamiento horizontal, así como también suavizar el respectivo arranque y parada del carro transportador-elevador se instalará un variador de frecuencia para que a través de este sea controlado el sistema motorreductor eléctrico y mejorar estos aspectos del proceso.

En este sentido, a la entrada de cada uno de los andenes inferiores, estará debidamente instalado un sensor final de carrera para el posicionamiento del equipo móvil y garantizar la alineación horizontal con los andenes de almacenamiento inferiores. Cabe destacar que la altura de los andenes inferiores del bodywarehouse coincide con la altura más baja de la plataforma del carro transportador-elevador y también con la altura de la línea de desempaque final.

De esta manera, se garantiza el correcto posicionamiento vertical del equipo móvil con la línea de desempaque final para que pueda ejecutarse la transferencia de la carrocería hacia dicho equipo y también hacia cualquiera de los andenes inferiores para posteriormente transferir la carrocería hacia el andén indicado. Solo será instalado, por seguridad, un sensor final de carrera para detectar que la plataforma esté en su posición más baja para que se pueda ejecutar la acción correspondiente.

Para la alineación vertical del carro transportador-elevador con los andenes superiores del bodywarehouse, se instalará a la entrada de cada andén superior un sensor final de carrera para controlar la altura de ascenso de la plataforma que contiene la mesa de rodillos motorizada y de esta manera asegurar la correcta alineación vertical o coincidencia en altura de ambas mesas de rodillo motorizadas para la respectiva transferencia.

Con respecto a la alineación horizontal del carro transportador-elevador con los andenes superiores el sistema tomará como referencia el posicionamiento horizontal con el andén inferior correspondiente. Es decir, al dirigirse el carro transportador elevador a uno de los andenes superiores, este primero se posicionará en el andén inferior respectivo y luego elevará la plataforma hasta hacer contacto con el sensor final de carrera y de esta manera quedar correctamente ubicado para iniciar el proceso de transferencia.

La plataforma del carro transportador-elevador tiene instalada una mesa de rodillos motorizada que es la encargada de recibir la carrocería para luego transferirla. Esta se equipará con un sensor final de carrera para controlar la ubicación y posicionamiento de la carrocería en el equipo móvil, así como también, el avance respectivo de la carrocería. Una vez transferida la carrocería al bodywarehouse, simultáneamente comenzará descender la plataforma y el carro transportador-elevador se dirigirá hacia su posición inicial que corresponde a la ubicación en donde este queda alineado con la última estación de la línea de desempaque final.

En la última estación de la línea de desempaque final estará ubicado un tablero de control y este a su vez tendrá incorporado un panel de operador en donde se podrá controlar la gestión del almacenamiento. Es decir, bien sea a través de la pantalla HMI o del tablero de control se podrán direccionar las carrocerías hacia los distintos andenes de almacenamiento según los criterios definidos para tal fin.

Tanto en el tablero de control como la pantalla HMI se dispondrá de un arreglo de botones pulsadores los cuales corresponderán al arranque y parada del proceso, anden de destino y paradas de emergencia por cada anden de almacenamiento.

A su vez, en el panel HMI se podrá observar gráficamente la capacidad de almacenamiento en tiempo real por cada anden del bodywarehouse, el cual arrojará alarmas cuando sea direccionada la carrocería a un andén y este se encuentre completamente lleno. De presentarse esta condición el sistema a través del panel HMI le pedirá al usuario que sea direccionada la carrocería a otro andén con capacidad disponible.

Así mismo, a través del panel de operador se podrá observar el tiempo ciclo del proceso en cualquiera de sus etapas lo que permitirá llevar un mejor control de las operaciones en línea. De igual manera se podrá visualizar gráficamente el histórico de la gestión de almacenamiento en distintas escalas tales como: hora, día, semana, mes y año. En este sentido, en otra pantalla de presentación se podrá visualizar el estado de las variables del proceso, como también el

estatus de funcionamiento de los equipos. La visualización de esta información le permitirá al departamento de materiales gestionar adecuadamente el abastecimiento del material SKD a la línea de ensamblaje final.

### **Proceso de almacenamiento en el bodywarehouse**

El almacén de carrocerías está conformado por ocho andenes de almacenamiento, cuatro en la parte superior y cuatro en la parte inferior con capacidad para acumular 14 unidades en cada uno. Actualmente estos andenes tienen instaladas camas de rodillos convencionales que a través de estas son transportadas las carrocerías de forma manual por medio de la fuerza de empuje o arrastre que ejercer el operador.

Una vez que se posiciona de forma automatizada el carro transportador-elevador en el andén de almacenamiento, se inicia el proceso de transferencia y almacenamiento de la carrocería hacia el bodywarehouse. Para automatizar este proceso, se reemplazarán estos equipos por mesas de rodillos motorizadas para que a través de estas sean trasladadas las carrocerías por cada estación de almacenamiento de forma automatizada sin la intervención del operario.

A su vez se equiparán con sensores finales de carrera para controlar y detectar el posicionamiento de las carrocerías en cada estación, así como también para saber cuáles estaciones de almacenamiento están vacantes en el andén y proceder con el proceso de transferencia respectivo e ir apilamiento las carrocerías siempre hacia la salida del bodywarehouse lo que garantizará la disponibilidad inmediata de una carrocería hacia la línea de desempaque final. También estos sensores permitirán detectar en tiempo real la capacidad disponible de almacenamiento por andén.

Para la ejecución del avance de las carrocerías de una estación a otra, el sistema verificará si la estación de almacenamiento posterior está vacante y de presentarse esta condición avanzará la carrocería y así sucesivamente el sistema a través de los sensores y el PLC irá verificando y ejecutando los procesos de transferencia respectivos de forma tal de mantener agrupada las carrocerías siempre hacia la salida del bodywarehouse. Esta lógica de control aplica respectivamente para todos los andenes de almacenamiento.

## **Grado de instrucción de los operadores**

Como se conoce, un sistema automatizado se busca reducir o eliminar casi del todo el factor de fallo humano y a la vez se incrementa la eficiencia y la agilidad con que se llevan a cabo las operaciones. En este sentido al adoptar esta propuesta de automatización del proceso de almacenamiento de las carrocerías desde la línea de desempaque final hasta el bodywarehouse, no se pretende llegar a prescindir de la intervención humana, sino que simplemente se desea aumentar la eficiencia y la velocidad del proceso dando lugar a que las personas encargadas de realizar esta tarea manual, puedan hacer otras labores más importantes y sin que se ponga en riesgo su salud y seguridad laboral.

Sin embargo, por la naturaleza propia del proceso de almacenamiento se requerirá de la participación de trabajadores exclusivamente para las operaciones de desempaque final, proceso en el cual estos interactúan con el sistema automatizado indicándole al sistema que la carrocería puede avanzar a la siguiente estación de desempaque y posteriormente, al andén respectivo de almacenamiento. Por lo que el personal operativo no requiere de un grado de instrucción avanzado. En este caso la capacitación para conocer el funcionamiento de los equipos, y la resolución de problemas menores del proceso de almacenamiento.

No obstante, en caso de presentarse problemas técnicos mayores en el área eléctrica, mecánica e incluso de control, la empresa cuenta con personal capacitado en los departamentos de manufactura y mantenimiento para afrontar cualquier escenario.

## **Sistema de control y supervisión**

El sistema de control y supervisión está conformado principalmente por dos componentes, el PLC y el panel de operador HMI. Las tareas a realizar por el PLC son las siguientes:

- Detección de presencia de las carrocerías en las estaciones de desempaque
- Posicionamiento de las carrocerías en las estaciones de desempaque
- Verificación de vacancia en las estaciones de desempaque
- Avance de las carrocerías en las estaciones de desempaque
- Detección de presencia del carro transportador elevador

- Posicionamiento del carro transportador elevador
- Verificación de vacancia de carrocería en el carro transportador elevador
- Verificación de la capacidad de almacenamiento en los andenes
- Desplazamiento del carro transportador elevador
- Tránsito de las carrocerías a través del carro transportador elevador
- Entrada de las carrocerías a los andenes de almacenamiento
- Proceso de apilamiento de las carrocerías en el bodywarehouse

Con respecto al sistema de supervisión, se requerirá de un panel de operador HMI y en el mismo se podrá controlar y apreciar el estado de todo el proceso desde la línea de desempaque final hasta las estaciones de almacenamiento del bodywarehouse que contienen una carrocería y cuáles no, así como también todos los estados de operación de cada equipo e información relevante del proceso. A su vez, se extenderá la visualización del estado del proceso a un monitor ubicado en el departamento de materiales lo que permitirá planificar de forma más eficiente el surtido de materiales en las estaciones de ensamblaje final.

### **Análisis de factibilidad técnica, operativa y económica**

El estudio de la factibilidad se hace necesario en todo trabajo de investigación que conlleve la propuesta de mejorar un proceso productivo, automatizar un equipo o conjunto de equipos, construir un dispositivo, entre otros; todo esto debido a que parte de la respuesta que debe obtener el investigador es la viabilidad de su proposición desde cualquier punto de vista.

En concordancia con el segundo objetivo específico de esta investigación, se realizó el estudio del grado de la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta de automatización y supervisión del proceso de traslado de carrocerías desde la línea de desempaque al bodywarehouse de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, para determinar la viabilidad de implementación de la misma.

## **Análisis de factibilidad técnica**

La factibilidad técnica está referida a la posibilidad tecnológica, es decir, esta evalúa la existencia de los equipos y si estos tienen las capacidades técnicas requeridas para llevar a cabo la propuesta de diseño que se está considerando.

A continuación, se presentarán los equipos tecnológicos requeridos, así como también sus respectivas especificaciones técnicas para el desarrollo de esta propuesta:

### **Camas de rodillo motorizadas**

Para la selección de este equipo, aun cuando en el mercado existen gran variedad de opciones a considerar, se tomó en cuenta la destacada marca Roach Conveyors ya que la empresa Corporación Automotriz Z.G.T.C.A, desde el inicio de sus operaciones, tiene establecida una relación comercial con este fabricante y es quien ha suministrado los equipos para otros procesos donde es necesario el uso de estos transportadores.

Seguidamente, en el cuadro 10, se presenta el equipo sugerido, para la motorización de la línea de desempaque final y los andenes del bodywarehouse, como también sus respectivas características técnicas que cumplen con el objetivo de este diseño.

**Cuadro 10. Especificaciones técnicas de equipos para la motorización de la línea de desempaque y los andenes del bodywarehouse.**

<b>Marca</b>	<b>Roach Conveyors</b>
<b>Modelo</b>	251CDLR-15-3-10 heavy duty chain driven live roller
<b>Rodillos</b>	2 ½ Pulg. diámetro x 11 espesor
<b>Tipo de cadena</b>	No. 60
<b>Distancia entre rodillos</b>	9 Pulg.
<b>Superficie conveying</b>	12 Pulg.
<b>Motor</b>	¾ HP, 230/460V, 60Hz
<b>Longitud</b>	(9 ft) 108 Pulg.
<b>Velocidad</b>	Hasta 0.5 m/s
<b>Carga entre rodillos</b>	650 Lb

Tomado de: Catálogo Roach Conveyor 2015

## Sensores

Como es bien conocido, el tema de los sensores es uno de los aspectos de mayor importancia en el área de automatización industrial, ya que estos son elementos fundamentales en cualquier sistema productivo donde no se cuente con la participación del ser humano.

En este sentido, para el diseño de esta propuesta es requerido el uso de dos tipos de sensores muy comunes en la industria en general y particularmente en los procesos de la industria automotriz para detectar la presencia y limitar el recorrido de equipos móviles. Estos dispositivos son los sensores de proximidad inductivos y los interruptores finales de carrera cuyas características y especificaciones técnicas se detallan en los cuadros 11 y 12 a continuación. Es importante destacar, que los equipos seleccionados son de la marca Allen Bradley de Rockwell Automation debido a las buenas relaciones comerciales ya establecidas con este proveedor y sus distribuidores. Además, es quien ha suministrado todos los equipos de instrumentación y control existentes en la empresa.

### Cuadro 11. Especificaciones técnicas del sensor inductivo

<b>Marca</b>	<b>Allen Bradley</b>
<b>Modelo</b>	872C WorldProx tipo cable de CC de 3 cables IP67 (IEC529) Cara de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado
<b>Diámetro del cuerpo</b>	18 mm
<b>Distancia de detección</b>	8 mm
<b>Blindado</b>	Si
<b>Configuración de salida</b>	N.A.
<b>Tipo de cable</b>	872C-D5NN18-E2
<b>Longitud del cable</b>	10 m
<b>Indicador Led</b>	Ámbar: Salida activada, visibilidad a 360°
<b>Voltaje de operación</b>	10...30 VCC

Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

**Cuadro 12. Especificaciones técnicas del interruptor final de carrera**

<b>Marca</b>	<b>Allen Bradley</b>
<b>Modelo</b>	802K-MALB22B NEMA Tipo 1 A600
<b>Tipo de palanca</b>	Rodillo ajustable
<b>Funcionamiento contacto</b>	Acción rápida. Retorno por muelle.
<b>Fuerza para operar</b>	10.0 N
<b>Recorrido nominal</b>	30°
<b>Voltaje, corriente</b>	3A, 120V; 1.5A, 240V; 0.75A, 480V
<b>Temperatura de trabajo</b>	0° a 45°
<b>Contacto</b>	2 N.C., 2 N.O.

Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

### **Control lógico programable y módulos de expansión I/O (PLC)**

A continuación, se presentará el PLC seleccionado y sus características técnicas las cuales permitirán que el dispositivo cumpla satisfactoriamente las funciones por el cual fue seleccionado para el diseño de esta propuesta. Cabe resaltar que se prefirió el fabricante Rockwell Automation debido a las relaciones comerciales ya establecidas con este proveedor. Además, es quien ha suministrado todos los equipos de instrumentación y control que actualmente existen en la empresa. Ver cuadro 13.

**Cuadro 13. Especificaciones técnicas del control lógico programable y módulos de expansión**

<b>Marca</b>	<b>Allen Bradley</b>
<b>Modelo</b>	Micrologix 1500 1764-LRP 1769-IA16-OA16
<b>Alimentación</b>	120-240 VCA o 24 VCC
<b>E/S</b>	28 E/S discretas + Hasta 128 E/S analógicas en expansión
<b>E/S módulo expansión</b>	Hasta 16 módulos para 512 E/S (1769-SDN) E: 1769-IA16 / S:1769-OA16
<b>Comunicación</b>	Puertos RS-232 (1) – Mini DIN de 8 pines / Ethernet con 1761-NET-ENI
<b>Otras características</b>	Entradas de 120 VCA o 24 VCC, Salidas de relé y MOSFET de alta velocidad, El tiempo de escán típico es menor de 1 milisegundo por 1 K de programa de usuario, Acepta 14 K de memoria de usuario no volátil incorporada para programas de aplicación complejos.

Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## Panel de operador (HMI)

Esta es una herramienta con la cual los operadores y supervisores de la línea de producción visualizan los estados y las variables de interés de los procesos industriales así también emiten ordenes al PLC para ejercer acciones sobre los equipos y maquinas que conforman los procesos industriales y de fabricación de una planta.

Esta herramienta muestra información operativa útil y aprovechable en tiempo real acerca de las variables del proceso lo que permite el control y la optimización al regular los objetivos de producción y de proceso.

A continuación, en el cuadro 14 se presentarán las características técnicas de la pantalla HMI seleccionada cuya configuración permitirá cubrir los requerimientos de diseño de esta propuesta y a su vez garantizar la compatibilidad y la comunicación con el PLC seleccionado.

### Cuadro 14. Especificaciones técnicas de la pantalla HMI

<b>Marca</b>	<b>Allen Bradley</b>
<b>Modelo</b>	PanelView™ Plus 1000 Touch Screen 2711P-T10C4D1
<b>Módulo Lógico</b>	2711P- RP1
<b>Display</b>	Diag.10.4 in., 211 x 158 mm (8.3 x 6.2 in.), 640 x 480, 18-bit color graphics
<b>Memoria</b>	512 MB RAM, 512 MB Memoria no volátil (approx. 79 MB free user memory)
<b>Comunicación</b>	Ethernet (10/100 Mbps, Auto-MDI/MDI-X), RS-232, (2) USB
<b>Software programación</b>	FactoryTalk View Studio Machine Edition
<b>Alimentación</b>	18...32V DC (24V DC nom) / 100...240V AC, 50...60 Hz

Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## Variador de frecuencia

El uso de variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores permite obtener muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas que provocan tiempos de inproductividad.

Seguidamente, en el cuadro 15 se presentará el dispositivo seleccionado y sus respectivas especificaciones técnicas según los datos de placa del motor eléctrico a controlar, el cual es el encargado de mover el carro transportador-elevador, según el diseño de esta propuesta.

#### **Cuadro 15. Especificaciones técnicas del variador de frecuencia**

<b>Marca</b>	<b>Allen Bradley</b>
<b>Modelo</b>	4M 22F-D4P2N113 Variador de CA PowerFlex 4M
<b>Características</b>	Variador trifásico de 380...480VCA (50/60Hz) IP20, NEMA/UL tipo abierto
<b>Clasificación 380...480V</b>	0.2...11 kW/0.25...15 Hp/1.6...24 A
<b>Corriente/Potencia salida</b>	4.2A, 2Hp
<b>Control de motores</b>	Volts por Hertz
<b>Aplicación</b>	Regulación de velocidad de lazo abierto
<b>Temperatura límite</b>	IP20: -10 a 50 °C (14 a 122 °F)
<b>Capacidad sobrecarga</b>	150% durante 60 s / 200% durante 3 s
<b>Comunicación</b>	RS485 integral (Modbus RTU)

Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

#### **Botones pulsadores**

En la actualidad, al momento de iniciar o detener un proceso, en gran escala de producción, ya no se tienen que accionar grandes palancas mecánicas si no que esta operación se realiza a través de un automatismo de forma electromecánica por medio del uso de versátiles botoneras de un pulsador o botón, o bien sea de una serie de ellos.

Por lo general el montaje de las botoneras industriales se da a partir de enroscar el cuello del botón por sobre un aro y sujetarlo bien. Vienen con trabas anti giro para prevenir que se afloje en medio de los procesos mecánicos de mayor impacto.

En el cuadro 16, se presentan las especificaciones técnicas de los tres botones seleccionados del gran abanico de opciones existente en el mercado que cumplen con la intención de diseño de esta propuesta.

### Cuadro 16. Especificaciones técnicas de botones pulsadores

<b>Marca</b>	<b>Allen Bradley</b>
<b>Modelo</b>	800T-QH2G / 800T-QH2R / 800T-QH2A / 800TC-FX6A5S
<b>Configuración contacto</b>	LED universal 12–130 VCA/VCC 1 N.A. – 1 N.C.
<b>Características</b>	Botones pulsadores 800T/H de 30 mm, Metal tipo 4/13 (800T), Dispositivos de luz piloto.

Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

### Columnas luminosas

Las columnas de señalización luminosa y acústicas son elementos que permiten señalar una situación o estado de un proceso o de una máquina alertando de que algo está sucediendo. Las características importantes a considerar para la selección de estos equipos son la claridad para que el usuario final perciba e interprete claramente el aviso, precisión de modo que la señal se produzca en el momento adecuado para que se pueda actuar en el momento oportuno y que se trate de un código universal, por ejemplo, en el caso del color rojo nos indica señal de peligro, emergencia. La configuración visual puede variar con los diferentes colores de luz y si se emiten de forma fija, intermitente, rotativa, etc. Al igual que el elemento sonoro, dependiendo del mensaje que se desee enviar existen sonidos, fijos, discontinuos, de mayor o menos dB.

En este sentido, en el cuadro 17 se presentarán las características técnicas de la columna luminosa seleccionada la cual se desempeñará satisfactoriamente en concordancia con el diseño de esta propuesta.

### Cuadro 17. Especificaciones técnicas columnas luminosas.

<b>Marca</b>	<b>Allen Bradley</b>
<b>Modelo</b>	855F-SBSC20B10Y3Y5Y4C1
<b>Descripción</b>	Luz de torre compacta, 70 mm, montaje en superficie con conector roscado NPT de 1/2 pulg. Y tuerca de montaje, sin opción de red, cable trenzado, 2 metros, cubierta amarilla, negro, 120V CA, LED verde fijo, LED ámbar constante, rojo LED fijo, alarma de sonido del módulo de sonido - tono continuo, sin módulo.
<b>Protección</b>	UL tipo 4/4X/13, IP65. Uso interior y exterior
<b>Temperatura trabajo</b>	De -25 a 60 °C (-13 a 140 °F)
<b>Tipo de iluminación</b>	Indicador Led

Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

Como se pudo comprobar los equipos y software requeridos para el diseño de esta propuesta están disponibles en el mercado de equipos de automatización, respaldados tecnológicamente por reconocidos fabricantes, y además cuentan con las capacidades técnicas suficientes para cumplir satisfactoriamente las funciones por los que fueron seleccionados y así garantizar el éxito del diseño propuesto en este trabajo. Cabe destacar que gran parte de estos equipos están disponibles en la empresa ya que estos fueron adquiridos en su oportunidad para proyectos que finalmente no se ejecutaron.

Estos equipos, que ya se encuentran disponibles en la empresa, son el PLC, la pantalla HMI, el variador de frecuencia, los software de programación RSLogix 5000 y FactoryTalk View Machine Edition, columnas luminosas y cierta cantidad de sensores inductivos y finales de carrera, por lo que solamente se tendría que adquirir por importación el faltante de estos sensores y las camas de rodillo motorizadas, lo cual pudiera llevarse a cabo sin mayores inconvenientes en términos logísticos ya que no sería la primera vez que se tendrían que importar equipos provenientes directamente de estos fabricantes en los Estados Unidos, y como se mencionó anteriormente ya existe una relación comercial establecida con estos proveedores.

A su vez, la empresa cuenta con el personal técnico especializado, perteneciente a su nómina, y todo el equipamiento relacionado a software y hardware para la instalación puesta punto y arranque del diseño de esta propuesta.

Por lo anteriormente expuesto, se puede decir que esta propuesta es factible desde el punto de vista técnico ya que existen en el mercado los equipos con las prestaciones requeridas y la tecnología respectiva para la implementación de esta propuesta.

La empresa cuenta con la gran mayoría de los equipos requeridos para la propuesta de automatización y supervisión del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque al almacén de carrocerías, entre estos equipos está el controlador lógico programable con sus respectivos módulos de expansión de E/S, fuentes de alimentación y software de programación, la pantalla HMI, el variador de frecuencia, los botones, pulsadores y una parte de los sensores inductivos y finales de carrera. Las especificaciones técnicas de estos equipos se adecuan satisfactoriamente al diseño de la propuesta.

La empresa solo tiene que adquirir los sensores faltantes, así como también la totalidad de las camas de rodillo motorizadas requeridas.

## **Análisis de factibilidad operativa**

La factibilidad operativa, como ya se conoce, comprende una determinación de la probabilidad de que un proyecto se implemente y funcione como se planeó, es decir, que tanto la operación y su uso estén garantizados correctamente y esto depende de la disponibilidad del recurso humano capacitado para llevar a cabo el proyecto y operar el nuevo sistema sin que estos se resistan al cambio, de lo contrario, los usuarios pueden ignorar el sistema o bien usarlo en tal forma que cause errores o fallas.

En este sentido, si la factibilidad operacional indica que tal vez los usuarios no aceptarán el sistema o que su uso resultará en muchos errores o en una baja en la moral, el proyecto no debe implementarse.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, la compañía dispone del personal técnico y operativo altamente capacitado para la ejecución del proyecto propuesto en sus respectivas etapas, así como también para el futuro mantenimiento. Es decir, los departamentos de manufactura y mantenimiento cuentan con el personal técnico especializado, equipamiento e infraestructura necesaria para la instalación, puesta a punto y arranque de todos los equipos requeridos para llevar a cabo la propuesta de diseño que se está considerando. A su vez se cuenta tecnológicamente con el respaldo y servicio técnico de reconocidos fabricantes, como Rockwell Automation y Roach Conveyors, a través de sus representantes y distribuidores autorizados en el país y en los Estados Unidos.

En términos de escalabilidad, cabe destacar que la propuesta de diseño y los equipos de automatización seleccionados permitirán poder ampliar las capacidades del proceso o agregar otras funcionalidades a futuro, lo que dota de flexibilidad al sistema y lo más importante aún que se protege la inversión a largo plazo.

Otro aspecto importante que es preciso mencionar, es que aun cuando será automatizado todo el proceso de traslado de carrocerías desde la línea de desempaque al almacén de carrocerías, será requerida la presencia de un operador quién controlará el proceso a través de la interfaz HMI. Este operador será capacitado por los ingenieros del departamento de manufactura para tales funciones lo que garantizará la correcta operación del sistema automático.

A su vez, el personal operario apoya esta propuesta de automatización y se encuentran dispuestos a obtener nuevos conocimientos para adecuarse a el proceso automatizado de almacenamiento y a su vez están cocientes de que esto permitirá mejorar la productividad de dicho proceso y lo más importante aún, que su salud y seguridad en el trabajo ya no se verá comprometida.

Debido a la implementación de esta propuesta la cantidad de trabajadores involucrados en el proceso de desempaque final se verá reducido a la mitad y el personal excedente pasará a trabajar en otras áreas del proceso productivo sin mayores inconvenientes y en total acuerdo en donde se aprovechará de mejor forma este talento humano sin poner en riesgo su salud y seguridad laboral.

Por lo anteriormente expuesto se considera satisfactoriamente factible en términos operativos la propuesta de diseño considerada en este trabajo.

### **Análisis de factibilidad económica**

Los estudios de factibilidad económica se refieren a el análisis de los costos de los recursos técnicos, humanos y materiales contra los beneficios asociados a cada alternativa tanto para el desarrollo como para la implantación del proyecto.

Con el análisis de la relación costo/beneficio, de todos los costos y de todos los beneficios, que implica la adquisición y operación de cada sistema alternativo se identifican y se hace una comparación entre ellos. Seguidamente se comparan los costos esperados de cada alternativa con los beneficios esperados respectivamente para asegurarse de que los beneficios excedan a los costos. Después la proporción costo/beneficio de cada alternativa se compara con las proporciones costo/beneficio de las otras alternativas para identificar la alternativa que sea más atractiva en su aspecto económico.

Para los efectos de este trabajo solo se presenta una única propuesta y a dicho proyecto se le analiza la relación costo/beneficio para determinar la respectiva factibilidad económica mediante la métrica del retorno de la inversión. También es preciso mencionar, que el análisis de costos/beneficios se manejan en la moneda extranjera dólar estadounidense para simplificar la expresión de los montos manejados en dicho análisis ya que la moneda local, el bolívar, sufre una imparable pérdida de su valor en los actuales momentos.

A continuación, se muestra el cuadro 18 el cual indica los costos asociados a la adquisición de cada equipo requerido según el diseño de esta propuesta.

**Cuadro 18. Costos de los equipos requeridos para la propuesta.**

Ítem	Descripción del equipo	Cant.	Costo unitario	Costo total
1	Cama de rodillo motorizada 251CDLR-15-3-10	117	\$2.585,00	\$302.445,00
2	Sensores inductivos 872C WorldProx CC 3 cables	120	\$75,00	\$9.000,00
3	Sensores finales de carrera 802K-MALB22B	25	\$120,00	\$3.000,00
4	PLC Micrologix 1500 1764-24AWA	1	\$950,00	\$950,00
5	Módulo de expansión E/ 1769-IQ32	5	\$423,19	\$2.115,95
6	Módulo de expansión S/1769-OB32	4	\$475,14	\$1.900,56
7	PanelView Plus 1000 2711P-T10C4D1	1	\$750,00	\$750,00
8	Variador de frecuencia 4M 22F-D4P2N113	1	\$450,00	\$450,00
9	Botones/pulsadores 800T-QH2G / 800TC-FX6A5S	10	\$30,00	\$300,00
			<b>TOTAL=</b>	<b>\$320.911,51</b>

Tomado de: Catálogo digital de Allen Bradley y Roach Conveyors (2019)

Como se mencionó anteriormente, la empresa ya cuenta con la gran mayoría de los equipos de automatización necesarios y entre estos tenemos el controlador lógico programable con sus respectivos módulos de expansión de E/S, el panel operador (HMI), el variador de frecuencia, los botones pulsadores y cierta cantidad de sensores inductivos y finales de carrera. Estos equipos están completamente a la disposición para ser usados en el diseño de esta propuesta.

En el cuadro 19, se presentan los equipos en los que la empresa realmente tendría que invertir para su adquisición en función a los ya disponibles y según los requerimientos de esta propuesta.

**Cuadro 19. Costo de los equipos a adquirir para la propuesta**

Ítem	Descripción del equipo	Cant.	Costo unitario	Costo total
1	Cama de rodillo motorizada 251CDLR-15-3-10	117	\$2.585,00	\$302.445,00
2	Sensores inductivos 872C WorldProx CC 3 cables 10m	60	\$75,00	\$4.500,00
3	Sensores finales de carrera 802K-MALB22B	15	\$120,00	\$1.800,00
			<b>TOTAL=</b>	<b>\$308.745,00</b>

Tomado de: Catálogo digital de Allen Bradley y Roach Conveyors (2019)

Como se puede observar, y gracias a la disponibilidad de algunos componentes que fueron ya adquiridos en oportunidades anteriores por la empresa, el costo de la inversión en equipos necesarios tiene un valor de 308.754,00 \$, representando el 96% del costo reflejado en el cuadro 18. Lo cual sigue siendo un monto bastante significativo en comparación con el costo de los equipos que no tendrían que comprar.

Otros costos a considerar y que están asociados a cualquier proyecto de esta índole son los referidos a materiales, personas y servicios cuyos recursos también están disponibles y a la orden de esta propuesta, ya que actualmente Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., cuenta con el personal técnico especializado en su departamento de manufactura y proyectos para el respectivo levantamiento técnico, así como también, para la instalación, programación y configuración de equipos de automatización los cuales pertenecen a la nómina de la organización y laborarían en sus horarios habituales. A su vez este personal dispone de las respectivas herramientas de trabajo que corresponden a software, hardware y herramientas especializadas para desarrollar satisfactoriamente sus actividades.

Por lo anteriormente expuesto, se puede decir que la procura o contratación del recurso humano, de los servicios y de los materiales asociados al diseño de esta propuesta no es necesaria, porque la empresa ya dispone de todo ello. Esto significa que la empresa no tiene la necesidad de realizar una inversión adicional en términos de servicios, materiales y mano de obra especializada para el desarrollo de este proyecto.

Una vez que se han establecido los costos de inversión concernientes al desarrollo de esta propuesta se procederá con el respectivo estudio en términos de retorno de la inversión a fin de determinar si es factible económicamente el desarrollo de dicha propuesta.

Es preciso mencionar que el análisis realizado para estimar los beneficios que se obtendrían tras la implementación de esta propuesta está fundamentado básicamente en la métrica Return on Investment (ROI) o Retorno de la Inversión. Este índice es una medida común y generalizada que es utilizada para evaluar la rentabilidad prevista en diferentes inversiones antes de que se consideren oportunidades de inversión serias, como ocurre en este estudio de factibilidad económica.

Por lo general, la utilidad neta de las empresas ensambladoras automotrices de esta naturaleza, es superior al 70% de la ganancia bruta que les genera cada unidad producida.

En este sentido el valor aproximado de la utilidad neta que maneja la empresa, ya que no se pretende revelar esta información financiera, ronda los 250\$ por cada vehículo producido.

Actualmente, la producción de vehículos se encuentra en 70 unidades diarias en un turno de trabajo de ocho horas, y con la implementación de esta propuesta de automatización se espera que este volumen de producción se incremente entre 80 y 85 unidades diarias, dependiendo del modelo que se esté ensamblando. Porcentualmente este incremento en la producción ronda entre el 14-21%, lo que es igual a decir, que se incrementaría la producción anual entre 2600 y 3900 unidades.

Cabe destacar que estas unidades adicionales, según los estudios del departamento de comercialización y mercadeo, serán absorbidas satisfactoriamente por la gran demanda actual del mercado nacional lo que garantiza las ventas de estas unidades.

En el cuadro 20, se compara la utilidad neta que se lograría con la implementación de esta propuesta contra la utilidad neta actual que percibe la compañía a razón de 80 y 70 unidades diarias respectivamente.

**Cuadro 20. Incremento en la utilidad neta a razón de 70 y 80 unidades diarias**

	<b>Producción/día</b>	<b>Utilidad Neta/Und</b>	<b>Utilidad Neta/día</b>
<b>Actualmente</b>	70	\$250,00	\$17.500,00
<b>Propuesta de Automatización</b>	80	\$250,00	\$20.000,00
<b>↳ Incremento en la utilidad neta por día @80 unidades</b>			<b>\$2.500,00 (14%) ↑</b>

Tomado de: Rafael Farfán

El cuadro anterior refleja el incremento de \$2.500,00 diarios por las 10 unidades adicionales que se producirían al implementar esta propuesta de automatización por lo que se estaría elevando la producción de 70 a 80 unidades diarias en un solo turno de trabajo.

A continuación, se muestra el gráfico 9 que permite observar, en un periodo de tiempo, el retorno de la inversión en función a la utilidad neta obtenida, solamente, de las 10 unidades adicionales que se producirían con la implementación de esta propuesta.



**Gráfico 9. Retorno de la inversión con la utilidad neta de 10 unidades adicionales producidas por día.** Tomado de: Farfán (2019)

Este gráfico permite visualizar que en la semana número 25 de producción, una vez implementada esta propuesta de automatización, la utilidad neta acumulada supera el costo de inversión obteniéndose una utilidad neta acumulada de \$312.500,00., es decir, que en la semana 25 o en aproximadamente seis meses, ya se recuperaría el costo total de la inversión e inclusive se obtendría una ganancia de la inversión del 1,22% (\$3.755,00). Ganancia que al año o 52 semanas se incrementaría a un 110,53% (\$341.255,00) y cabe destacar que esta ganancia neta se obtendría únicamente con la utilidad de 10 unidades adicionales que se producirían y en un solo turno de trabajo al implementar esta propuesta de automatización.

Seguidamente se aplica el mismo análisis presentado anteriormente, pero con una producción adicional de 15 unidades diarias que se lograrían al aplicar esta propuesta de automatización y que sería el mejor escenario para la compañía lo cual elevaría el volumen de producción de 70 a 85 unidades por día. Cabe recordar que esta variación de 10 o 15 unidades dependen de los modelos que se ensamblen y otros factores asociados al proceso productivo.

En el cuadro 21, se compara la utilidad neta que se obtendría con la propuesta de automatización versus la utilidad neta actual que percibe la empresa por unidades producidas diariamente en un turno de trabajo.

**Cuadro 21. Incremento en la utilidad neta a razón de 70 y 85 unidades diarias**

	Producción/día	Utilidad Neta/Und	Utilidad Neta/día
<b>Actualmente</b>	70	\$250,00	\$17.500,00
<b>Propuesta de Automatización</b>	85	\$250,00	\$21.250,00
<b>↳ Incremento en la utilidad neta por día @85 unidades</b>			<b>\$3.750,00 (21%) ↑</b>

Tomado de: Farfán (2019)

Los resultados del cuadro anterior, muestran un incremento en la utilidad neta por día del 21% (\$3.750,00) con respecto a la utilidad neta generada actualmente con la ejecución de esta propuesta de automatización.

Evidentemente, este sería el mejor escenario de producción tal y como se refleja en el gráfico 10, en donde el costo total de la inversión se recupera en su totalidad en la semana N° 17, e incluso se obtendría una ganancia de la inversión del 3,24% (\$10.005,00).

Al hacer una proyección para la semana 26 y anualizada, se estima que la ganancia neta sería del 57,90% (\$178.755,00) del 215,79% (\$666.255,00) sobre la inversión respectivamente.

Así como se mencionó en el caso anterior esta ganancia neta se obtendría únicamente con la utilidad de las 15 unidades adicionales que se producirían con la implementación de esta propuesta de automatización y en un solo turno de trabajo.



**Gráfico 10. Retorno de la inversión con la utilidad neta de 15 unidades adicionales producidas por día.** Tomado de: Farfán (2019)

Como se pudo observar, la estimación de los beneficios obtenidos en términos de retorno de la inversión fue calculado como era de esperarse con el 100% de la utilidad neta, únicamente, de las unidades adicionales que se producirían con la implementación de este proyecto de automatización lo cual arrojó como resultado la recuperación del costo de la inversión en un lapso no mayor a 26 semanas en el caso menos favorable que corresponde a la producción de 10 unidades diarias adicionales al volumen actual por día.

Asumiendo un escenario en el que se tendría que estimar el retorno de la inversión solamente con el 50% de la utilidad neta de las unidades adicionales que se producirían con la implementación de este proyecto, el costo de la inversión se recuperaría en la semana N° 50 cuyo tiempo aún sigue estando dentro de lo normalmente esperado para que se recupere una inversión de esta magnitud.

Evidentemente bajo este hipotético escenario planteado el tiempo del retorno de la inversión se extendería a un año y las ganancias respectivas en comparación con los casos anteriormente disminuirían lo que, dependiendo de la estrategia de negocio de la empresa, esto pudiera o no convenir.

Sin embargo, en cualquiera de los escenarios planteados anteriormente la relación costo/beneficio indica que es factible desde el punto de vista económico a corto, mediano y largo plazo la implementación de esta propuesta de automatización.

En términos económicos este proyecto se puede decir que es factible ya que por tratarse de una empresa manufacturera del rubro automotriz y su robustez en cuanto a los volúmenes de producción que se manejan y a su vez, la demanda de vehículos en la actualidad permite que una inversión de esta magnitud pueda generar ganancias, dependiendo de la estrategia de negocio de la empresa, a corto, mediano o largo plazo.

Cabe destacar que los resultados obtenidos con respecto a la rentabilidad de la inversión para automatizar el proceso de almacenamiento corresponden a la operatividad de la planta en un solo turno de trabajo y si a futuro se decidiera abrir un segundo turno de trabajo y porque no pensar en un tercer turno de trabajo, el retorno de la inversión sería a muy corto plazo.

## **Análisis de factibilidad social**

Todo proyecto de proceso productivo afecta a la comunidad, ya sea porque le ofrece elementos que necesita o que desea, o porque modifica el entorno de la sociedad, mejorando o deteriorando las condiciones en que desarrolla sus actividades, lo que determina el grado de aceptación y apoyo por parte de la comunidad.

En este sentido, la ejecución de esta propuesta de automatización se considera sociológicamente factible ya que no se deterioran las condiciones en que se desarrolla la vida de tales comunidades más por el contrario se mejorarán los indicadores de salud y seguridad de los trabajadores y sus conocimientos en el ámbito profesional porque serán capacitados para operar los nuevos equipos y el proceso en general, por lo tanto, la comunidad interna de la empresa apoya esta mejora planteada.

## **Factibilidad institucional**

La empresa Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., tiene un único accionista, por lo cual es autónomo en sus decisiones tanto administrativas como operativas. Motivo por el cual esta propuesta de automatización no requiere de ningún cambio relevante a nivel institucional y tampoco demanda ser sometido a valoraciones por partes interesadas. Que se lleve a cabo la implementación de este proyecto quedará a cargo de los dueños de la organización. En este orden de ideas se puede afirmar que esta propuesta de automatización es factible en términos institucionales.

## **Factibilidad legal**

Este estudio evalúa si esta propuesta de automatización no infringe alguna norma o ley establecida a nivel local, municipal, estatal e inclusive mundial. En este sentido, cabe destacar que este proyecto está estrechamente apegado a la norma técnica para el control en la manipulación, levantamiento y traslado manual de cargas creada por INPSASEL, en donde se establece que el peso máximo para manipulación de carga en movimientos repetitivos para los hombres no debe superar los 14 kilogramos.

Así mismo, esta norma técnica también indica que las operaciones de empuje y arrastre manual de cargas no podrán ejecutarse fuera de las zonas de manipulación establecidas en dicha normativa y tampoco sobre pasar las capacidades físicas de los trabajadores, aseverando que tales operaciones deben realizarse con apoyo firme de los pies para facilitar el movimiento y a su vez, no sea comprometida la salud y seguridad del trabajador.

En este orden de ideas, esta propuesta de automatización, aparte de incrementar la eficiencia del proceso productivo también busca mitigar los factores de riesgos disergonómicos que afecten la salud y seguridad del trabajador en concordancia con lo establecido en la normativa técnica antes mencionada, por lo que se puede asegurar que este proyecto no solo es factible legal y normativamente, sino que es ineludible para la compañía a fin de evitar sanciones por parte del órgano correspondiente.

### **Factibilidad ecológica**

La factibilidad ecológica considera las características naturales del lugar y/o de la región e identifica, además, los ordenamientos, normas y regulaciones ambientales u otros factores que puedan influir en la selección del lugar para la conveniencia del proyecto.

Con respecto a lo antes planteado, el desarrollo de esta propuesta de automatización del proceso de almacenamiento de las carrocerías desde la línea de desempaque final hasta al almacén de carrocerías, no tiene ningún impacto medio ambiental más allá del consumo de energía eléctrica requerida, que como se conoce el origen de este recurso es mayormente hidroeléctrico. A su vez, esta propuesta de automatización, no conlleva en el proceso a ninguna fuente de emisiones de gases o algún otro desecho que pudiera afectar el medio ambiente. Motivo por el cual esta propuesta es considerada factible desde el punto de vista ecológico.

### **Limitaciones**

Venezuela es un país que atraviesa la peor crisis económica de su historia y con muy pocas expectativas de recuperación económica a corto plazo y sin que se vislumbre una voluntad política decisiva para diseñar e implementar un programa económico de recuperación, que

atienda los desequilibrios macroeconómicos, las distorsiones de los precios y la disfuncionalidad de sus instituciones.

En consecuencia, la industria nacional del ensamblaje automotriz se ha visto severamente afectada con una caída abismal de su producción sin precedentes, sin embargo, Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., en el marco de convenios con el estado venezolano, ha sido una de las pocas empresas del ramo que han estado produciendo en los últimos cinco años, aun cuando también, se ha visto afectada por la fuerte crisis económica que cruza el país. Por lo que su limitada producción es absorbida vorazmente por el mercado nacional lo que garantiza un flujo de caja positivo.

No obstante, en un escenario donde finalizaran estos convenios o bajarán los volúmenes de producción supondría una negativa para invertir en esta propuesta.

## **CONCLUSIONES**

La información que se obtuvo con la técnica basada en la observación directa estructurada concuerda en gran medida con los resultados encontrados en la aplicación de la encuesta escrita al grupo de trabajadores del área, lo que asevera la concordancia de lo observado con la realidad del proceso.

De los resultados obtenidos se determinó, que las funcionalidades de los equipos instalados actualmente, tales como las mesas de rodillos convencionales y el carro transportador-elevador, no están siendo explotadas en su máxima capacidad ya que estos equipos son operados y controlados de forma manual con el agravante de que ya presentan un cierto grado de deterioro prematuro, producto de la manera en que se manejan.

La condición actual en la que se maneja el proceso de traslado y almacenamiento de las carrocerías, la cual es manual, genera imprecisiones y deficiencias operativas que humanamente son difíciles de corregir. Esto repercute negativamente en mayores costos operativos ya que se requiere de un mayor número de personas para laborar en el área y extender la jornada laboral para tratar de compensar, de alguna manera, las deficiencias del proceso y cumplir limitadamente con la cuota de almacenamiento de carrocerías mínima requeridas para la producción del día.

Adicionalmente, la empresa es sancionada monetariamente por el ente aduanal debido al vencimiento del plazo de permanencia establecido para los contenedores en los almacenes del puerto ya que, por la naturaleza propia del proceso, actualmente se dificulta poder cumplir con estos tiempos.

Debido al desgaste prematuro de los equipos y en consecuencia un deficiente funcionamiento, en vez de facilitar las operaciones de desempaque y almacenamiento, en ocasiones, las vuelve engorrosas lo que propicia el uso de herramientas y operaciones improvisadas que producen daños a las carrocerías por abolladuras y deterioro de la pintura durante su manipulación y al mismo tiempo comprometen la salud y seguridad del trabajador.

El conjunto de operaciones de desempaque final y el almacenamiento de las carrocerías generan un cuello de botella en el proceso productivo y aun cuando de alguna u otra forma se ha tratado de mitigar esta condición indeseada, bien sea incorporando más personal en el área o aumentando la cantidad de horas laborables, el esfuerzo no es suficiente para que dicho proceso responda en el tiempo oportuno a los requerimientos de la producción.

No existe una metodología o criterio establecido para almacenar las carrocerías en el bodywarehouse, y a su vez, la falta de un control supervisorio en tiempo real que permita planificar la producción y disposición de materiales en función de las carrocerías presentes en el bodywarehouse, ha generado deficiencias en la entrega de las carrocerías a la línea de ensamblaje final y esto ha provocado paradas de planta con tiempo considerables que se traducen en hasta más de 10 unidades menos producidas en un turno de trabajo.

En el mismo orden de ideas, se determinó que las operaciones dentro del bodywarehouse se llevan a cabo bajo condiciones de extrema peligrosidad, pues los andenes no cuentan con un piso de apoyo firme y estable en la cual el trabajador pueda ejercer de forma segura la fuerza de empuje o arrastre para el traslado de las carrocerías y esta condición peligrosa de operación se agrava más cuando se están almacenando las carrocerías en la parte superior del bodywarehouse.

Las operaciones realizadas durante el proceso de desempaque final y almacenamiento de las carrocerías, son completamente repetitivas para cada carrocería lo cual es un aspecto a favor para considerar la automatización de dicho proceso. Lo que incidirá en la reducción de costos operativos, costes asociados a suministros y stock e incrementará la velocidad y confiabilidad del proceso. Adicionalmente, se incrementaría la seguridad del personal mitigando todas las condiciones peligrosas e inseguras a los que se ven sometidos los trabajadores del área.

Se diseñó una propuesta de automatización y control supervisorio para el proceso de traslado de las carrocerías por la línea de desempaque final hasta cada uno de los andenes del bodywarehouse con la finalidad de eliminar los tiempos muertos, cuellos de botella, los costos operativos asociados y el fallo de la intervención humana en el proceso de traslado, lo cual se traduce en el aumento tanto de la eficiencia operativa como de la confiabilidad del proceso. A su vez, se disminuyen considerablemente los factores de riesgos disergonómicos a los que actualmente están sometidos los trabajadores ya que su labor estaría limitada únicamente a las operaciones de desempaque de las carrocerías.

Adicionalmente, se definieron las diferentes etapas del proceso que el PLC deberá controlar, así como también la información relevante que podrá visualizarse en la pantalla HMI como las acciones de control respectivas. En este sentido, se estableció la extensión de la información de la gestión del almacenamiento a un monitor ubicado en el departamento de materiales para que permita de forma más eficiente planificar la disposición de los materiales en la línea de ensamblaje final.

La propuesta es factible desde el punto de vista técnico ya que los equipos y software requeridos para el diseño de la propuesta de automatización y supervisión están disponibles en el mercado y cuentan con el respectivo respaldo tecnológico por reconocidos fabricantes e inclusive gran parte de estos equipos están disponibles en la empresa.

De igual forma es factible operacionalmente ya que la empresa dispone del recurso humano altamente capacitado, así como también, el equipamiento e infraestructura necesaria para la instalación, puesta a punto y arranque de todos los equipos requeridos. Finalmente, esta propuesta también es factible en términos económicos, ya que, aun cuando los niveles de inversión en equipos son elevados, el proceso automatizado permitirá aumentar la producción de tal manera que se comenzarían a generar ganancias dependiendo de la estrategia de negocio de la empresa, a corto, mediano o largo plazo.

## **CAPITULO V**

### **LA PROPUESTA**

#### **Introducción**

A continuación, se presentará el desarrollo de la propuesta de automatización y supervisión del proceso de traslado de carrocerías desde la línea de desempaque al almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A y de esta manera cumplir con el objetivo principal del presente trabajo de grado. Seguidamente se establecerán los objetivos específicos que corresponderán a los pasos que se deberán seguir para alcanzar el desarrollo de esta propuesta. Además, se estará presentando la respectiva justificación en donde se expondrán las razones por las cuales se está realizando este proyecto y a su vez, el estudio de la disponibilidad de los recursos necesarios para la consecución del mismo.

#### **Justificación**

Como se evidenció anteriormente, aun cuando la capacidad instalada de la línea de ensamblaje permite manejar mayores volúmenes de fabricación, en un solo turno de trabajo, con respecto al que se maneja actualmente, el proceso de almacenamiento impide que se llegue a tales niveles de producción y a su vez incrementa los costos operativos y otros gastos asociados como sanciones económicas provenientes del ente aduanal por sobre tiempo en la permanencia de los contenedores en los almacenes del puerto, entre otros gastos que bien pudieran evitarse si se contara con un proceso de traslado y almacenamiento de carrocerías más eficiente lo cual puede lograrse mediante un proceso automatizado y en lo que se aprovecharían, en su máxima capacidad, los medios técnicos y equipos existentes e instalados.

Adicionalmente, las operaciones asociadas al proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque al bodywarehouse comprometen la salud y seguridad del trabajador ya que estos se ven sometidos a ciclos de trabajo repetitivos en lo que se requiere del uso de la

fuerza humana para empujar y arrastrar las carrocerías durante el proceso de traslado y anudado a esto el deficiente desempeño de las mesas de rodillos y demás equipos que en vez de facilitar el traslado incrementan el esfuerzo físico requerido, obligando a adoptar posturas fuera de las zonas ideales de manipulación manual de carga las cuales sobrecargan el sistema musculoesquelético del trabajador generando fatiga física

Por lo anteriormente expuesto, el proceso actual de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque al bodywarehouse generan un entorno de trabajo peligroso derivado de las condiciones disergonómicas existentes en cada una de las operaciones. Por lo que el trabajador expuesto a este ambiente de trabajo ha desarrollado lesiones y se ha visto afectada su salud y seguridad laboral.

Por tal motivo, la siguiente propuesta de automatización y control supervisorio brindará una solución que permitirá incrementar la producción diaria de unidades de forma eficaz y eficiente, aprovechando la máxima capacidad instalada tanto de la línea de ensamblaje como del bodywarehouse, gracias a una mejor gestión del proceso de traslado y almacenamiento de las carrocerías. Adicionalmente dará solución a la problemática planteada en términos de salud y seguridad laboral ofreciendo condiciones del ambiente de trabajo en las que se minimice el riesgo de desarrollar patologías músculo-esqueléticas derivadas de la manipulación manual de cargas.

## **Objetivos de la Propuesta**

### **Objetivo General**

Desarrollar la propuesta de un sistema de control automático y supervisorio del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.

### **Objetivos Específicos**

Diseñar la lógica de control para la automatización del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.

Diseñar las pantallas del HMI para la supervisión y control del proceso automatizado del traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.

Determinar el hardware de instrumentación, control y supervisión para la automatización del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A.

### **Desarrollo de la Propuesta**

A continuación, se desarrollará la propuesta de automatización y supervisión del proceso de traslado de carrocerías desde la línea de desempaque final al almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A., siguiendo lo establecido en los objetivos específicos que se mencionaron anteriormente, pero antes se describirá el proceso operativo en todas sus etapas, con la finalidad de establecer la memoria descriptiva, detallando las condiciones y acciones presentes a lo largo del mismo para el desarrollo de la lógica de control del PLC seleccionado y el diseño de la aplicación de la pantalla HMI. Así como también, establecer los requerimientos de dispositivos presentes y sus respectivas funciones en el proceso.

Una vez conocido el funcionamiento operativo e identificadas las variables a controlar y monitorear del proceso, se procederá con el diseño de la lógica de control el cual se representará esquemática a través de un diagrama de flujo en donde se visualizarán las fases que conforman la secuencia de operaciones. Esto permitirá ir conociendo las características de las entradas y salidas que manejará el sistema de control propuesto.

Seguidamente se describirán detalladamente las características y funciones de los equipos requeridos para la propuesta de automatización y supervisión, considerando la selección realizada en el estudio de la factibilidad técnica en el capítulo IV. Así mismo, otras informaciones de interés y necesarias para el desarrollo satisfactorio de esta propuesta se expondrán en el siguiente capítulo y de esta manera dar inicio al cumplimiento de los objetivos específicos de esta propuesta.

## **Diseño de la lógica de control para la automatización del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse**

Para el diseño de la lógica de control, primeramente, se elaborará la memoria descriptiva del proceso con el fin de identificar los diferentes pasos que conforman la secuencia de operación de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final hasta el bodywarehouse. Luego se determinarán las variables de entrada y salida para finalmente construir el diagrama de flujo de la lógica de control del proceso la cual servirá de base para realizar el programa que se ejecutará en el PLC en el momento que está propuesta sea implementada

Con la finalidad de facilitar la comprensión del proceso, este se dividió en tres etapas las cuales se abordarán según la secuencia con la que se llevan a cabo tales operaciones.

### **Línea de desempaque final**

En la antesala a la línea de desempaque final se encuentra una mesa giratoria motorizada con capacidad de carga de dos carrocerías, que es la encargada de hacer el trasbordo y direccionar las carrocerías que vienen de la línea de descontenerización hacia la línea de desempaque final ya que ambas líneas están dispuestas a noventa grados entre sí.

Una vez que la mesa giratoria admite las carrocerías y luego gira a 90 grados, en sentido horario, para alinearse con la línea de desempaque final, son transferidas las carrocerías una a una, a través de la mesa de rodillos motorizada que tiene incorporada, a la primera estación de desempaque final siempre y cuando no esté dicha estación ocupada por otra carrocería. Cabe destacar que la mesa giratoria es operada a través de un tablero de control por el trabajador.

Para los efectos del diseño de la lógica de control este proceso previo es fundamental para determinar el arranque automatizado de la línea de desempaque final por lo que se tomarán las señales de presencia de carrocería, posicionamiento de la mesa giratoria y la señal de avance para como complemento en esta fase de arranque. El inicio del proceso automatizado estará determinado por la señal de avance de la carrocería desde la mesa giratoria y la disponibilidad o vacancia de la primera estación de la línea de desempaque.

Una vez completada la transferencia de la carrocería hacia la primera estación, esta no avanzará a la siguiente hasta que el operador, teóricamente, termine de retirar el material respectivo lo cual se le indicará al sistema cuando sea oprimido el botón de avance colocado en dicho puesto de trabajo y estrictamente la siguiente estación se encuentre vacante. Del mismo modo irán avanzando las carrocerías hasta llegar a la cuarta y última estación de la línea de desempaque.

Como se definió en capítulos anteriores, el proceso de desempaque final se conforma por cuatro puestos de trabajo que se encargan de extraer el material Skd que viene empacado dentro de los body, y en cada puesto se plantea sustituir las mesas de rodillos convencionales por mesas de rodillos motorizadas para que a través de estas se traslade de forma automática las carrocerías sin la intervención física del operador para movilizarlas. Cada estación de trabajo dispondrá de un par de botones los cuales corresponderán a los mandos de avance y parada de emergencia que el operador podrá ejecutar. A su vez, cada mesa de rodillos motorizada estará equipada con un sensor de presencia para la detección o no de carrocerías y de esta manera controlar el posicionamiento y avance respectivo.

A continuación, se describirán sistemáticamente las condiciones y acciones que intervienen las diferentes estaciones de esta etapa del proceso y a su vez los dispositivos de control involucrados en este.

### **Estación 1. Transferencia de la carrocería desde la Mesa giratoria a la Estación 1.**

Este proceso consiste en el trasbordo de las carrocerías, a través de la mesa giratoria, desde la línea de descontenerización hacia la estación 1 de la línea de desempaque final. En el cuadro 22 se detallan las condiciones y acciones de esta etapa del proceso.

**Cuadro 22. Condiciones y acciones para transferencia de la carrocería a la estación 1**

Tipo	Nombre	Descripción
Condición	Presencia de carrocería en la mesa giratoria	El sistema verifica primeramente que exista una carrocería disponible en la mesa giratoria, a través de un sensor de presencia (LS1) ubicado en los rodillos motorizados de dicho equipo.
Acción	Avance de la carrocería hacia la estación 1	Esta instrucción es dada al sistema a través de un botón pulsador (BP1), ubicado en el tablero de control de la mesa giratoria, el cual arranca el proceso de transferencia hacia la estación 1.
Condición	Alienación de mesa giratoria con línea de desempaque final	El sistema debe comprobar que la mesa giratoria está alineada con la línea de desempaque final lo cual será monitoreado por medio de un sensor de posición (LS2) en la mesa giratoria
Condición	Vacancia en la estación 1	Finalmente, antes de iniciar el proceso de transferencia el sistema revisará también, que la estación de destino esté vacante cuya información la suministrará un sensor de presencia (LS3) ubicado en la estación 1.
Acción	Activación de rodillos motorizados mesa giratoria	Una vez presente las condiciones anteriores, se activará el sistema motor reductor eléctrico (M1) que acciona los rodillos de la mesa giratoria para iniciar el proceso de transferencia de la carrocería hacia la estación 1.
Acción	Activación de rodillos motorizados estación 1	Simultáneamente, se activará el sistema motor reductor eléctrico (M2) que acciona los rodillos de la estación 1 para recibir a la carrocería proveniente de la mesa giratoria.
Condición	Presencia y posicionamiento de carrocería en la estación 1	Por medio del sensor de presencia (LS3) debidamente ubicado en la mesa de rodillos y al hacer contacto la carrocería con este se desactivará el sistema motor reductor eléctrico (M2), que acciona los rodillos de la estación 1, para quedar la carrocería correctamente posicionada.
Condición	Ausencia de carrocería sobre los rodillos motorizados de la mesa giratoria	Por medio del sensor LS1 se detecta que no hay carrocería en la mesa giratoria.
Acción	Desactivación de rodillos motorizados mesa giratoria	Una vez que el sensor de presencia (LS1) no detecte la carrocería sobre los rodillos de la mesa giratoria, se desactivará el sistema motorreductor eléctrico (M1) que acciona estos rodillos y la mesa giratoria podrá volver a su posición inicial.

Tomado de: Farfán (2019)

## Estación 2. Transferencia de la carrocería desde la Estación 1 a la Estación 2

En esta etapa, cuando el operador culmina sus operaciones respectivas de desempaque en la estación 1, este libera la carrocería para que continúe hasta la siguiente estación de desempaque. En el cuadro 23 se muestran los pasos de esta etapa.

**Cuadro 23. Condiciones y acciones transferencia de la carrocería hacia la estación 2.**

Tipo	Nombre	Descripción
Condición	Liberación de la carrocería	Cuando el operador culmina sus operaciones respectivas de desempaque en la estación 1, este libera la carrocería para que continúe hasta la siguiente estación de desempaque.
Acción	Avance de la carrocería hacia la estación 2	Esta instrucción se le indica al sistema mediante un botón pulsador (BP2), ubicado en la estación 1, que el operador oprime cuando concluye su operación de desempaque y envía la carrocería hacia la estación 2
Condición	Presencia de carrocería en estación 1	El sistema verificará la disponibilidad de carrocería en la estación 1 mediante el sensor de presencia (LS3) ubicado en dicha estación de trabajo.
Condición	Vacancia en la estación 2	El sistema chequeará que la próxima estación de destino esté disponible para recibir una carrocería lo cual será mediante un sensor de presencia (LS4) ubicado en la mesa de rodillos de la estación 2.
Acción	Activación de rodillos motorizados estación 1	Una vez verificado el cumplimiento de las condiciones anteriores para el avance, es activado el sistema motorreductor eléctrico (M2) que acciona los rodillos de la estación 1 para iniciar el proceso de transferencia.
Acción	Activación de rodillos motorizados estación 2	Simultáneamente al estado 2.4, se activa el sistema motorreductor eléctrico (M3) que acciona los rodillos de la estación 2 para recibir la carrocería proveniente de la estación 1.
Condición	Presencia y posicionamiento de la carrocería en estación 2	A través del sensor de presencia (LS4) debidamente ubicado en la mesa de rodillos de la estación 2 y una vez la carrocería haga contacto con este, se desactivará el sistema motorreductor eléctrico (M3), que acciona los rodillos de la estación 2, quedando la carrocería correctamente posicionada.
Acción	Desactivación de rodillos motorizados estación 1	Una vez que el sensor de presencia (LS3) del proceso 2.2 no detecte la carrocería sobre los rodillos de la estación 1, dicha señal desactivará el sistema motorreductor eléctrico (M2) que acciona estos rodillos quedando disponible dicha estación para recibir otra unidad.

Tomado de: Farfán (2019)

### Estación 3. Transferencia de la carrocería desde la Estación 2 a la Estación 3.

En esta fase, cuando el operador culmina sus operaciones respectivas de desempaque en la estación 2, libera la carrocería para que esta continúe hasta la siguiente estación de desempaque. En el cuadro 24 se muestran los pasos de esta etapa.

**Cuadro 24. Condiciones y acciones transferencia de la carrocería hacia la estación 3.**

Tipo	Nombre	Descripción
Condición	Liberación de la carrocería	Cuando el operador culmina sus operaciones respectivas de desempaque en la estación 2, libera la carrocería para que esta continúe hasta la siguiente estación de desempaque.
Acción	Avance de la carrocería hacia la estación 3	Esta instrucción se le indica al sistema mediante un botón pulsador (BP3), ubicado en la estación 2, que el operador oprime cuando concluye su operación de desempaque y envía la carrocería hacia la estación 3
Condición	Presencia de carrocería en estación 2	Una vez recibida la señal de avance (BP3) del proceso 3.1, seguidamente el sistema verificará la disponibilidad de carrocería en la estación 2 mediante el sensor de presencia (LS4) ubicado en dicha estación de trabajo.
Condición	Vacancia en la estación 3	Adicionalmente al proceso 3.2, el sistema chequeará que la próxima estación de destino esté disponible para recibir una carrocería lo cual será mediante un sensor de presencia (LS5) ubicado en la mesa de rodillos de la estación 3.
Acción	Activación de rodillos motorizados estación 2	Una vez verificado el cumplimiento de las condiciones anteriores para el avance, es activado el sistema motorreductor eléctrico (M3) que acciona los rodillos de la estación 2 para iniciar el proceso de transferencia.
Acción	Activación de rodillos motorizados estación 3	Simultáneamente al estado 3.4, se activa el sistema motorreductor eléctrico (M4) que acciona los rodillos de la estación 3 para recibir la carrocería proveniente de la estación 2.
Condición	Presencia y posicionamiento de la carrocería en estación 3	A través del sensor de presencia (LS5) debidamente ubicado en la mesa de rodillos de la estación 3 y una vez la carrocería haga contacto con este, se desactivará el sistema motorreductor eléctrico (M4), que acciona los rodillos de la estación 3, quedando la carrocería correctamente posicionada.
Acción	Desactivación de rodillos motorizados estación 2	Una vez que el sensor de presencia (LS4) del proceso 3.2 no detecte la carrocería sobre los rodillos de la estación 2, dicha señal desactivará el sistema motorreductor eléctrico (M3) que acciona estos rodillos quedando disponible dicha estación para recibir otra unidad.

Tomado de: Farfán (2019)

#### Estación 4. Transferencia de la carrocería desde la Estación 3 a la Estación 4.

Cuando el operador culmina sus operaciones respectivas de desempaque en la estación 3, procede con la liberación de la carrocería para que esta continúe hasta la siguiente y última estación de desempaque. En el cuadro 25 se muestran los pasos correspondientes a esta etapa.

**Cuadro 25. Condiciones y acciones transferencia de la carrocería hacia la estación 4.**

Tipo	Nombre	Descripción
Condición	Liberación de la carrocería	Cuando el operador culmina sus operaciones respectivas de desempaque en la estación 3, libera la carrocería para que esta continúe hasta la siguiente y última estación de desempaque.
Acción	Avance de la carrocería hacia la estación 4	Esta instrucción se le indica al sistema mediante un botón pulsador (BP4), ubicado en la estación 3, que el operador oprime cuando concluye su operación de desempaque y envía la carrocería hacia la estación 4
Condición	Presencia de carrocería en estación 3	Una vez recibida la señal de avance (BP4) del proceso 4.1, seguidamente el sistema verificará la disponibilidad de carrocería en la estación 3 mediante el sensor de presencia (LS5) ubicado en dicha estación de trabajo.
Condición	Vacancia en la estación 4	Adicionalmente al proceso 4.2, el sistema chequeará que la próxima estación de destino esté disponible para recibir una carrocería lo cual será mediante un sensor de presencia (LS6) ubicado en la mesa de rodillos de la estación 4.
Acción	Activación de rodillos motorizados estación 3	Una vez verificado el cumplimiento de las condiciones anteriores para el avance, es activado el sistema motorreductor eléctrico (M4) que acciona los rodillos de la estación 3 para iniciar el proceso de transferencia.
Acción	Activación de rodillos motorizados estación 4	Simultáneamente al estado 4.4, se activa el sistema motorreductor eléctrico (M5) que acciona los rodillos de la estación 4 para recibir la carrocería proveniente de la estación 3.
Condición	Presencia y posicionamiento de la carrocería en estación 4	A través del sensor de presencia (LS6) debidamente ubicado en la mesa de rodillos de la estación 4 y una vez la carrocería haga contacto con este, se desactivará el sistema motorreductor eléctrico (M5), que acciona los rodillos de la estación 4, quedando la carrocería correctamente posicionada.
Acción	Desactivación de rodillos motorizados estación 3	Una vez que el sensor de presencia (LS5) del proceso 4.2 no detecte la carrocería sobre los rodillos de la estación 3, dicha señal desactivará el sistema motorreductor eléctrico (M4) que acciona estos rodillos quedando disponible dicha estación para recibir otra unidad.

Tomado de: Farfán (2019)

Como se puede evidenciar, esta primera etapa estará conformada básicamente por un proceso de transferencia de cuatro estaciones, que comprenden el traslado de la carrocería desde la mesa giratoria hasta la estación que precede al carro transportador elevador. Cabe destacar que los sensores LS1 y LS2 de presencia y de posición respectivamente que son sensores finales de carrera y el botón pulsador para activar los rodillos motorizados (M1) de la mesa giratoria, ya se encuentran instalados por lo que no se contemplaran en los requerimientos de equipos y dispositivos, pero si se debe tomar en cuenta el estado de estos dispositivos ya que son datos de entrada y salida para la lógica de control.

A continuación, se mostrará en el cuadro 26, el listado de los dispositivos de control involucrados en esta primera etapa del proceso asociados a las respectivas variables del proceso.

**Cuadro 26. Lista de entradas y salidas de la etapa de desempaque final.**

TAG	Tipo de señal	Descripción de la variable	Dispositivo de automatización
BP0	Entrada digital	Parada del proceso	Botón pulsador
BP1	Entrada digital	Arranque del proceso de transferencia desde la mesa giratoria a la estación 1	Botón pulsador
BP2	Entrada digital	Arranque del proceso de transferencia desde la estación 1 a la estación 2	Botón pulsador
BP3	Entrada digital	Arranque del proceso de transferencia desde la estación 2 a la estación 3	Botón pulsador
BP4	Entrada digital	Arranque del proceso de transferencia desde la estación 3 a la estación 4	Botón pulsador
LS1	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en mesa giratoria	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS2	Entrada digital	Detección y posicionamiento mesa giratoria	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS3	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estación 1	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS4	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estación 2	Sensor de contacto (Interruptor de posición)

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 26. Continuación Lista de entradas y salidas de la etapa de desempaque final.**

TAG	Tipo de señal	Descripción de la variable	Dispositivo de automatización
LS5	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estación 3	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS6	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estación 4	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
M1	Salida digital	Activación de los rodillos motorizados de mesa giratoria	Sistema motorreductor eléctrico
M2	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de la estación 1	Sistema motorreductor eléctrico
M3	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de la estación 2	Sistema motorreductor eléctrico
M4	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de la estación 3	Sistema motorreductor eléctrico
M5	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de la estación 4	Sistema motorreductor eléctrico

Tomado de: Farfán (2019)

## **Etapa 2. Transferencia al carro transportador-elevador y traslado hacia los andenes.**

Seguidamente, se continuará con la descripción de la segunda etapa que concierne al proceso automatizado de transferencia de las carrocerías, desde la línea de desempaque final, hacia el carro transportador-elevador para luego iniciar el traslado al andén previamente seleccionado.

En este sentido, una vez que la carrocería se encuentra en la última y cuarta estación de la línea de desempaque y el operador le indica al sistema, oprimiendo el respectivo botón pulsador, que la carrocería puede avanzar a la siguiente fase, se da inicio a una rutina de chequeo por parte del sistema de control para verificar el correcto posicionamiento del carro transportador-elevador antes de proceder.

Una vez posicionado el equipo móvil se activan los rodillos motorizados tanto de la estación final de la línea de desempaque como del carro transportador elevador para iniciar el proceso de transferencia de la carrocería. Al completar dicho proceso el operador le indicará al sistema, a través de una pantalla HMI, a que andén será enviada la carrocería para comenzar con el correspondiente despacho. Seguido a este paso, el sistema de control verifica que el andén de

destino seleccionado tenga capacidad de almacenamiento para ejecutar la instrucción. De lo contrario arrojará una alerta a través del panel HMI y no avanzará el carro transportador hasta que sea redireccionada la carrocería o hasta que se presente la vacancia en dicho andén.

Como se expuso en capítulos anteriores, este equipo móvil se compone de una mesa elevadora de tijera que es accionada a través de un sistema hidráulico para elevar o descender la carga. A su vez, el tren motriz está conformado por un sistema rueda-riel impulsado por un sistema motorreductor eléctrico. Sobre la plataforma de este equipo se encuentra una mesa de rodillos motorizada que se activa por medio de un motorreductor eléctrico.

Para efectos del entendimiento de este proceso y la lógica de control, es considerada la posición en la que este equipo está correctamente alineado con la última estación de la línea de desempaque final como la posición inicial o de origen del carro transportador-elevador en donde el mecanismo elevador de tijera está completamente contraído, es decir, la mesa de rodillos motorizada se encuentra en su posición más baja y coincidente con la estación 4.

Como se aprecia, actualmente este equipo cuenta con las configuraciones electromecánicas necesarias para llevar a cabo las funciones que le corresponden, pero tales prestaciones no pueden ser aprovechadas a su máxima capacidad y eficiencia ya que es controlado manualmente por medio de un conjunto de botoneras.

Esta propuesta pretende equipar el carro transportador-elevador con un sistema de control que permita su operación de forma automatizada y en sincronía con el resto del proceso de traslado y almacenamiento de las carrocerías a fin de aumentar la eficiencia operativa.

A continuación, se presentará en el cuadro 27 la descripción sistemáticamente de las condiciones y acciones que conforman la secuencia del proceso y a su vez los dispositivos de control involucrados en este.

**Cuadro 27. Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia hacia el carro transportador-elevador y andenes de almacenamiento.**

Tipo	Nombre	Descripción
Condición	Liberación de la carrocería	Este proceso consiste en el trasbordo de la carrocería desde la estación 4, de la línea de desempaque final, al carro transportador-elevador para el posterior traslado hacia el bodywarehouse.
Acción	Avance de la carrocería hacia el carro transportador-elevador	Una vez que el trabajador de la estación 4 termina sus respectivas operaciones, le indica al sistema mediante un botón pulsador (BP5) que la carrocería puede continuar a la siguiente etapa. Siendo esta la señal de avance que activa el proceso de transferencia.
Condición	Presencia de carrocería en la estación 4	Una vez recibida la señal de avance (BP5), el sistema de control inicia un proceso de verificación de ciertas condiciones que deben cumplirse antes para concretar la transferencia de la carrocería y la primera de esta es la disponibilidad de un body en la estación 4 a través de un sensor de presencia (LS6).
Condición	Posicionamiento horizontal del carro transportador y vertical de la mesa elevadora	Otra condición que se verifica es el posicionamiento del carro transportador-elevador para esto hay que conocer el posicionamiento horizontal del equipo lo cual será con el sensor de presencia (LS7) y la altura de la mesa respectiva con el sensor de presencia (LS8), la cual debe ser la más baja, y de esta manera comprobar la coincidencia del equipo móvil con la línea de desempaque final.
Condición	Vacancia en el carro transportador-elevador	Seguidamente, el sistema debe chequear que la mesa elevadora de rodillos motorizados esté disponible para recibir una carrocería, es decir, que este vacía. Lo cual se detectará con el sensor de presencia (LS9) colocado respectivamente en la mesa de rodillos.
Acción	Activación de rodillos motorizados de la estación 4	Una vez verificado el cumplimiento de las condiciones anteriores para el avance, es activado el sistema motor reductor eléctrico (M5) que acciona los rodillos de la estación 4 para iniciar el proceso de transferencia.
Acción	Activación de rodillos motorizados del carro transportador-elevador	Simultáneamente, se activa el sistema motor reductor eléctrico (M6) que acciona los rodillos motorizados de la mesa del carro transportador-elevador para recibir a la carrocería proveniente de la estación 4.

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 27. Continuación Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia hacia el carro transportador-elevador y andenes de almacenamiento.**

Tipo	Nombre	Descripción
Condición	Presencia y posicionamiento de la carrocería. Desactivación rodillos motorizados carro transportador-elevador	A través del sensor de presencia (LS9) debidamente ubicado en la mesa de rodillos del carro transportador -elevador y una vez la carrocería haga contacto con este, se desactivará el sistema motorreductor eléctrico (M6), que acciona los rodillos de dicho equipo, quedando la carrocería correctamente posicionada.
Acción	Desactivación de rodillos motorizados de la estación 4	Una vez que el sensor de presencia (LS6) ya no detecte la carrocería sobre los rodillos de la estación 4, dicha señal desactivará el sistema motor reductor eléctrico (M5) que acciona estos rodillos quedando disponible dicha estación para recibir otra unidad.
Acción	Traslado del carro transportador elevador hacia el andén # 1 (Planta baja)	Una vez que se desactiva (M5) y el operador, por medio del botón BP6, selecciona el andén # 1 para el envío de la carrocería y el sistema verifica a través de los sensores de presencia ubicados en cada estación de almacenamiento, que el andén seleccionado tiene capacidad para recibir una carrocería. Se inicia el traslado mediante la activación del sistema motorreductor eléctrico (M7), correspondiente al tren motriz del carro transportador-elevador que luego hará contacto con (LS10) para desactivar (M7) y quedar posicionado en el andén 1.
Acción	Traslado del carro transportador elevador hacia el andén # 2 (Planta baja)	Una vez que se desactiva (M5) y el operador, por medio del botón BP7, selecciona el andén # 2 para el envío de la carrocería y el sistema verifica a través de los sensores de presencia ubicados en cada estación de almacenamiento, que el andén seleccionado tiene capacidad para recibir una carrocería. Se inicia el traslado mediante la activación del sistema motorreductor eléctrico (M7), correspondiente al tren motriz del carro transportador-elevador que luego hará contacto con (LS11) para desactivar (M7) y quedar posicionado en el andén 2.
Acción	Traslado del carro transportador elevador hacia el andén # 3 (Planta baja)	Una vez que se desactiva (M5) y el operador, por medio del botón BP8, selecciona el andén # 3 para el envío de la carrocería y el sistema verifica a través de los sensores de presencia ubicados en cada estación de almacenamiento, que el andén seleccionado tiene capacidad para recibir una carrocería. Se inicia el traslado mediante la activación del sistema motorreductor eléctrico (M7), correspondiente al tren motriz del carro transportador-elevador que luego hará contacto con (LS12) para desactivar (M7) y quedar posicionado en el andén 3

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 27. Continuación Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia hacia el carro transportador-elevador y andenes de almacenamiento.**

Tipo	Nombre	Descripción
Acción	Traslado del carro transportador elevador hacia el andén # 4 (Planta baja)	Una vez que se desactiva (M5) y el operador, por medio del botón BP9, selecciona el andén # 4 para el envío de la carrocería y el sistema verifica a través de los sensores de presencia ubicados en cada estación de almacenamiento, que el andén seleccionado tiene capacidad para recibir una carrocería. Se inicia el traslado mediante la activación del sistema motorreductor eléctrico (M7), correspondiente al tren motriz del carro transportador-elevador que luego hará contacto con (LS13) para desactivar (M7) y quedar posicionado en el andén 4.
Acción	Traslado hacia el andén # 5 (Planta alta)	Una vez que se desactiva (M5) y el operador, por medio del botón BP10, selecciona el andén # 5 para el envío de la carrocería y el sistema verifica a través de los sensores de presencia ubicados en cada estación de almacenamiento, que el andén seleccionado tiene capacidad para recibir una carrocería. Se inicia el traslado mediante la activación del sistema motorreductor eléctrico (M7), correspondiente al tren motriz del carro transportador-elevador que luego hará contacto con (LS10) para desactivar (M7) y quedar posicionado inicialmente en el andén 1 y seguidamente activar el sistema hidráulico (M8) que elevará la mesa de rodillos motorizada hasta hacer contacto con el sensor (LS14), el cual desactiva dicho sistema, para finalmente posicionarse en el andén 5.
Acción	Traslado hacia el andén # 6 (Planta alta)	Una vez que se desactiva (M5) y el operador, por medio del botón BP11, selecciona el andén # 6 para el envío de la carrocería y el sistema verifica a través de los sensores de presencia ubicados en cada estación de almacenamiento, que el andén seleccionado tiene capacidad para recibir una carrocería. Se inicia el traslado mediante la activación del sistema motorreductor eléctrico (M7), correspondiente al tren motriz del carro transportador-elevador que luego hará contacto con (LS11) para desactivar (M7) y quedar posicionado inicialmente en el andén 2 y seguidamente activar el sistema hidráulico (M8) que elevará la mesa de rodillos motorizada hasta hacer contacto con el sensor (LS15), el cual desactiva dicho sistema, para finalmente posicionarse en el andén 6.

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 27. Continuación Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia hacia el carro transportador-elevador y andenes de almacenamiento.**

Tipo	Nombre	Descripción
Acción	Traslado hacia el andén # 7 (Planta alta)	Una vez que se desactiva (M5) y el operador, por medio del botón BP12, selecciona el andén # 7 para el envío de la carrocería y el sistema verifica a través de los sensores de presencia ubicados en cada estación de almacenamiento, que el andén seleccionado tiene capacidad para recibir una carrocería. Se inicia el traslado mediante la activación del sistema motorreductor eléctrico (M7), correspondiente al tren motriz del carro transportador-elevador que luego hará contacto con (LS12) para desactivar (M7) y quedar posicionado inicialmente en el andén 2 y seguidamente activar el sistema hidráulico (M8) que elevará la mesa de rodillos motorizada hasta hacer contacto con el sensor (LS16), el cual desactiva dicho sistema, para finalmente posicionarse en el andén 7.
Acción	Traslado hacia el andén # 8 (Planta alta)	Una vez que se desactiva (M5) y el operador, por medio del botón BP13, selecciona el andén # 8 para el envío de la carrocería y el sistema verifica a través de los sensores de presencia ubicados en cada estación de almacenamiento, que el andén seleccionado tiene capacidad para recibir una carrocería. Se inicia el traslado mediante la activación del sistema motorreductor eléctrico (M7), correspondiente al tren motriz del carro transportador-elevador que luego hará contacto con (LS13) para desactivar (M7) y quedar posicionado inicialmente en el andén 4 y seguidamente activar el sistema hidráulico (M8) que elevará la mesa de rodillos motorizada hasta hacer contacto con el sensor (LS17), el cual desactiva dicho sistema, para finalmente posicionarse en el andén 8.

Tomado de: Farfán (2019)

A continuación, se presentará el cuadro 28, cuya información complementa la descripción del proceso anterior y permitirá visualizar los dispositivos de automatización involucrados como las señales de entrada y salida que intervienen las cuales están asociadas a cada dispositivo y variable del proceso.

**Cuadro 28. Lista de entradas y salidas del proceso de transferencia hacia el carro transportador-elevador y andenes de almacenamiento.**

TAG	Tipo de señal	Descripción de la variable	Dispositivo de automatización
BP5	Entrada digital	Arranque del proceso de transferencia desde la estación 4 al carro transportador elevador.	Botón pulsador
BP6~BP13	Entrada digital	Arranque del proceso de transferencia desde el carro transportador-elevador hacia los andenes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 respectivamente.	Botón pulsador
LS7	Entrada digital	Detección y posicionamiento del carro transportador-elevador	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS8	Entrada digital	Detección y posicionamiento nivel bajo mesa de rodillos motorizada del carro transportador-elevador	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS9	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en el carro transportador-elevador.	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS10	Entrada digital	Detección y posicionamiento carro transportador-elevador en estación 1	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS11	Entrada digital	Detección y posicionamiento carro transportador-elevador en estación 2	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS12	Entrada digital	Detección y posicionamiento carro transportador-elevador en estación 3	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS13	Entrada digital	Detección y posicionamiento carro transportador-elevador en estación 4	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS14	Entrada digital	Detección y posicionamiento carro transportador-elevador en estación 5	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS15	Entrada digital	Detección y posicionamiento carro transportador-elevador en estación 6	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS16	Entrada digital	Detección y posicionamiento carro transportador-elevador en estación 7	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS17	Entrada digital	Detección y posicionamiento carro transportador-elevador en estación 8	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
M6	Salida digital	Activación de rodillos motorizados del carro transportador-elevador	Sistema motorreductor eléctrico
M7	Salida digital	Activación tren motriz del carro transportador-elevador	Sistema motorreductor eléctrico
M8	Salida digital	Activación sistema de elevación carro transportador-elevador	Sistema electrohidráulico

Tomado de: Farfán (2019)

### **Etapa 3. Transferencia al almacén de carrocerías**

En esta sección, se presentará el proceso de transferencia de las carrocerías desde el carro transportador-elevador hacia los andenes del bodywarehouse con lo cual se concluye la descripción funcional correspondiente a la propuesta de automatización presentada en este trabajo.

Es preciso mencionar que cada andén del bodywarehouse está conformado por 14 estaciones de almacenamiento y que actualmente el traslado entre cada estación es realizado a través del empuje y arrastre manual de las carrocerías como se mencionó en capítulos anteriores.

Esta propuesta pretende automatizar dicho proceso a través de la colocación de una mesa de rodillos motorizada en cada estación de almacenamiento por la que pueda irse trasladando y ubicando la carrocería siempre hacia la estación disponible más cercana de la salida de forma automática y sin la intervención humana de tal manera que a la salida de cada andén esté disponible una carrocería para el ingreso a la línea de ensamblaje.

Como se expresó en la etapa anterior, una vez que al carro transportador-elevador le es transferida una carrocería y se le indica, a través del panel HMI o el tablero de control, el andén al que tiene que hacer la transferencia, el sistema inicia las comprobaciones respectivas para luego ejecutar la primera etapa de dicha instrucción que corresponde al posicionamiento en el andén respectivo.

Una vez posicionado el carro transportador-elevador en el andén correspondiente, antes de proceder con la transferencia, el sistema verifica que la estación de almacenamiento de destino esté disponible, es decir, que no esté ocupada por otra carrocería y luego es que se inicia la transferencia a través de la activación simultánea de los rodillos motorizados, tanto del carro transportador como de la estación de almacenamiento de destino, que en este caso sería la primera estación de almacenamiento del andén en cuestión.

Al concretarse la transferencia de la carrocería hacia la primera estación de almacenamiento, el carro transportador elevador retorna inmediatamente a su posición inicial y al mismo tiempo el sistema escanea en el andén respectivo si la siguiente estación de almacenamiento está vacante para proceder con el avance de la carrocería y así sucesivamente, hasta llegar a la estación de salida del bodywarehouse o la última vacancia encontrada en dicho andén.

Cada vez que salga una carrocería hacia la línea de ensamblaje, las carrocerías presentes en el andén respectivo avanzarán un espacio de almacenamiento para ocupar la vacancia generada. Es decir, el sistema de control permanentemente estará escaneando el bodywarehouse a través de los sensores de presencia, dispuestos en cada estación de almacenamiento, y las vacancias que se generan las irá ocupando y de esta forma mantener las carrocerías agrupadas siempre hacia la salida de dicho almacén las carrocerías y evitar vacancias en estaciones intermedias.

De esta forma, se obtendría la disponibilidad inmediata de una carrocería a la salida del bodywarehouse, así como el rápido reabastecimiento del mismo, lo que garantiza la fluidez de dichas operaciones. Cabe destacar, que a través del panel HMI el usuario estará informado del monitoreo y gestión del almacenamiento en tiempo real.

En el cuadro 29, se describirán sistemáticamente las condiciones y acciones que intervienen en la secuencia del proceso de transferencia de la carrocería desde el carro transportador elevador hacia los andenes del bodywarehouse, así como también, los dispositivos de control correspondientes.

**Cuadro 29. Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia de la carrocería hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse.**

Tipo	Nombre	Descripción
Condición	Transferencia de la carrocería desde el carro transportador-elevador a los andenes del bodywarehouse	Una vez que está posicionado el carro transportador elevador en el andén correspondiente, antes de iniciar el proceso de transferencia el sistema verifica que la estación de destino este vacante para ejecutar dicha instrucción. Ya concretada la transferencia, la carrocería se irá trasladando continuamente por las estaciones de almacenamiento hasta llegar a la estación de salida o la última vacancia encontrada en el andén. Simultáneamente, el carro transportador-elevador regresa a su posición inicial.

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 29. Continuación Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia de la carrocería hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse.**

Tipo	Nombre	Descripción
Acción	Proceso de transferencia hacia el andén # 1	<p>El sistema verificará, a través del sensor de presencia LS18 ubicado en Est. 1.1 si dicha estación está vacante y puede recibir la carrocería. Una vez comprobada la condición se activan simultáneamente los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de Est. 1.1 a través del sistema motorreductor eléctrico M6 y M9 respectivamente. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS18 se detienen los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de 1.1 para quedar posicionada la carrocería. En este instante el carro transportador elevador regresa a su posición de inicio y seguidamente el sistema de control chequea si Est. 1.2 está vacante por medio del sensor de presencia LS19. De ser así, se activan los rodillos motorizados de 1.1 y 1.2 a través de los sistemas motorreductores eléctricos M9 y M10 para continuar con la transferencia hacia 1.2. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS19 se detienen los rodillos motorizados 1.2 y 1.1 para quedar posicionada la carrocería en 1.2. Esta misma rutina de chequeo y avance se irá repitiendo en cada estación con la finalidad de ir llenando el andén o cubrir la vacancia que se genera cuando sale una carrocería hacia la línea de ensamblaje.</p>
Acción	Proceso de transferencia hacia el andén # 2	<p>El sistema verificará, a través del sensor de presencia LS32 ubicado en la Est. 2.1 si dicha estación está vacante y puede recibir la carrocería. Una vez comprobada la condición se activan los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de Est. 2.1 a través del sistema motorreductor eléctrico M6 y M23 respectivamente. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS32 se detienen los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de 2.1 para quedar posicionada la carrocería. En este instante el carro transportador elevador regresa a su posición de inicio y seguidamente el sistema de control chequea si la estación 2.2 está vacante por medio del sensor de presencia LS33. De ser así, se activan los rodillos motorizados de 2.1 y 2.2 a través de los sistemas motorreductores eléctricos M23 y M24 para continuar con la transferencia hacia 2.2. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS33 se detienen los rodillos motorizados 2.2 y 2.1 para quedar posicionada la carrocería en 2.2. Esta misma rutina de chequeo y avance se irá repitiendo en cada estación con la finalidad de ir llenando el andén o cubrir la vacancia que se genera cuando sale una carrocería hacia la línea de ensamblaje.</p>

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 29. Continuación Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia de la carrocería hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse.**

Tipo	Nombre	Descripción
Acción	Proceso de transferencia hacia el andén # 3	<p>El sistema verificará, a través del sensor de presencia LS46 ubicado en la Est. 3.1 si dicha estación está vacante y puede recibir la carrocería. Una vez comprobada la condición se activan simultáneamente los rodillos motorizados tanto del carro transportador elevador como de Est. 3.1 a través del sistema motorreductor eléctrico M6 y M37 respectivamente. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS46 se detienen los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de 3.1 para quedar posicionada la carrocería. En este instante el carro transportador elevador regresa a su posición de inicio y seguidamente el sistema de control chequea si Est. 3.2 está vacante por medio del sensor de presencia LS47. De ser así, se activan los rodillos motorizados de 3.1 y 3.2 a través de los sistemas motorreductores eléctricos M37 y M38 para continuar con la transferencia hacia 3.2. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS47 se detienen los rodillos motorizados 3.2 y 3.1 para quedar posicionada la carrocería en 3.2. Esta misma rutina de chequeo y avance se irá repitiendo para cada estación con la finalidad de ir llenando el andén o cubrir la vacancia que se genera cuando sale una carrocería hacia la línea de ensamble.</p>
Acción	Proceso de transferencia hacia el andén # 4	<p>El sistema verificará, a través del sensor de presencia LS60 ubicado en Est. 4.1 si dicha estación está vacante y puede recibir la carrocería. Una vez comprobada la condición se activan simultáneamente los rodillos motorizados tanto del carro transportador elevador como de Est. 4.1 a través del sistema motorreductor eléctrico M6 y M51 respectivamente. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS60 se detienen los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de 4.1 para quedar posicionada la carrocería. En este instante el carro transportador elevador regresa a su posición de inicio y seguidamente el sistema de control chequea si la estación 4.2 está vacante por medio del sensor de presencia LS61. De ser así, se activan los rodillos motorizados de 4.1 y 4.2 a través de los sistemas motorreductores eléctricos M51 y M52 para continuar con la transferencia hacia 4.2. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS61 se detienen los rodillos motorizados 4.2 y 4.1 para quedar posicionada la carrocería en 4.2. Esta misma rutina de chequeo y avance se irá repitiendo para cada estación con la finalidad de ir llenando el andén o cubrir la vacancia que se genera cuando sale una carrocería hacia la línea de ensamble.</p>

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 29. Continuación Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia de la carrocería hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse.**

Tipo	Nombre	Descripción
Acción	Proceso de transferencia hacia el andén # 5	<p>El sistema verificará, a través del sensor de presencia LS74 ubicado en Est. 5.1 si dicha estación está vacante y puede recibir la carrocería. Una vez comprobada la condición se activan simultáneamente los rodillos motorizados tanto del carro transportador elevador como de la Est. 5.1 a través del sistema motorreductor eléctrico M6 y M65 respectivamente. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS74 se detienen los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de 5.1 para quedar posicionada la carrocería. En este instante el carro transportador elevador regresa a su posición de inicio y seguidamente el sistema de control chequea si Est. 5.2 está vacante por medio del sensor de presencia LS75. De ser así, se activan los rodillos motorizados de 5.1 y 5.2 a través de los sistemas motorreductores eléctricos M65 y M66 para continuar con la transferencia hacia 5.2. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS75 se detienen los rodillos motorizados 5.2 y 5.1 para quedar posicionada la carrocería en 5.2. Esta misma rutina de chequeo y avance se irá repitiendo para cada estación con la finalidad de ir llenando el andén o cubrir la vacancia que se genera cuando sale una carrocería hacia la línea de ensamblaje.</p>
Acción	Proceso de transferencia hacia el andén # 6	<p>El sistema verificará, a través del sensor de presencia LS88 ubicado en Est. 6.1 si dicha estación está vacante y puede recibir la carrocería. Una vez comprobada la condición se activan simultáneamente los rodillos motorizados tanto del carro transportador elevador como de la estación 6.1 a través del sistema motorreductor eléctrico M6 y M79 respectivamente. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS88 se detienen los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de 6.1 para quedar posicionada la carrocería. En este instante el carro transportador elevador regresa a su posición de inicio y seguidamente el sistema de control chequea si Est. 6.2 está vacante por medio del sensor de presencia LS89. De ser así, se activan los rodillos motorizados de 6.1 y 6.2 a través de los sistemas motorreductores eléctricos M79 y M80 para continuar con la transferencia hacia 6.2. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS89 se detienen los rodillos motorizados 6.2 y 6.1 para quedar posicionada la carrocería en 6.2. Esta misma rutina de chequeo y avance se irá repitiendo para cada estación con la finalidad de ir llenando el andén o cubrir la vacancia que se genera cuando sale una carrocería hacia la línea de ensamblaje.</p>

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 29. Continuación Descripción sistemática de las condiciones y acciones del proceso de transferencia de la carrocería hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse.**

Tipo	Nombre	Descripción
Acción	Proceso de transferencia hacia el andén # 7	<p>El sistema verificará, a través del sensor de presencia LS102 ubicado en Est. 7.1 si dicha estación está vacante y puede recibir la carrocería. Una vez comprobada la condición se activan simultáneamente los rodillos motorizados tanto del carro transportador elevador como de Est. 7.1 a través del sistema motorreductor eléctrico M6 y M93 respectivamente. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS102 se detienen los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de 7.1 para quedar posicionada la carrocería. En este instante el carro transportador elevador regresa a su posición de inicio y seguidamente el sistema de control chequea si Est. 7.2 está vacante por medio del sensor de presencia LS103. De ser así, se activan los rodillos motorizados de 7.1 y 7.2 a través de los sistemas motorreductores eléctricos M93 y M94 para continuar con la transferencia hacia 7.2. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS103 se detienen los rodillos motorizados 7.2 y 7.1 para quedar posicionada la carrocería en 7.2. Esta misma rutina de chequeo y avance se irá repitiendo para cada estación con la finalidad de ir llenando el andén o cubrir la vacancia que se genera cuando sale una carrocería hacia la línea de ensamblaje.</p>
Acción	Proceso de transferencia hacia el andén # 8	<p>El sistema verificará, a través del sensor de presencia LS116 ubicado en Est. 8.1 si dicha estación está vacante y puede recibir la carrocería. Una vez comprobada la condición se activan simultáneamente los rodillos motorizados tanto del carro transportador elevador como de Est. 8.1 a través del sistema motorreductor eléctrico M6 y M107 respectivamente. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS116 se detienen los rodillos motorizados del carro transportador elevador y de 8.1 para quedar posicionada la carrocería. En este instante el carro transportador elevador regresa a su posición de inicio y seguidamente el sistema de control chequea si Est. 8.2 está vacante por medio del sensor de presencia LS117. De ser así, se activan los rodillos motorizados de 8.1 y 8.2 a través de los sistemas motorreductores eléctricos M107 y M108 para continuar con la transferencia hacia 8.2. Al hacer contacto la carrocería con el sensor LS117 se detienen los rodillos motorizados 8.2 y 8.1 para quedar posicionada la carrocería en 8.2. Esta misma rutina de chequeo y avance se irá repitiendo para cada estación con la finalidad de ir llenando el andén o cubrir la vacancia que se genera cuando sale una carrocería hacia la línea de ensamblaje.</p>

Tomado de: Farfán (2019)

A continuación, se presentará en el cuadro 30, información referente a la descripción del proceso anterior en donde se visualizarán las características de las variables del proceso, como los dispositivos de automatización involucrados.

**Cuadro 30. Lista de entradas y salidas del proceso de transferencia hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse.**

TAG	Tipo de señal	Descripción de la variable	Dispositivo de automatización
LS18 -LS31	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estaciones desde 1.1 hasta 1.14 del andén # 1	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS46 -LS59	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estaciones desde 2.1 hasta 2.14 del andén # 2	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS18 -LS31	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estaciones desde 3.1 hasta 3.14 del andén # 3	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS60 -LS73	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estaciones desde 4.1 hasta 4.14 del andén # 4	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS74-LS87	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estaciones desde 5.1 hasta 5.14 del andén # 5	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS88-LS101	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estaciones desde 6.1 hasta 6.14 del andén # 6	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS102-LS115	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estaciones desde 7.1 hasta 7.14 del andén # 7	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
LS116-LS129	Entrada digital	Detección y posicionamiento de carrocería en estaciones desde 8.1 hasta 8.14 del andén # 8	Sensor de contacto (Interruptor de posición)
M9-M22	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de estaciones de almacenamiento desde 1.1 hasta 1.14 del andén # 1	Sistema motorreductor eléctrico
M23-M36	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de estaciones de almacenamiento desde 2.1 hasta 2.14 del andén # 2	Sistema motorreductor eléctrico
M37-M50	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de estaciones de almacenamiento desde 3.1 hasta 3.14 del andén # 3	Sistema motorreductor eléctrico

Tomado de: Farfán (2019)

**Cuadro 30. Continuación Lista de entradas y salidas del proceso de transferencia hacia los andenes de almacenamiento del bodywarehouse.**

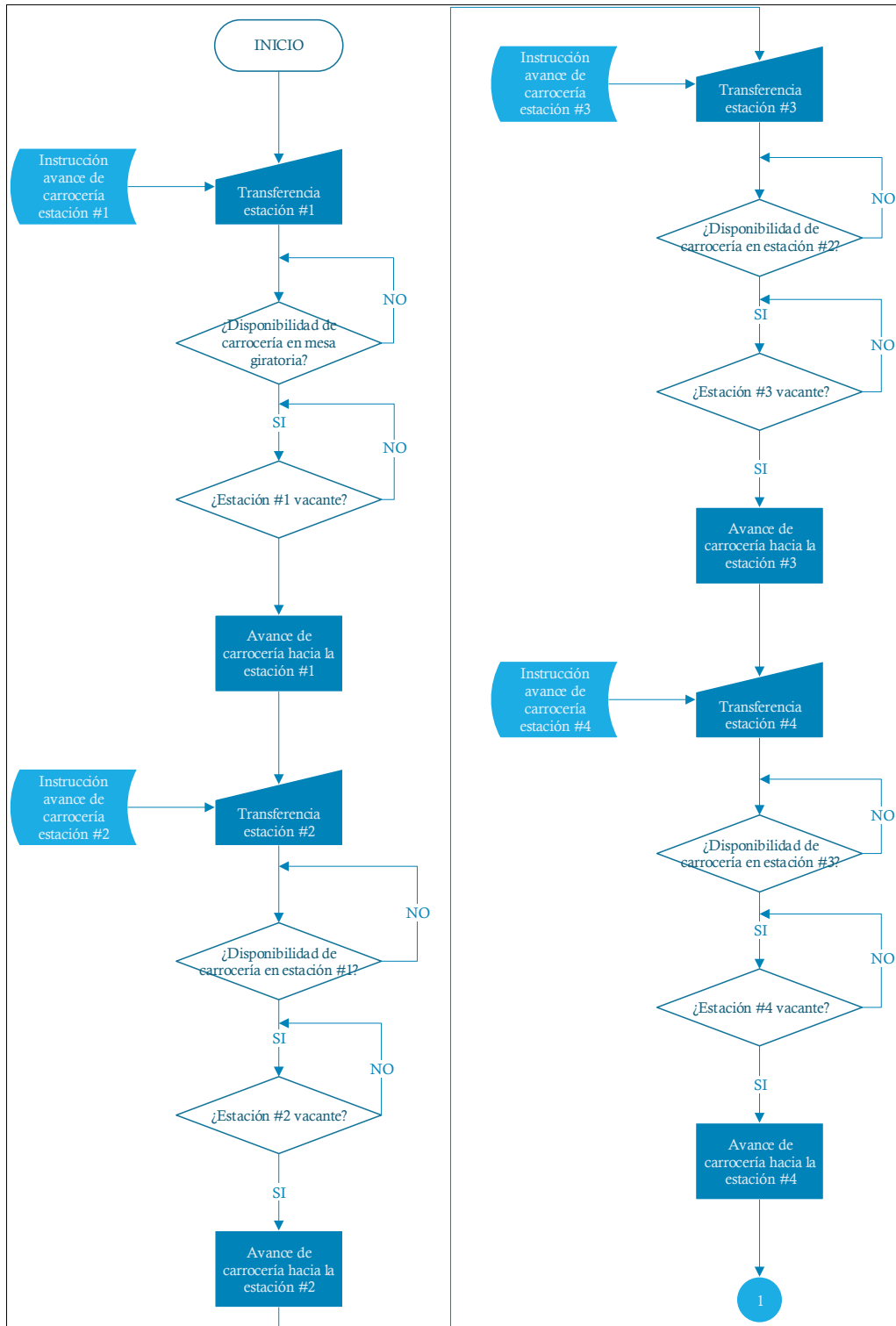
TAG	Tipo de señal	Descripción de la variable	Dispositivo de automatización
M51-M64	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de estaciones de almacenamiento desde 4.1 hasta 4.14 del andén # 4	Sistema motorreductor eléctrico
M65-M78	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de estaciones de almacenamiento desde 5.1 hasta 5.14 del andén # 5	Sistema motorreductor eléctrico
M79-M92	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de estaciones de almacenamiento desde 6.1 hasta 6.14 del andén # 6	Sistema motorreductor eléctrico
M93-M106	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de estaciones de almacenamiento desde 7.1 hasta 7.14 del andén # 7	Sistema motorreductor eléctrico
M107-M120	Salida digital	Activación de rodillos motorizados de estaciones de almacenamiento desde 8.1 hasta 8.14 del andén # 8	Sistema motorreductor eléctrico

Tomado de: Farfán (2019)

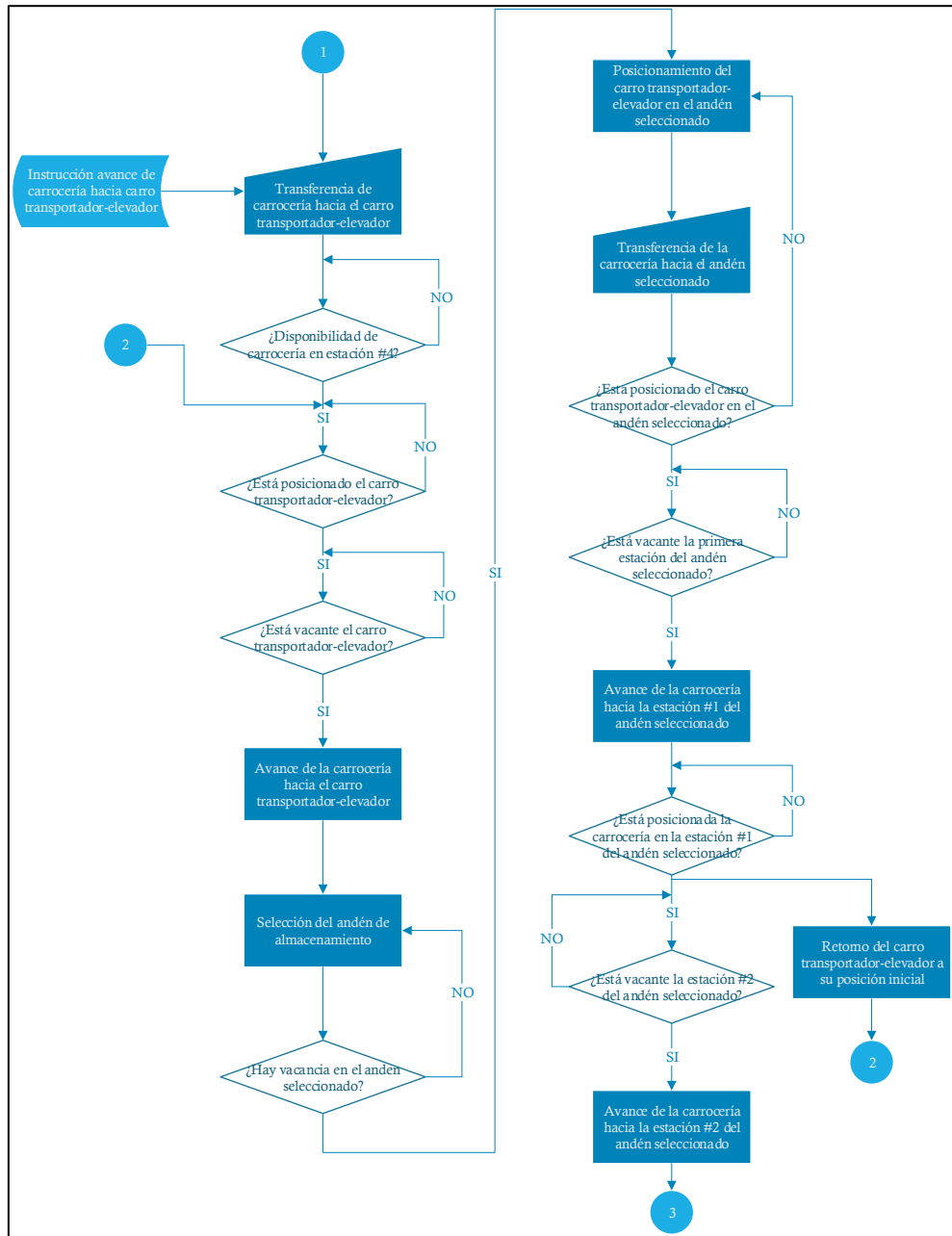
De esta manera, queda plasmada la memoria descriptiva del proceso que se propone automatizar, así como también, su funcionamiento de forma automatizada en donde se detallaron los dispositivos presentes y las características de las variables a controlar y monitorear de dicho proceso.

### **Diagrama de flujo de la lógica de control**

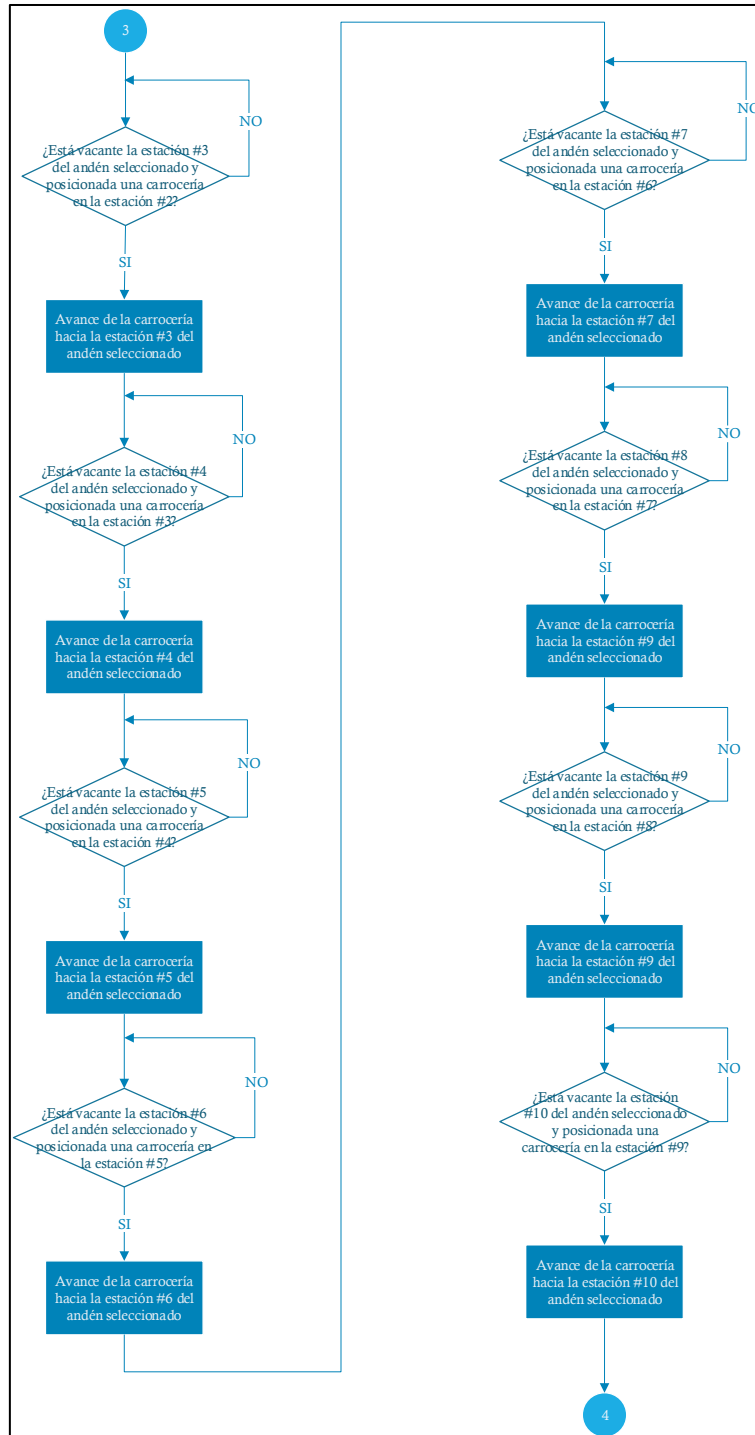
Un diagrama de flujo es la representación gráfica de un proceso el cual ofrece una descripción de las actividades que serán realizadas en el mismo. En este sentido se elaboró una representación esquemática del proceso en el cual se establece la relación secuencial de operaciones de la lógica a seguir para contribuir con el programa de control que debe contener el PLC para la automatización del proceso de desempaque final y almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse. Ver figura 5.



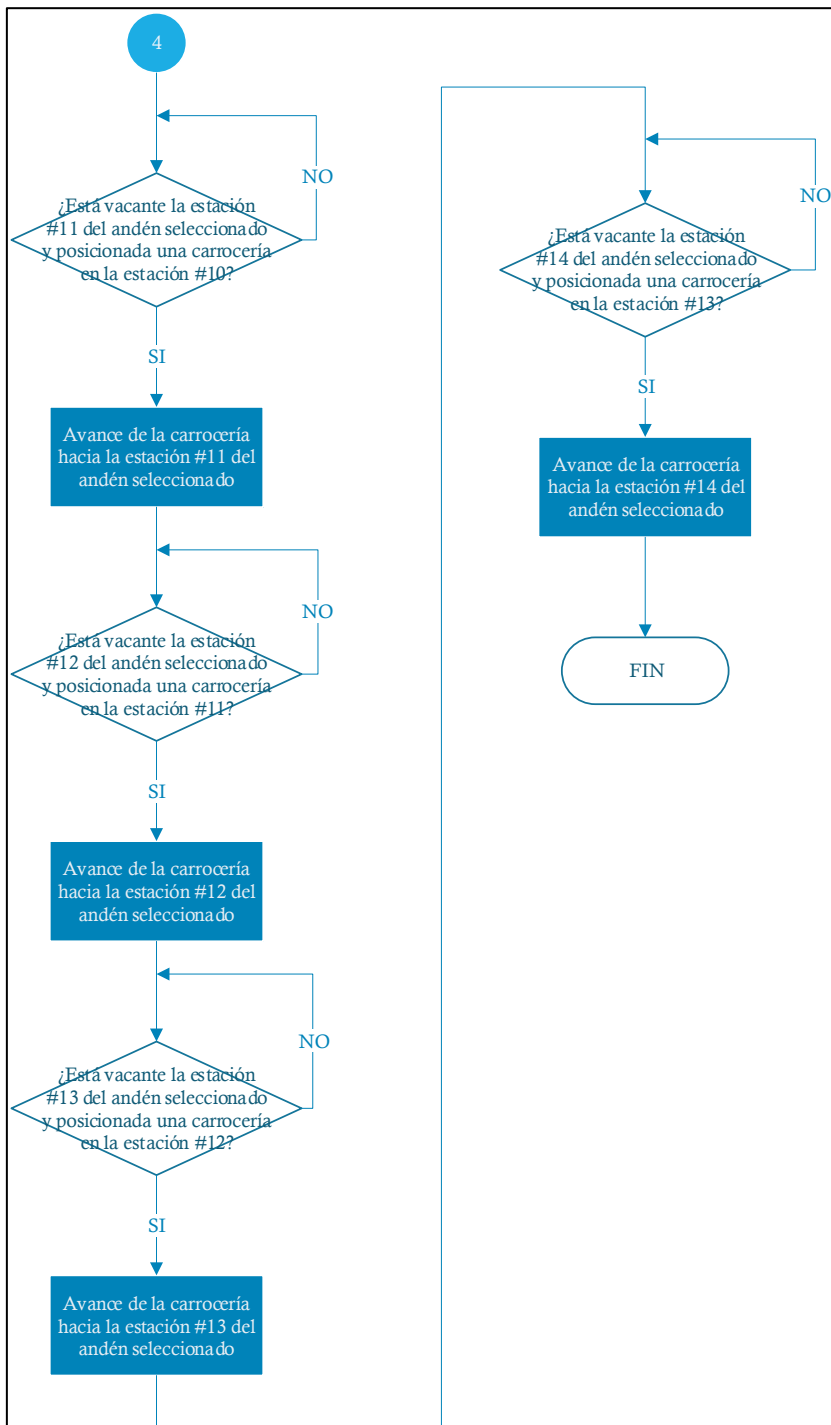
**Figura 5. Diagrama de flujo de la lógica de control del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final hasta el bodywarehouse. Tomado de: Farfán (2019)**



**Figura 5. (Continuación)**



**Figura 5. (Continuación)**



**Figura 5. (Continuación)**

## **Diseño de las pantallas del HMI para la supervisión y control del proceso automatizado del traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse.**

En concordancia con el segundo objetivo específico de esta propuesta, se diseñaron las pantallas de visualización del HMI para la supervisión y control del proceso automatizado del traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse. Mediante esta aplicación se tendrá acceso principalmente a la visualización del estado del proceso, como a los datos de la gestión de almacenamiento que sean requeridos y a su vez, acceso a las alarmas o detalles de eventos y posteriormente, al registro histórico de las unidades almacenadas.

En caso de llevarse a cabo la implementación de esta propuesta el software a emplear para el diseño de las pantallas del HMI será el FactoryTalk igualmente del fabricante Allen Bradley.

La primera pantalla de visualización, la cual será la pantalla principal, corresponderá al diagrama general del sistema de desempaque final y almacenamiento en el bodywarehouse en donde se podrá monitorizar el estado de cada una de las etapas del proceso, es decir, se visualizará en tiempo real el curso que lleva cada carrocería y la ubicación instantánea de esta durante el tránsito, bien sea, por la línea de desempaque, el carro transportador o en los andenes de almacenamiento.

A su vez, se podrá observar la data del tiempo de operación consumido en cada estación de desempaque, el tiempo ciclo del proceso en general y el volumen de almacenamiento usado versus el disponible por andén. Finalmente, esta pantalla exhibirá datos como fecha y hora, turno de trabajo. Al mismo tiempo los botones de arranque y parada del proceso y un menú que permitirá acceder a las otras pantallas de visualización y el apagado de la pantalla. Cabe destacar que la posición en la que se encuentre una carrocería, gráficamente parpadeara en el diagrama del proceso una señal luminosa de color verde y donde exista una vacancia una señal luminosa opaca.

La segunda pantalla de visualización corresponderá a un arreglo de botones, los cuales permitirán indicarle al PLC el andén de destino de las carrocerías, como también, detener o reanudar respectivamente el proceso de avance de las carrocerías en cada andén si se llegara a requerir. De igual manera, esta pantalla presentará los datos como fecha y hora, turno de trabajo y al mismo tiempo los botones para retornar a la pantalla principal.

En este sentido, la siguiente pantalla de visualización dispondrá también de un diagrama del sistema en donde se observará, la activación o desactivación de cada una de las entradas y salidas del sistema según las etapas del proceso. Esto con la finalidad de poder verificar el correcto funcionamiento y estado de los sensores y actuadores que intervienen en el proceso. Al igual que en las demás pantallas este presentará los datos como fecha y hora, turno de trabajo y al mismo tiempo los botones para retornar a la pantalla principal.

Finalmente, la última pantalla de visualización propuesta para este diseño, corresponderá al detalle e histórico, por día, semana, mes y año de: las anomalías del proceso (Alarmas), cantidad de carrocerías almacenadas versus la cantidad de carrocerías que han salido hacia la línea de ensamblaje y el flujo de almacenamiento. Al igual que en las demás pantallas este presentará los datos como fecha y hora, turno de trabajo y al mismo tiempo los botones para retornar a la pantalla principal.

La aplicación se visualizará desde panel operador HMI instalada en el tablero de control del proceso ubicado en la última estación de la línea de desempaque y se extenderá la visualización de la pantalla principal y la pantalla del registro histórico de la gestión de almacenamiento hacia una computadora que estará en la oficina de la gerencia de producción. Estos equipos de visualización estarán conectados al PLC a través de un protocolo Ethernet. El programa utilizado para el desarrollo es Factory Talk de Allen Bradley, razón por la cual la compatibilidad de versiones está asegurada.

Por seguridad será configurada una clave de acceso tanto al panel operador como a la aplicación que estará en la computadora para limitar el uso de este equipo solo al personal autorizado.

## **Determinación del hardware de instrumentación, control y supervisión para la automatización del proceso de traslado de las carrocerías desde la línea de desempaque final al bodywarehouse**

### **Descripción de los equipos del proceso**

Con la finalidad de conocer mejor el proceso y avanzar hacia la correcta selección del controlador lógico programable, a continuación, se describirá de forma detallada las características y funciones de cada uno de los equipos y dispositivos requeridos para el desarrollo de esta propuesta de automatización.

#### **Camas de rodillos motorizada**

Este equipo es el encargado del desplazamiento de las carrocerías durante el proceso de desempaque final y almacenamiento en el bodywarehouse. Como se mencionó anteriormente en cada estación de trabajo de la línea de desempaque final y en cada andén de almacenamiento del bodywarehouse habrá un módulo transportador de rodillos motorizados. El principio básico de su funcionamiento consiste en el desplazamiento de la carga sobre los rodillos que giran sobre su propio eje fijo a la estructura. La cantidad requerida para el desarrollo de esta propuesta es de 117 unidades ya que se estarían reemplazando los módulos de rodillo convencionales existentes.

La selección de este equipo es con el propósito de evitar la intervención del usuario para el traslado de las carrocerías, ahorro de tiempo, optimización del proceso productivo y mejora de las condiciones ergonómicas de los operarios respecto a su puesto de trabajo, permitiendo a su vez cumplir con la normativa vigente en la manipulación de cargas y evitando considerablemente los accidentes de trabajo.

Es preciso mencionar que estos módulos ya vienen equipados con su respectivo tren motriz, conformado por un sistema motorreductor eléctrico acoplado por cadena a los respectivos elementos móviles. A continuación, en las figuras 6 y 7, se presentará detalladamente las características técnicas del equipo encargado del traslado de las carrocerías.

Prices subject to change without notice

Model No.	Conveying Surface	Between Rails	Overall Width	Roller Centers	Length	Weight
251CDLR-15-3-10	11"	15"	18"	3"	10'	580 lbs.

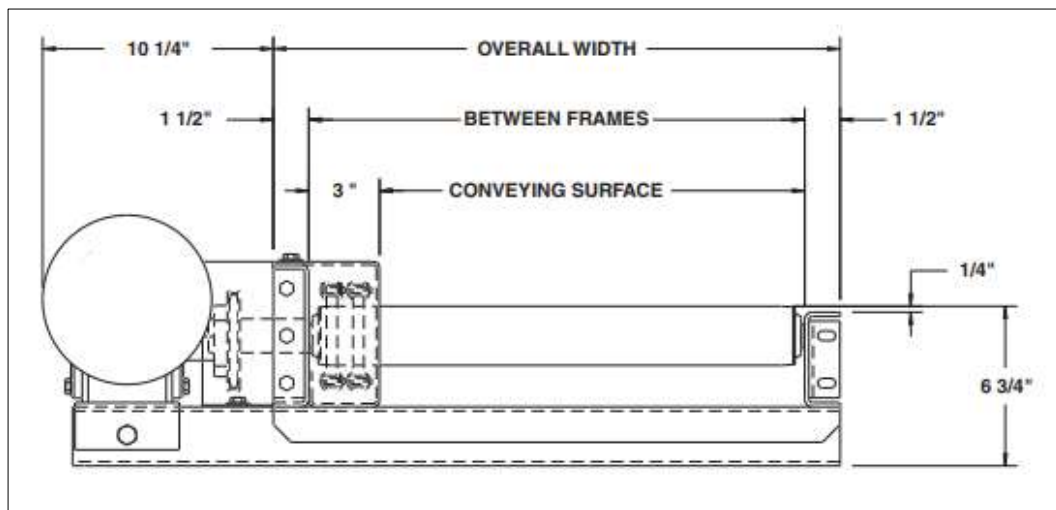
Roach's **251CDLR Heavy Duty Chain Driven Live Roller Conveyors** are specifically designed to transport heavy loads such as tote pans, castings, drums, pallet loads, etc. Especially suited for carrying loads in the presence of oil and other such contaminants.

**Specifications:**

- **Tread Rollers:** 2-1/2" dia. x 11 gauge steel rollers, model 251S with sprockets.
- **Chain Drive:** Roller to roller with No. 60 roller chain.
- **Roller Centers:** 3", 4-1/2", 6", 9" or 12". Note: 3" RC are available with #40 chain on 40-14 double single sprocket sleeves.
- **Center Drive:** Reversible drive either side mounted or underside mounted (specify). Main drive roller is supported by precision heavy duty, lubricated, ball bearing units.
- **Bed:** 6" x 1-1/2" x 7 gauge and 4" x 1-1/2" x 7 gauge formed steel channel frame. Bed sections attached with couplings and floor supports.
- **Motor Drive:** 3/4 HP, 230/460/3, 60 cycle, TEFC right angle gear motor
- **Bearings:** Precision ABEC bearings.
- **Chain Guard:** Chain drive is completely enclosed along the entire length of the conveyor.
- **Bed Lengths (4-1/2" or 9" RC):** Intermediate bed section lengths 3'-0", 3'-9", 4'-6", 5'-3", 6'-0", 6'-9", 7'-6", 8'-3", 9'-0" and 9'-9" increments. Minimum overall conveyor length with drive: 5'-3". Maximum overall conveyor length: 58'-6" with 4-1/2" RC; 78'-0" with 9" RC.
- **Bed Lengths (6" or 12" RC):** Intermediate bed section lengths are available in 1'-0" increments. Minimum overall conveyor length with drive: 5'-0". Maximum overall conveyor length: 80'-0".
- **Electrical Controls:** Optional.
- **Speed:** 35 FPM, constant.

All of Roach's pre-engineered line can easily be adapted to special application needs. The basic unit has already been engineered and can often be shipped quickly.

**Figura 6. Especificaciones técnicas de la mesa de rodillo motorizada seleccionada.** Tomado de: Catálogo digital (en línea) Roach Conveyor 2019




**Figura 7. Características dimensionales de la mesa de rodillo motorizada seleccionada.** Tomado de: Catálogo digital (en línea) Roach Conveyor 2019

## Contadores

La finalidad de este equipo es activar o desactivar el arranque de los motores eléctricos de cada uno de los módulos de rodillos motorizados y los motores eléctricos que conforman el carro transportador-elevador, es decir, que será requerida también la cantidad de 118 contactores. A través de estos dispositivos el control lógico programable gestionará, según se requiera, la activación o parada de dichos motores eléctricos.

A continuación, en la figura 8, se presentarán las especificaciones técnicas del tipo de contactor seleccionado según la aplicación y las características eléctrica de los motores que controlarán.

References - TeSys D  
**TeSys contactors**  
 TeSys D contactors for motor control up to 75 kW at 400 V, in category AC-3  
 For connection by screw clamp terminals and lugs



LC1D09\*\*

3-pole contactors								Rated operational current in AC-3 440 V up to	Instan- taneous auxiliary contacts	Basic reference, to be completed by adding the control voltage code <sup>(1)</sup>	Weight <sup>(1)</sup>
Standard power ratings of 3-phase motors 50-60 Hz in category AC-3 (θ ≤ 60 °C)											
220 V 380 V 415 V 440 V 500 V 660 V 1000 V 230 V 400 V								A	Fixing <sup>(1)</sup>	kg	
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
<b>Connection by screw clamp terminals</b>											
2.2	4	4	4	5.5	5.5	—	9	1	1	LC1D09**	0.320
3	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	—	12	1	1	LC1D12**	0.325
4	7.5	9	9	10	10	—	18	1	1	LC1D18**	0.330
5.5	11	11	11	15	15	—	25	1	1	LC1D25**	0.370
7.5	15	15	15	18.5	18.5	—	32	1	1	LC1D32**	0.375
9	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	—	38	1	1	LC1D38**	0.380

**Figura 8. Especificaciones técnicas de los contactores seleccionados.** Tomado de: Catálogo digital Schneider electric (2019).


## Protección térmica

El relé térmico es uno de los componentes que se instalan aguas arriba de cualquier motor eléctrico, de una cierta potencia y por tanto de un cierto coste en caso de avería, para protegerlo contra sobre cargas, ausencias de fase y diferencias de carga excesiva entre fases. Es decir, su propósito es desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un tiempo corto, a la permitida por este evitando que el emboninado del motor se queme.

La figura 9 muestra las especificaciones técnicas del protector térmico seleccionado para cada uno de los 118 motores electricos que corresponden a los módulos de rodillos motorizados y el carro transportador-elevador.

References - TeSys LR97D, LT47

Overload relays  
Electronic over current relays



**Aplicación:**

- Sobrecarga  $I_{max} > I_{setting}$
- Rotor bloqueado, atasco mecánico  $I > 3 \times I_{setting}$
- Sensibilidad a fallo de fase

LR97D electronic over current relays				
Relay setting range	Usable range	For use with contactor	Relay supply voltage	Reference <sup>(1)</sup>
<b>A</b>				
0.3...1.5	0.3...1.3	LC1 D09...D38	~ 200...240 V	LR97D015M7
			~ 100...120 V	LR97D015F7
			~ 24 V	LR97D015B
			~ 48 V	LR97D015E
1.2...7	1.2...6	LC1 D09...D38	~ 200...240 V	LR97D07M7
			~ 100...120 V	LR97D07F7
			~ 24 V	LR97D07B
			~ 48 V	LR97D07E
5...25	5...21	LC1 D09...D38	~ 200...240 V	LR97D25M7
			~ 100...120 V	LR97D25F7
			~ 24 V	LR97D25B
			~ 48 V	LR97D25E
20...38	20...34	LC1 D25...D38	~ 200...240 V	LR97D38M7
			~ 100...120 V	LR97D38F7
			~ 24 V	LR97D38B
			~ 48 V	LR97D38E

**Figura 9. Especificaciones técnicas de protección térmica seleccionada.**  
Tomado de: Catálogo digital Schneider electric (2019).

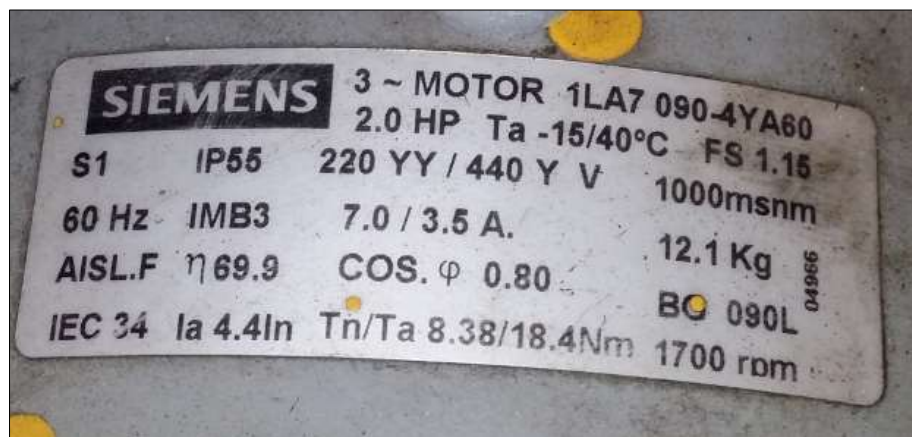
## Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia, también conocido como inversor o drivers de frecuencia ajustable son dispositivos que sirven para poder controlar la velocidad y el sentido de giro en motores de corriente alterna.

Debido a la problemática presentada en el carro transportador-elevador durante el traslado y transferencia de las carrocerías hacia el bodywarehouse se seleccionó este equipo en concordancia con el motor eléctrico del tren motriz del carro transportador-elevador para controlar la velocidad de desplazamiento y eliminar los golpes mecánicos durante el arranque y parada de dicho equipo, lo que permite arranques y frenados suaves, progresivos y sin saltos a través del control de rampas de aceleración y desaceleración.

Otra ventaja que favorece la selección de este dispositivo es que puede controlarse por medio del controlador lógico programable permitiendo que se integre satisfactoriamente a la propuesta de automatización.

A continuación, en las figuras 10 y 11, se detallarán las especificaciones técnicas del motor eléctrico que será controlado como también las del variador de frecuencia (22F-D4P2N113) que a través este será regulada la velocidad de dicho motor.



**Figura 10. Placa característica del motor eléctrico del tren motriz del carro transportador-elevador. Tomado de C.A.Z.G.T (2019).**


	Variador de CA PowerFlex 4M	Variador de CA PowerFlex 4M
<b>VARIADORES DE CA POWERFLEX</b>		
<b>Control de motores</b>	• Volts/Hertz	
<b>Aplicación</b>	• Regulación de velocidad de lazo abierto	
Clasificaciones 100-115 V ent. monofásica/230 V sal. trifásica	• 0.2 ... 1.1 kW • 0.25 ... 1.5 Hp • 1.6 ... 6 A	
Clasificaciones 200 – 240 V	• 0.2 ... 7.5 kW • 0.25 ... 10 Hp • 1.6 ... 33 A	
Clasificaciones 400 – 480 V	• 0.4 ... 11 kW • 0.5 ... 15 Hp • 1.5 ... 24 A	
Clasificaciones 500 – 600 V	• N/A	
Clasificaciones 690 V	• N/A	
Límite de temperatura ambiente* para tipos de envolvente	• IP20: -10 a 50 °C (14 a 122 °F) • IP20 Zero Stacking: -10 a 40 °C (14 a 104 °F)	
<b>Filtros EMC</b>	• Interna (240 V monofásica y 480 V trifásica) • Externa (monofásica y trifásica)	
<b>Normas y certificaciones</b>	• c-UL, UL, CE, RCM, RoHS	
<b>Capacidad de sobrecarga</b>	• 150% durante 60 s • 200% durante 3 s	
<b>Rango de frecuencia de salida</b>	0 – 400 Hz	
<b>Interface de usuario</b>	• Teclado local • Teclado remoto • Studio 5000 • Connected Components Workbench (CCW)	
	<b>Opciones de comunicación</b>	• RS485 integral (Modbus RTU) • Opcional: *DeviceNet, *EtherNet/IP, *PROFIBUS DP, *ControlNet, *LonWorks*, *Bluetooth* *Red opcional para uso solo con el kit de comunicaciones externas DSI
	<b>Entradas analógicas</b>	• Carr. 1 (voltaje unipolar)
	<b>Salidas analógicas</b>	• Ninguno
	<b>Entradas de coeficiente de temperatura positiva</b>	• Carr. 1 (usa una entrada analógica)
	<b>Entradas digitales</b>	• Carr. 5 (24 VCC, 2 programable)
	<b>Salidas de relé</b>	• Carr. 1 (formato C)
	<b>Salidas de transistor</b>	• Ninguno
	<b>Frenado dinámico</b>	• IGBT interno excepto los números de catálogo que terminen con "3"
	<b>Seguridad</b>	• No

Figura 11. Especificaciones técnicas del variador de frecuencia seleccionado para el control de velocidad del tren motriz del carro transportador-elevador. Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## Sensores

El sensor final de carrera, también conocido como o limit swicht, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil con la finalidad de enviar señales que pueden modificar la condición de un circuito o también proporcionarle en tiempo real al control lógico programable el estado del proceso para que este ejecute las respectivas instrucciones a través de los dispositivos de salida.

En este sentido, las funciones que tendrán estos sensores será la de indicar al PLC la existencia y ubicación de cada carrocería a lo largo del proceso y a su vez controlar el correcto posicionamiento en las estaciones de trabajo de la línea de desempaque y en las estaciones de almacenamiento del bodywarehouse. También serán usados para limitar los grados de libertad del carro transportador-elevador. A continuación, en la figura 12, se muestran las características técnicas de los sensores finales de carrera seleccionados (802K IEC) y la fuente de alimentación para este tipo de sensor será externa.

Specifications					
Standards	IEC/EN60204-1, NFPA79, A54024.1				
Certifications	cULus and CE Marked for all applicable directives				
<b>Outputs</b>					
Contacts	1 N.C. snap acting, 2 N.C. or 4 N.C. slow acting				
Auxiliary Contacts	1 N.O. (with 1 N.C.) or 2 N.O. (with 2 N.C.)				
Thermal Current ( $I_{th}$ )	8 A				
Rated Insulation Voltage	600V AC				
<b>Utilization Category</b>					
<b>Contact Specification</b>					
A600/AC-15	(Ue)	600V	500V	240V	120V
	(Ie)	1.2 A	1.4 A	3.0 A	6.0 A
N600/DC-13	(Ue)	600V	500V	250V	125V
	(Ie)	0.4 A	0.55 A	1.1 A	2.2 A
<b>Operating Characteristics</b>					
Actuation Speed, Max.	250 mm/s				
Actuation Speed, Min.	100 mm/min				
Actuation Frequency, Max.	6000 operations per hour				
Mechanical Life	1 x 10 <sup>7</sup> operations with no electrical load				
<b>Environmental</b>					
Enclosure Type Rating	IP66				
Operating Temperature [C (F)]	-25...+65 ° (-13...+149 °)				
Pollution Degree *	3				
<b>Physical Characteristics</b>					
Housing Material	Die-cast alloy				
Actuator Material	Various polymers and metals				
Mounting	2 x M5, any position				
Vibration	IEC 68-2-6 (10...55 Hz, 0.35 amplitude)				
Shock	IEC 68-2-7 (30 Gn 3 pulses per axis)				
Conduit Entry	M20 or 1/2 inch NPT				
Color	Black				

**Figura 12. Especificaciones técnicas del sensor final de carrera seleccionado.** Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## **Pantalla HMI**

La interfaz de usuario es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora. Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

En este sentido, por medio de la pantalla HMI seleccionada, el usuario podrá ejercer funciones de monitorización y control del proceso de desempaque final y almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse, es decir, esta interface de trabajo permitirá observar en tiempo real como se lleva a cabo la gestión del almacenamiento, guardar un histórico del flujo de carrocerías que entran y salen, controlar el arranque y parada del sistema como también el direccionamiento de las carrocerías desde la línea de desempaque final hacia a los andenes de almacenamiento. Adicionalmente, se tendrá acceso a las alarmas del sistema, estados de las variables digitales y los valores de las variables analógicas del proceso del proceso.

Esto permitirá planificar la producción diaria según las características de las carrocerías o la disponibilidad de estas en el almacén. La pantalla seleccionada es un PanelView™ Plus 1000 Touch Screen 2711P-T10C4D1 cuyas especificaciones se describen a continuación en la figura 13. Este equipo estará conectado al PLC a través del protocolo de comunicación Ethernet.

Attribute	700 Color <sup>(2)</sup> 2711P-K7C4Dx, 2711P-T7C4Dx, 2711P-B7C4Dx, 2711P-K7C4Ax, 2711P-T7C4Ax, 2711P-B7C4Ax	1000 Color <sup>(2)</sup> 2711P-K10C4Dx, 2711P-T10C4Dx, 2711P-B10C4Dx, 2711P-K10C4Ax, 2711P-T10C4Ax, 2711P-B10C4Ax	1250 Color <sup>(2)</sup> 2711P-K12C4Dx, 2711P-T12C4Dx, 2711P-B12C4Dx, 2711P-K12C4Ax, 2711P-T12C4Ax, 2711P-B12C4Ax	1500 Color <sup>(2)</sup> 2711P-K15C4Dx, 2711P-T15C4Dx, 2711P-B15C4Dx, 2711P-K15C4Ax, 2711P-T15C4Ax, 2711P-B15C4Ax
Operator input	Keypad, Touch, or Key/Touch		Keypad, Touch, or Key/Touch	
Display type	Color active-matrix TFT		Color active-matrix TFT	
Display size	6.5 in.		10.4 in.	
Display area (WxH)	132 x 99 mm (5.2 x 3.9 in.)		211 x 158 mm (8.3 x 6.2 in.)	
Resolution	640 x 480, 18-bit color graphics		800 x 600, 18-bit color graphics	
Luminance	300 cd/m <sup>2</sup> (Nits)		300 cd/m <sup>2</sup> (Nits) <sup>(3)</sup>	
Backlight	CCFL, 50,000 hours min at 25 °C (77 °F), field replaceable Backlight for 1250 high-bright display module is not replaceable			
Touch screen	8-wire analog resistive Actuation: 1 million presses; operating force: 10...110 g			
Keypad description	Stainless-steel membrane Numeric, navigation, and function keys Actuation: 1 million presses; operating force: 340 g			
Keypad function keys	22 function keys F1...F10 and K1...K12	32 function keys F1...F16 and K1...K16	40 function keys F1...F20 and K1...K20	40 function keys F1...F20 and K1...K20
Battery (real-time clock)	Battery-backed clock timestamps critical data, accuracy is ±2 minutes per month Battery life: 4 year min at 25 °C (77 °F) Field-replaceable: cat. no. 2711P-RY2032 or equivalent CR2032 coin-cell lithium battery			
Memory	512 MB RAM, 512 MB nonvolatile memory (approx. 79 MB free user memory)			
External storage	Secure Digital (SD) card, cat. no. 1784-SDx, supported by hot-swappable SD card slot USB flash drives supported by high-speed, hot-swappable, 2.0 USB host ports			
Operating system	Windows CE 6.0 operating system with or without extended features and Microsoft Office file viewers			
Software	FactoryTalk View Machine Edition software, version 6.0 or later FactoryTalk ViewPoint software, version 1.2 or later			
Communication ports	Ethernet (10/100 Mbps, Auto-MDI/MDI-X), RS-232, (2) USB host, Network interface for optional Ethernet, DH+/DH-485, or ControlNet (scheduled or unscheduled) communication module			
Input voltage, DC	18...32V DC (24V DC nom)			
Power consumption, DC	70 W max (2.9 A at 24V DC), 39 W typical (1.6 A at 24V DC)			
Recommended external power supply	Cat. No. 2711P-RSACDIN, safety extra low voltage (SELV) or protective extra-low voltage (PELV) power supply for 700...1500 DC-powered terminals; 100...240V AC, 120VA max			
Input voltage, AC	100...240V AC, 50...60 Hz			
Power consumption, AC	160VA max, 65VA typical			
Weight, approx <sup>(1)</sup>	Keypad: 1.8 kg (4.1 lb) Touch: 1.7 kg (3.7 lb)	Keypad: 2.8 kg (6.2 lb) Touch: 2.5 kg (5.6 lb)	Keypad: 3.4 kg (7.5 lb) Touch: 3.2 kg (7.0 lb)	Keypad: 4.5 kg (9.9 lb) Touch: 4.2 kg (9.2 lb)
Dimensions (HxWxD), approx <sup>(1)</sup>	Keypad: 193 x 290 x 55 mm 7.58 x 11.40 x 2.18 in. Touch: 179 x 246 x 55 mm 7.04 x 9.68 x 2.18 in.	Keypad: 248 x 399 x 55 mm 9.77 x 15.72 x 2.18 in. Touch: 248 x 329 x 55 mm 9.77 x 12.97 x 2.18 in.	Keypad: 282 x 416 x 55 mm 11.12 x 16.36 x 2.18 in. Touch: 282 x 363 x 55 mm 11.12 x 14.30 x 2.18 in.	Keypad: 330 x 469 x 65 mm 12.97 x 18.46 x 2.55 in. Touch: 330 x 416 x 65 mm 12.97 x 16.37 x 2.55 in.
Cutout dimensions (HxWxD)	Keypad: 167 x 264 mm 6.57 x 10.39 in. Touch: 154 x 220 mm 6.08 x 8.67 in.	Keypad: 224 x 375 mm 8.8 x 14.75 in. Touch: 224 x 305 mm 8.8 x 12.0 in.	Keypad: 257 x 390 mm 10.11 x 15.35 in. Touch: 257 x 338 mm 10.11 x 13.29 in.	Keypad: 305 x 419 mm 12.0 x 16.5 in. Touch: 305 x 391 mm 12.0 x 15.4 in.

**Figura 13. Especificaciones técnicas de la pantalla HMI seleccionada.** Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## **Controlador lógico programable**

El controlador lógico programable permite controlar un sistema, haciendo uso de los puntos de conexión de entradas y salidas, que a través de los cuales se interconecta con los elementos primarios y finales de control o también llamados periféricos, para ejecutar las instrucciones lógicas que le fueron programadas.

Actualmente en el mercado se consigue una amplia gama y catálogos de estos equipos con prestaciones y características técnicas diversas, y a su vez, respaldados por una gran variedad de fabricantes reconocidos, lo que permite satisfacer cualquier requerimiento de automatización por muy simple o complejo que sea el proceso a controlar.

Saber elegir el autómatas adecuado para cada ocasión es un aspecto fundamental para que el proyecto llegue a buen término. Se debe dimensionar correctamente la aplicación para no quedarse cortos en prestaciones ni se tengan funcionalidades que encarecen y no son necesarias para el desarrollo de esta propuesta.

Para la selección del PLC que más se ajuste a los requerimientos del proceso a controlar, se debe tomar en cuenta dos tipos de consideraciones principales, la primera relacionada al tipo de PLC (compacto, modular o compacto-modular) incluyendo condiciones mecánicas, eléctricas y ambientales, con base a los aspectos técnicos requeridos por el proceso. La segunda consideración corresponde con la marca, ya que existen múltiples fabricantes y muchas empresas ya tienen alguna preferencia al respecto.

En este sentido y en concordancia con el primer aspecto a tomar en cuenta, para la selección del PLC, se presentará el cuadro 31, en donde se totaliza la cantidad de entradas y salidas y especifica el tipo de señal con que trabajaran estos elementos de automatización.

**Cuadro 31. Totalización de entradas y salidas del sistema de control propuesto.**

Entradas y salidas del proceso	Cantidad	Tipo de señal
<b>Entradas</b>	153	
Sensores finales de carrera	130	Discreta
Botones de avance	13	
Botones de stop o parada de emergencia	10	
<b>Salidas</b>	121	
Motores eléctricos (contactores)	120	Discreta
Columna luminosa	1	

Tomado de: Farfán (2019)

Como se puede apreciar en el cuadro anterior el tipo de señal de las entradas y salidas del PLC son todas discretas y trabajan con un voltaje de 120 VAC tal como se especificó en párrafos anteriores. Esta información permite visualizar que se requerirá de un controlador lógico programable de tipo modular o compacto-modular que maneje entradas y salidas discretas y que también admita un voltaje de 120 VAC.

Como se indicó anteriormente esta propuesta no solo incluye la automatización del proceso si no también la supervisión y control a través de un panel HMI por lo que es importante considerar la compatibilidad y comunicación entre estos equipos. En los actuales momentos vemos los PLCs de menor rango ya pueden comunicar en Ethernet por lo que el controlador lógico programable seleccionado para esta propuesta debe brindar al menos esta opción de comunicación.

Otro aspecto a considerar es la capacidad de programa y memoria, este parámetro va en función del tamaño del PLC, a mayor número de E/S mayor capacidad de programa.

Por la naturaleza del proceso que se desea controlar en esta propuesta y aun cuando se maneja un número considerable de entradas y salidas, no se requeriría de un extenso algoritmo de programación para la programación del PLC, por lo que se considerará una opción intermedia de este parámetro para seleccionar el equipo más adecuado.

Aun cuando se mencione de último no deja de ser importante el aspecto de la escalabilidad, ciertamente es importante ajustar el rango y las prestaciones del PLC a las necesidades del proyecto que se esté trabajando, pero esto no quiere decir que no se tenga que prestar atención a que en un futuro el proyecto pueda crecer y requerir de mayores necesidades

Finalmente, para ir cerrando el proceso de selección, tal como se indicó al inicio de este apartado se debe considerar la elección del fabricante, bien sea por la calidad de sus equipos, precio, software, garantía, compatibilidad con otros equipos ya instalados, servicio técnico y a su vez la preferencia que tenga la compañía al respecto.

Como se indicó en la factibilidad técnica la empresa ha tenido excelentes relaciones con el proveedor Allen-Bradley de Rockwell Automation en Estados Unidos y sus representantes en Venezuela, por lo que todos los equipos de automatización instalados han sido provistos por dicho fabricante, evidenciándose así la preferencia por esta marca y no se ahondará en la búsqueda de otros fabricantes.

También se comentó que la empresa tiene en stock un equipo de gama media totalmente nuevo y disponible para el desarrollo de esta propuesta (Micrologix 1500 1764-LRP 1769-IA16/1769-OA16) con sus respectivos módulos de entradas y salidas discretas, Ver anexos F, G, H e I, el cual se había adquirido en su oportunidad para la expansión de las capacidades de producción en otras locaciones, pero finalmente tal proyecto no fue llevado a cabo.

En este sentido, dicho equipo será el seleccionado para el desarrollo de esta propuesta por lo que en la figura 14, 15, 16 y 17 se presentan sus características y prestaciones tanto del PLC como de los módulos de entradas y salidas discretas.

Cabe destacar que el PLC estará ubicado en un gabinete de control que estaría posicionado a un lado de la última estación de la línea de desempaque final y a su vez en dicho compartimiento estará instalado el panel de operador HMI y los botones respectivos para el control del direccionamiento de las carrocerías hacia los andenes del bodywarehouse, así como también las paradas de emergencia.

Boletín	1764-LSP, 1764-LRP	
Tipo	MicroLogix 1500	
<b>Memoria</b>		
Programa de usuario/ espacio de datos	3.6 K / 4 K configurable	10 K / 4 K configurable
Registro de datos / almacenamiento de recetas	Receta: Memoria de programa de usuario	48 kB
Copia de seguridad EEPROM	—	
Batería de respaldo	√	
Módulo de memoria de respaldo	√	
<b>E/S discretas</b>		
Incorporadas	Hasta 28	
Máximo con expansión local	Hasta 540	
E/S distribuidas	Usando el 1769 SDN	
<b>Funcionalidad adicional</b>		
Análogica	Hasta 128 de expansión	
Potenciómetros de ajuste	2	
PID	√	
Contador de alta velocidad (entradas de 24 VCC)	2 a 20 kHz	
Reloj en tiempo real	√	
Movimiento simple: modulación de impulsos en anchura/salida de tren de pulsos	2 a 20 kHz (versión FET CC)	
Servocontrol de un eje	A través de PTO incorporado (FET)	
Herramienta de acceso a datos	√	
Matemática de punto flotante (coma flotante)	√	

Figura 14. Especificaciones técnicas del control lógico programable seleccionado. Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

Boletín	1764-LSP, 1764-LRP	
Tipo	MicroLogix 1500	
Software de programación		
RSLogix 500 y RSLogix Micro	√	
Comunicaciones		
Edición en línea	—	
Puertos RS-232	(1) - Mini DIN de 8 pines	(1) - Mini DIN de 8 pines y (1) - conector D de 9 pines aislado
Puertos RS-485	—	
DeviceNet, dispositivos similares/esclavos	con 1761-NET-DNI	
Escáner DeviceNet	con 1769-SDN	
Ethernet	con 1761-NET-ENI	
DH-485	con 1761-NET-AIC	
DF1 Half-Duplex Maestro/esclavo, radio módem	√	
Modbus RTU	Maestro/esclavo	
ASCII	√	
DNP3	—	
Alimentación de funcionamiento		
120/240 VCA / 24 VCC	√	

**Figura 15. Especificaciones técnicas del control lógico programable seleccionado.** Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

**Especificaciones para las entradas**

Especificación	1769-IA16
Tipo de tensión	100/120 V c.a.
Margen de tensión de funcionamiento	de 79 V c.a. a 132 V c.a., con frecuencia entre 47 Hz y 63 Hz
Número de entradas	16
Consumo de corriente del bus (máx.)	115 mA a 5 V c.c. (0,575 W)
Disipación del calor	3,30 vatios totales ( <i>los vatios por punto, más los vatios mínimos, con todos los puntos activados</i> )
Retardo de señal (máx.)	Retardo a la conexión: 20,0 ms Retardo a la desconexión: 20,0 ms
Tensión en estado bloqueado (máx.)	20 V c.a.
Intensidad en estado bloqueado (máx.)	2,5 mA
Tensión en estado conductor (mín.)	79 V c.a.
Intensidad en estado conductor	5,0 mA a 79 V c.a. (mín.) 12 mA a 120 V c.a. (nominal)
Intensidad de irrupción (máx.) <sup>1</sup>	250 mA
Impedancia nominal	12 k $\Omega$ a 50 Hz 10 k $\Omega$ a 60 Hz
Compatibilidad IEC de las entradas	Clase 1+
Distancia respecto a la fuente de alimentación	8 (el módulo no puede estar a más de 8 módulos de distancia respecto de la fuente de alimentación o del controlador)
Grupos aislados	Grupo 1: entradas 0 a 15 (terminales comunes conectados internamente)
Grupo de entradas con aislamiento en placa posterior	Verificado por una de las siguientes pruebas dieléctricas: 1517 V c.a. durante 1 seg. o 2145 V c.c. durante 1 seg. con 132 V c.a. de tensión de funcionamiento (IEC clase 2 aislamiento reforzado)
Código del proveedor	1
Código del tipo del producto	7
Código del producto	82

1. Para limitar la corriente de irrupción se puede utilizar una resistencia limitadora de la corriente; sin embargo, en ese caso se verán afectadas las características de funcionamiento del circuito de entrada c.a. Si se tiene instalada una resistencia de 6,8 k $\Omega$  (como mínimo 2,5 W) en serie con la entrada, la corriente de irrupción se reduce a 35 mA. Con esta configuración, la tensión mínima en estado conductor aumenta a 92 V c.a. Antes de añadir la resistencia en un entorno peligroso, asegúrese de que la temperatura de funcionamiento de la resistencia y los límites de temperatura del entorno lo permiten. La temperatura de funcionamiento de la resistencia debe permanecer siempre por debajo de límite de temperatura del entorno.

**Figura 16. Especificaciones del módulo de entradas discretas seleccionado.** Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## Especificaciones de salidas

Especificación	1769-0A16
Categoría de voltaje	120 a 240 VCA
Rango de voltaje de operación	85 VCA hasta 265 VCA a 47 hasta 63 Hz
Número de salidas	16
Consumo de corriente de bus (máx.)	225 mA a línea de +5 VCC (1.125 W)
Disipación de calor	4.9 total watts (Los watts por punto, más el mínimo de watts, con todos los puntos activados).
Retardo de señal (máx.) – carga resistiva <sup>(1)</sup>	conexión = 1/2 ciclo desconexión = 1/2 ciclo
Fuga de estado desactivado (máx.) <sup>(2)</sup>	2.0 mA a 132 VCA 2.5 mA a 265 VCA
Corriente de estado activado (mín.)	10.0 mA
Caída de voltaje de estado activado (máx.)	1.5 VCA a 0.5 A
Corriente continua por punto (máx.) Vea los diagramas de corrección en la página 16.	0.25A a 60 °C (140 °F) 0.5 A a 30 °C (86 °F)
Corriente continua por común	2.0 A a 60 °C (140 °F) 4.0 A a 30 °C (86 °F)
Corriente continua por módulo (máx.) Vea los diagramas de corrección en la página 16.	4.0A a 60 °C (140 °F) 8.0A a 30 °C (86 °F)
Corriente de sobretensión (máx.) <sup>(3)</sup>	5.0 A (la capacidad de repetición es una vez cada 2 segundos durante un intervalo de 25 mség.)
Distancia respecto a la fuente de alimentación eléctrica	8 (el módulo no puede estar a más de 8 módulos de la fuente de alimentación eléctrica).
Aislamiento de punto de salida a bus	Verificado por una de las siguientes pruebas dieléctricas: 1836 VCA durante 1 seg. ó 2596 VCC durante 1 seg. 265 VCA de tensión de trabajo (aislamiento reforzado IEC clase 2)
Grupos aislados	Grupo 1: salidas 0 a 7 Grupo 2: salidas 8 a 15
Aislamiento de grupo de salida a grupo de salida	Verificado por una de las siguientes pruebas dieléctricas: 1836 VCA durante 1 seg. ó 2596 VCC durante 1 seg. Voltaje de trabajo de 265 VCA (aislamiento básico) 150 VCA de voltaje de trabajo (aislamiento reforzado IEC clase 2)
Código de ID del suministrador	1
Código de tipo de producto	7
Código de producto	93

(1) Tipo de conexión - Las salidas triac se activan y desactivan en el cruce por cero de la línea de CA.

(2) Resistencia de carga recomendada - Para limitar los efectos de la corriente de fuga a través de salidas de estado sólido, se puede conectar una resistencia de carga en paralelo con la carga. Para operación a 120 VCA, use una resistencia de 15 KΩ, 2 W. Para operación a 240 VCA, use una resistencia de 15 KΩ, 5 W.

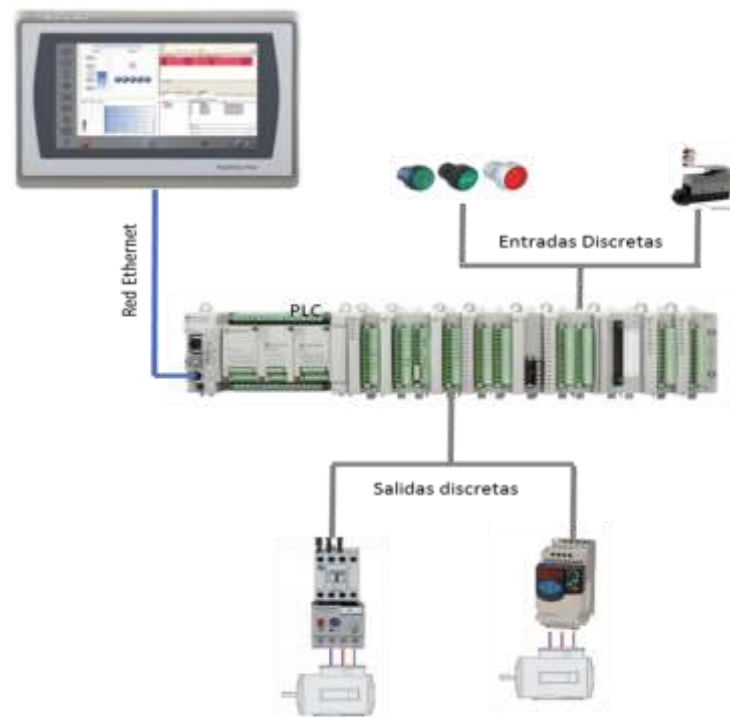
(3) Supresión de sobretensión - La conexión de supresores de sobretensión transitoria a través de la carga externa aumentará la vida útil de las salidas triac. Para obtener detalles adicionales, consulte *Pausas de cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial*, publicación de Allen-Bradley 1770-4.1.

**Figura 17. Especificaciones del módulo de salidas discretas seleccionado.** Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

De las especificaciones técnicas anteriores del control lógico programable y los módulos de entradas y salidas discretas respectivamente, se puede decir que la configuración y prestaciones de estos equipos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos para el desarrollo de esta propuesta de automatización en términos de funcionamiento, comunicación y escalabilidad. Con respecto a las tarjetas de entradas y salidas, cabe destacar, que se requerirán 10 módulos de entradas discretas y 8 módulos de salidas discretas lo cual será suficiente para manejar los periféricos del sistema de control. Es preciso mencionar que para la comunicación entre el PLC y la pantalla HMI se usará una red Ethernet/IP.

### Topología del sistema de control

La topología del PLC es la forma en que los dispositivos de control estarán conectados al control lógico programable. Como se indicó anteriormente, la comunicación entre el PLC y la pantalla HMI será a través de protocolo Ethernet/IP. En este sentido la figura 18 muestra el esquema general de la arquitectura propuesta



**Figura 18. Esquema general de la arquitectura propuesta.**  
Tomado de: Farfán (2019)

## RECOMENDACIONES

Debido a la alta factibilidad económica de este proyecto y a la rapidez con la que retorna el costo de la inversión debido a los volúmenes de producción actuales, sería conveniente evaluar la automatización del proceso de salida de las carrocerías del bodywarehouse hacia la línea de ensamblaje ya que el proceso de salida en términos operativos y de equipos es similar a como ingresan las carrocerías al bodywarehouse y a su vez es un proceso cuyas operaciones son completamente repetitivas que en ocasiones generan cuello de botella por imprecisión de las operaciones. Así mismo, las operaciones del proceso de salida de las carrocerías desde el almacén hacia la línea de ensamblaje demandan un considerable esfuerzo físico y más aún cuando hay atascamiento de las carrocerías lo que compromete la salud y seguridad del trabajador y afecta la eficiencia del proceso productivo.

Las carrocerías vienen identificadas con un código de barra en el que se especifica principalmente el color de la carrocería, modelo y el respectivo lote de producción, por lo que sería beneficioso instalar un lector de código de barra, en la primera estación de la línea de desempaque, para que a través de la lógica de control el PLC procese dicha información y direcciona directamente la carrocería al andén de almacenamiento sin la necesidad de a la intervención del operador para este paso.

Con la finalidad de controlar aún más las operaciones correspondientes a la etapa de desempaque final, sería recomendable, que la señal de avance de las carrocerías por estas estaciones sea automatizada a través de un cierto tiempo previamente definido por el departamento de ingeniería de proceso lo cual correspondería al tiempo ciclo de ese proceso en particular. Es decir, que el avance de las carrocerías por la línea de desempaque final no dependa del operador si no de un tiempo pre establecido que bien puede configurarse en el panel de operador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, E. y De la Fuente, L. (2012). *Estudio de la Automatización de un Supermercado para Mayoristas*. [Trabajo de grado de Especialización]. Universidad de Valladolid. España.
- Adalberto, C. y Heidi, C. (2008). *Propiedades Psicométricas de una Escala: la Consistencia Interna*. Revista Salud Pública. 832-836.
- Alducin, J. (2015). *Diseño de una línea de ensamble para una empresa de la industria automotriz*. [Trabajo de grado de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional de México, D.F.
- Arancibia, G. (2014). *Grúas Eléctricas para trabajo en alturas y en espacio reducido*. Revista Logístec. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <http://www.revistalogistec.com>.
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. (5ª ed.). Caracas: Episteme C. A.
- Berglunda, A. F., Fässberg, T., Hellman, F., Davidsson, A. y Stahre, J. (2013). *Relations between complexity, quality and cognitive automation in mixed-model assembly*. Journal of Manufacturing Systems, 33(3), 49-455.
- Cervantes, VH. (2005). *Interpretaciones del coeficiente de alpha de Cronbach*. Avances en Medición, 3: 9-25.
- Córdoba, J. (2013). *La Mecánica de un Almacén Automático*. Revista de Logística. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <https://revistadelogistica.com>.
- Corral, Y. (2008). *Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos*. Revista ciencias de la educación. 33 (19), 1-20.
- Cortina, JM. (1993). *What is coefficient alpha? An examination of theory and applications*. J Appl Psychol, 78: 98-104.
- Delgado, Y., Colombo, L. y Rosmel, O. (2002). *Conduciendo la Investigación*. (2ª ed.). Editorial Comala. Caracas.
- Escudero, M. (2014). *Logística de Almacenamiento*. (4ª ed.). España: Ediciones Paraninfo S.A.
- Flores, I. (2012). *Dan Consejos para Optimizar Almacenes*. Revista Énfasis Logística. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <http://www.logisticamx.enfasis.com>.

- García, M. (2012). *Alianza Logística de Alta tecnología entre Portugal y Colombia*. Revista de Logística. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <https://revistadelogistica.com>.
- González, R. (2012). *Diseño y cálculo de un transelevador para un almacén automatizado de carrocería*. [Trabajo de grado de Especialización]. Universidad Carlos III. Madrid.
- Hermawati, S. (2015). *Understanding the complex needs of automotive training at final*. Applied Ergonomics, 46(1), 144-157.
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. (5ª ed.). México: McGraw Hill.
- Jordi, P. y Navascues, R. (2001). *Manual de Logística Integral*. (1ª ed.). México: Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Kalpakjian, S. y Schmid, S. R. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. (4ª ed.). Ciudad de México: Pearson.
- Logistics Project Management. (2014). *Los Almacenes Automáticos de la industria del automóvil anticipan las innovaciones al resto de Supply Chain. Foro de la ingeniería intralogística*. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <https://susolucionlogistica.com>.
- Michalos, G., Makris, S., Papakostas, N., Mourtzis, D., y Chryssolouris, G. (2010). *Automotive assembly technologies review: challenges and outlook for a flexible and adaptive approach*. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 81–91.
- Ortiz, M., Sánchez, C. y Fuquen, H. (2016). *Automatización de los procesos de soldadura final para vehículos de pasajeros en GM Colmotores*. Ingenio Magno, 7(1), 10-21.
- Parra, M. y Sotomayor, T. (2015). *Diseño, Automatización y Simulación de una Línea para Fabricación de Pinturas*. [Trabajo de grado de Maestría]. Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador.
- Pérez, C. (2013). *Bodegas cada vez más Inteligentes*. Revista de Logística. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <https://revistadelogistica.com>.
- Pirabán, A. (2010). *3 claves para Almacenar mejor y en menos espacio*. Revista de Logística. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <https://revistadelogistica.com>.
- Ponticel, P. (2003). *Automation: a tool, not an end*. Automotive Engineering International, 86-89.

- Rico, M. J., Sánchez, C. M. y Laverde, R. (2012). *Sector automotor colombiano: innovar para crecer*. Revista ANDI, 10-17.
- Romero, A. (2014). *Automatización de Almacenes Mediante el uso de Transelevadores en Empresas de Consumo Masivo*. [Trabajo de grado de Especialización]. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia.
- Sánchez, R. y Gómez C. (1998). *Conceptos básicos sobre validación de escalas*. Revista Colombiana de Psiquiatría, 27: 121-130.
- Sánchez, C. M. (2012). Investigación y desarrollo en el sector automotriz: ¿Cuáles empresas del sector tienen amplios niveles de inversión y por qué? Colinnovación. Recuperado el 18 de abril de 2018 de <http://www.colinnovacion.com>.
- Sánchez, C. (2014). *Automatización en la industria automotriz: conceptos y procesos*. Colinnovación. Recuperado el 18 de abril de 2018 de [www.researchgate.net/publication/299546590](http://www.researchgate.net/publication/299546590).
- Schonberger, R. J. (1997). *Manufactura de Categoría Mundial*. (2ª ed.). Bogotá: Editorial Norma S.A.
- Smith, C. y Corripio, A. (1991). *Control automático de procesos*. (1ª ed.). México: Editorial Limusa.
- Stewart, R. (2011). ¿Cuándo Automatizar una Bodega? Revista Logistec. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <http://www.revistalogistec.com>.
- Streiner DL. (2003). *Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency*. J Pers Assess, 80: 99-103.
- Tamayo y Tamayo, M. (2009). *EL Proceso de Investigación Científica*. México: Limusa.
- Tsarouchi, P. (2014). *Robotized assembly process using Dual arm robot*. Procedia CIRP (23), 47 – 52. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <http://www.sciencedirect.com>.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador-UPEL. (2016). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis de Doctorales*. (5ª ed.). Caracas: Fedupel.
- Vallejo, M., y Vallejo, S. (2005). *Aspectos generales de la automatización industrial del sector farmacéutico*. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas, 47-63.
- Villafranca, D. (2002). *Metodología de la Investigación. Bases legales*. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <https://bianneygiraldo77.wordpress.com/>.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Tabla de operacionalización de las variables

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	INSTRUMENTO
1. Diagnosticar el estado actual del proceso de traslado de carrocerías desde la línea de desempaquetado al almacén de carrocerías de la ensambladora de vehículos Corporación Automotriz Z.G.T.C.A. ubicada en Las Tejerías, estado Aragua.	Estado actual del Proceso de traslado de las carrocerías	Productividad	Idoneidad de las operaciones	1,2,3,4,5,6,7,8,9	Lista de cotejo
				1,2,3,4	Cuestionario
			Nivel de gestión del almacenamiento	10,11,12,13,14,15,16,17	Lista de cotejo
				5,6,7,8,9,10,11,12,13,14	Cuestionario
			Efectividad del proceso	18,19,20,21,22,23	Lista de cotejo
				15,16,17	Cuestionario
			Impacto de la manipulación manual de cargas en el operador	24,25,26,27,28,29,30,31	Lista de cotejo
				18,19,20,21,22,23,24	Cuestionario
			Grado de cumplimiento de higiene postural	32,33	Lista de cotejo
				25,26,27,28,29,30,31	Cuestionario
	Nivel de seguridad de las operaciones	34,35,36,37,38,39,40	Lista de cotejo		
		32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43	Cuestionario		

**Figura 19. Tabla de operacionalización de las variables.** Tomado de: Farfán (2019)

## ANEXO B

### Lista de cotejo

**Cuadro 32. Lista de cotejo empleado para la recolección de los datos**

Ítem	IDONEIDAD DE LAS OPERACIONES	SI	NO
1	El tiempo ciclo de las operaciones con los equipos móviles es mayor que el tiempo ciclo de las operaciones manuales		
2	El tiempo ciclo del proceso de almacenamiento es mayor que el tiempo ciclo de la línea de producción		
3	Las operaciones con los equipos móviles generan un cuello de botella en el proceso de almacenamiento de las carrocerías		
4	La acción de control de los movimientos de los equipos móviles motorizados se ejerce manualmente		
5	La acción de control del posicionamiento de los equipos móviles motorizados se ejerce manualmente		
6	El movimiento en las estaciones de trabajo de los equipos móviles es preciso		
7	El posicionamiento en las estaciones de trabajo de los equipos móviles es preciso		
8	Las operaciones con los equipos móviles se llevan a cabo de forma continua		
9	Influye la velocidad de operación de los equipos móviles en el retardo del proceso de almacenamiento de las carrocerías		
Ítem	NIVEL DE GESTIÓN DEL ALMACENAMIENTO	SI	NO
10	Se aprovecha al máximo la capacidad de almacenamiento del nivel inferior del bodywarehouse		
11	Se aprovecha al máximo la capacidad de almacenamiento del nivel superior del bodywarehouse		
12	Se clasifican bajo algún criterio las carrocerías dentro del bodywarehouse		
13	Se aplica la metodología de inventario FIFO		
14	Ocurren paradas en la línea de ensamblaje motivado a que la carrocería saliente del bodywarehouse no es la planificada		
15	Existe supervisión en tiempo real de la gestión de almacenamiento de las carrocerías		
16	Existe alguna herramienta a través del cual se observe la gestión del almacenamiento de las carrocerías		
17	Existe algún medio remoto que permita la planificación de la producción en función a las carrocerías disponibles en el bodywarehouse		
Ítem	EFECTIVIDAD DEL PROCESO	SI	NO
18	El proceso de almacenamiento de carrocerías se retarda por operaciones repetitivas no contempladas en el proceso		
19	Se deben laborar horas extras para completar la cantidad de carrocerías almacenadas requeridas por jornada laboral		
20	La producción diaria está limitada a la capacidad de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse		
21	La logística de aprovisionamiento de material SKD a la planta depende del volumen de carrocerías almacenadas		

## Continuación Lista de cotejo

22	La frecuencia de salida de las carrocerías, a la línea de ensamblaje, es mayor que la frecuencia de alimentación del bodywarehouse		
23	Existe un criterio de salida de las carrocerías del bodywarehouse hacia la línea de ensamblaje		
<b>Ítem</b>	<b>IMPACTO DE LA MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS EN EL OPERADOR</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
24	Las distancias recorridas durante el traslado manual de las carrocerías son mayores a 50 metros		
25	Se observan posturas forzadas durante la manipulación manual de carga		
26	Las dimensiones de las cargas manipuladas manualmente son mayores a 60 cm x50 cm x 60 cm		
27	Para el desplazamiento manual de las carrocerías se utilizan herramientas improvisadas		
28	El desplazamiento manual de las carrocerías es realizado con dificultad		
29	El peso de las carrocerías manipuladas manualmente es mayor a 500 kg		
30	Las operaciones asociadas al almacenamiento de las carrocerías se repiten durante todo el proceso para cada una de las carrocerías		
31	Las posturas corporales adoptadas se repiten durante todo el proceso de almacenamiento para cada una de las carrocerías		
<b>Ítem</b>	<b>GRADO DE CUMPLIMIENTO DE HIGIENE POSTURAL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
32	Se realizan hiperextensiones musculoesqueléticas durante las operaciones de traslado manual de las carrocerías		
33	Se adoptan posturas improvisadas durante la manipulación manual de cargas		
<b>Ítem</b>	<b>NIVEL DE SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
34	Los equipos móviles cuentan con la debida protección eléctrica para que en caso de fallo no se comprometa la integridad física del trabajador		
35	Los equipos móviles cuentan con la debida protección eléctrica para que en caso de fallo no se comprometa la integridad operativa de los equipos		
36	Los equipos móviles cuentan con la debida protección mecánica para que en caso de fallo no se comprometa la integridad del trabajador		
37	Los equipos móviles cuentan con la debida protección mecánica para que en caso de fallo no se comprometa la integridad operativa de los equipos		
38	Durante el traslado de las carrocerías dentro del bodywarehouse, el operador tiene que caminar sobre las mesas de rodillos		
39	El espacio entre los equipos móviles y el área de trabajo del operador es menos de 1 metro de distancia		
40	Durante las operaciones con los equipos móviles el trabajador tiene que interponerse en la trayectoria de dichos equipos		

Tomado de: Farfán (2019)

## ANEXO C

### Cuestionario aplicado

**Cuadro 33. Cuestionario aplicado para la recolección de los datos**

Ítem	IDONEIDAD DE LAS OPERACIONES	SI	NO
1	¿Considera que el ritmo de operación de los equipos móviles retrasa las operaciones de almacenamiento de las carrocerías?		
2	¿Durante el uso de los equipos móviles se incurren en operaciones repetitivas que no son necesarias?		
3	¿La manipulación manual de las carrocerías por las mesas de rodillo se ha visto afectada por atascamiento?		
4	¿Se emplean herramientas inadecuadas para la manipulación manual de las carrocerías?		
Ítem	NIVEL DE GESTIÓN DEL ALMACENAMIENTO	SI	NO
5	¿La gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse se rige por: lo primero que entra es lo primero que sale?		
6	¿La gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse se rige por color?		
7	¿La gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse se rige por lote?		
8	¿La gestión de almacenamiento de las carrocerías en el bodywarehouse se rige por modelo?		
9	¿Durante una jornada laboral, de 8 horas, se logra almacenar la cantidad de 30 o menos carrocerías?		
10	¿Durante una jornada laboral, de 8 horas, se logra almacenar la cantidad entre 31 y 60 carrocerías?		
11	¿Durante una jornada laboral, de 8 horas, se logra almacenar la cantidad entre 61 y 90 carrocerías?		
12	¿Durante una jornada laboral, de 8 horas, se logra almacenar la cantidad entre 91 y 120 carrocerías?		
13	¿Se han tenido que recircular carrocerías hacia el bodywarehouse porque estas no corresponden a la planificación de producción del día?		
14	¿Se han introducido carrocerías a la línea de ensamblaje que no corresponden a la planificación de producción del día?		
Ítem	EFECTIVIDAD DEL PROCESO	SI	NO
15	¿La producción diaria de vehículos ha sido afectada por retrasos en el proceso de almacenamiento de las carrocerías?		
16	¿La capacidad de almacenamiento de carrocerías durante un turno de trabajo ha sido afectada por la ausencia de trabajadores del área?		
17	¿Se ha requerido de tiempo extra al turno de trabajo regular para almacenar en el bodywarehouse las carrocerías pedidas según la planificación de producción?		
Ítem	IMPACTO DE LA MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS EN EL OPERADOR	SI	NO
18	¿Considera que en sus operaciones diarias hace excesivo esfuerzo físico?		
19	¿Realiza usted levantamiento manual de carga?		
20	¿Realiza usted empuje manual de carga?		

**Cuadro 33. Continuación cuestionario aplicado para la recolección de los datos**

21	¿Realiza usted arrastre manual de carga?		
22	¿Durante la realización de las operaciones de manipulación manual de cargas, padece Cansancio?		
23	¿Todas las operaciones de manipulación manual de cargas se repiten para cada una de las carrocerías almacenadas?		
24	¿Cada vez que se almacena una carrocería las posturas corporales que adopta son repetitivas a lo largo de una jornada laboral?		
<b>Ítem</b>	<b>GRADO DE CUMPLIMIENTO DE HIGIENE POSTURAL</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
25	¿Las operaciones de empuje y arrastre manual de carga las realiza por encima del hombro?		
26	¿Las operaciones de empuje y arrastre manual de carga las realiza muy alejadas del cuerpo?		
27	¿Durante las operaciones de empuje o arrastre manual de cargas se ve obligado a inclinar el tronco?		
28	¿Durante las operaciones de empuje o arrastre manual de cargas se ve obligado a girar el tronco?		
29	¿Durante las operaciones de empuje o arrastre manual de cargas se ve obligado a girar el cuello?		
30	¿Durante las operaciones de empuje o arrastre manual de cargas considera que realiza sobre esfuerzos de manos y muñecas?		
31	¿Todas las operaciones realizadas durante el proceso de almacenamiento de las carrocerías son de pie?		
<b>Ítem</b>	<b>NIVEL DE SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
32	¿Considera que la altura de trabajo es adecuada para realizar las operaciones relacionadas de manipulación manual de carga?		
33	¿Considera que el espacio de trabajo es suficientemente amplio para realizar cómodamente las operaciones de almacenamiento de las carrocerías?		
34	¿Durante las operaciones de manipulación manual de carga se ha tropezado con las carrocerías?		
35	¿Durante las operaciones de manipulación manual de carga se ha resbalado debido al apoyo inestable de la superficie de trabajo?		
36	¿Realiza operaciones de manipulación manual de carga en sitios altos?		
37	¿Existen algunas operaciones en el proceso de almacenamiento de las carrocerías que lo obligan a interponerse en el desplazamiento de las cargas en movimientos?		
38	¿Existen algunas operaciones en el proceso de almacenamiento de las carrocerías que lo obligan a interponerse en el desplazamiento de los equipos móviles?		
39	¿Existen dispositivos de control que regulen, durante el desplazamiento de las carrocerías, la velocidad?		
40	¿Existen dispositivos de control que regulen, durante el desplazamiento de las carrocerías, la posición?		
41	¿Durante las operaciones de almacenamiento de las carrocerías ha sido golpeado por las carrocerías en movimiento?		
42	¿Durante las operaciones de almacenamiento de las carrocerías ha sido golpeado por los equipos móviles?		
43	¿Los equipos móviles tienen algún dispositivo de seguridad para ejecutar una parada de emergencia?		

Tomado de: Farfán (2019)



## ANEXO E

### Formato de validación de instrumentos - juicio de expertos

A continuación, se presenta una serie de aspectos a considerar para validar los ítems que conforman el instrumento. Se ofrecen dos (2) alternativas (Sí-No) para que usted seleccione la que considere correcta y, al final, realice las observaciones pertinentes en el espacio designado para ello.

Experto: Esp. Zeida Molina

Autor(a): Ing. Rafael Farfán

ITEM	Redacción adecuada		Coherencia interna		Lenguaje ajustado al nivel		Pertinencia con los objetivos a medir		Mide lo que pretende	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
1	X		X		X		X		X	
2	X		X		X		X		X	
3	X		X		X		X		X	
4	X		X		X		X		X	
5	X		X		X		X		X	
6	X		X		X		X		X	
7	X		X		X		X		X	
8	X		X		X		X		X	
9	X		X		X		X		X	
10	X		X		X		X		X	
11	X		X		X		X		X	
12	X		X		X		X		X	
13	X		X		X		X		X	
14	X		X		X		X		X	
15	X		X		X		X		X	
16	X		X		X		X		X	
17	X		X		X		X		X	
18	X		X		X		X		X	
19	X		X		X		X		X	
20	X		X		X		X		X	
21	X		X		X		X		X	
22	X		X		X		X		X	
23	X		X		X		X		X	
24	X		X		X		X		X	
25	X		X		X		X		X	
26	X		X		X		X		X	
27	X		X		X		X		X	
28	X		X		X		X		X	
29	X		X		X		X		X	
30	X		X		X		X		X	
31	X		X		X		X		X	
32	X		X		X		X		X	
33	X		X		X		X		X	
34	X		X		X		X		X	
35	X		X		X		X		X	
36	X		X		X		X		X	
37	X		X		X		X		X	
38	X		X		X		X		X	
39	X		X		X		X		X	
40	X		X		X		X		X	
41	X		X		X		X		X	
42	X		X		X		X		X	
43	X		X		X		X		X	

CONSIDERACIONES GENERALES	SÍ	NO	OBSERVACIONES
El instrumento tiene instrucciones claras y precisas para que el informante pueda emitir sus respuestas	X		
La presentación del instrumento es adecuada. En caso de no ser así señale los aspectos a mejorar	X		
Los ítems se presentan en un orden lógico-secuencial	X		
Se evidencia en la redacción de los objetivos las bases teóricas que deben sustentar su investigación	X		
Los ítems son adecuados para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems que deben incluirse y/o eliminarse	X		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

VALIDEZ			
APLICABLE	X	NO APLICABLE	
APLICABLE ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES			

Validado por: Esp. Zeida M. Molina	e-mail: zeidam28@gmail.com
Cédula de Identidad: V-7.047.761	Teléfono: 0412-486.62.00
Firma: 	Fecha: 29/08/2018

## ANEXO E.1

### Formato de validación de instrumentos - juicio de expertos

A continuación, se presenta una serie de aspectos a considerar para validar los ítems que conforman el instrumento. Se ofrecen dos (2) alternativas (Sí-No) para que usted seleccione la que considere correcta y, al final, realice las observaciones pertinentes en el espacio designado para ello.

Experto: M.Sc. Esp. Luis G. De Sousa P.

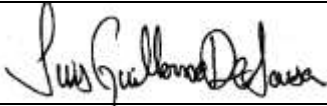
Autor(a): Ing. Rafael Farfán

ITEM	Redacción adecuada		Coherencia interna		Lenguaje ajustado al nivel		Pertinencia con los objetivos a medir		Mide lo que pretende	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
1	X		X		X		X		X	
2	X		X		X		X		X	
3	X		X		X		X		X	
4	X		X		X		X		X	
5	X		X		X		X		X	
6	X		X		X		X		X	
7	X		X		X		X		X	
8	X		X		X		X		X	
9	X		X		X		X		X	
10	X		X		X		X		X	
11	X		X		X		X		X	
12	X		X		X		X		X	
13	X		X		X		X		X	
14	X		X		X		X		X	
15	X		X		X		X		X	
16	X		X		X		X		X	
17	X		X		X		X		X	
18	X		X		X		X		X	
19	X		X		X		X		X	
20	X		X		X		X		X	
21	X		X		X		X		X	
22	X		X		X		X		X	
23	X		X		X		X		X	
24	X		X		X		X		X	
25	X		X		X		X		X	
26	X		X		X		X		X	
27	X		X		X		X		X	
28	X		X		X		X		X	
29	X		X		X		X		X	
30	X		X		X		X		X	
31	X		X		X		X		X	
32	X		X		X		X		X	
33	X		X		X		X		X	
34	X		X		X		X		X	
35	X		X		X		X		X	
36	X		X		X		X		X	
37	X		X		X		X		X	
38	X		X		X		X		X	
39	X		X		X		X		X	
40	X		X		X		X		X	
41	X		X		X		X		X	
42	X		X		X		X		X	
43	X		X		X		X		X	

CONSIDERACIONES GENERALES	SÍ	NO	OBSERVACIONES
El instrumento tiene instrucciones claras y precisas para que el informante pueda emitir sus respuestas	X		
La presentación del instrumento es adecuada. En caso de no ser así señale los aspectos a mejorar	X		
Los ítems se presentan en un orden lógico-secuencial	X		
Se evidencia en la redacción de los objetivos las bases teóricas que deben sustentar su investigación	X		
Los ítems son adecuados para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems que deben incluirse y/o eliminarse	X		Los ítems presentados están relacionados a los indicadores presentados en la tabla.

OBSERVACIONES: Se sugiere aplicar el instrumento para evaluar los indicadores presentados en la tabla de operacionalización de las variables.

VALIDEZ			
APLICABLE	X	NO APLICABLE	
APLICABLE ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES			

Validado por: M.Sc. Esp. Luís G. De Sousa P.	e-mail: luisgdesousa@gmail.com
Cédula de Identidad: V-17.191.975	Teléfono: 0412-880.82.70
Firma: 	Fecha: 25/09/2018

## ANEXO E.2

### Formato de validación de instrumentos - juicio de expertos

A continuación, se presenta una serie de aspectos a considerar para validar los ítems que conforman el instrumento. Se ofrecen dos (2) alternativas (Sí-No) para que usted seleccione la que considere correcta y, al final, realice las observaciones pertinentes en el espacio designado para ello.

Experto: M.Sc. Ali González


Autor(a): Ing. Rafael Farfán

ITEM	Redacción adecuada		Coherencia interna		Lenguaje ajustado al nivel		Pertinencia con los objetivos a medir		Mide lo que pretende	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
1	x		x		x		x		x	
2	x		x		x		x		x	
3	x		x		x		x		x	
4	x		x		x		x		x	
5	x		x		x		x		x	
6	x		x		x		x		x	
7	x		x		x		x		x	
8	x		x		x		x		x	
9	x		x		x		x		x	
10	x		x		x		x		x	
11	x		x		x		x		x	
12	x		x		x		x		x	
13	x		x		x		x		x	
14	x		x		x		x		x	
15	x		x		x		x		x	
16	x		x		x		x		x	
17	x		x		x		x		x	
18	x		x		x		x		x	
19	x		x		x		x		x	
20	x		x		x		x		x	
21	x		x		x		x		x	
22	x		x		x		x		x	
23	x		x		x		x		x	
24	x		x		x		x		x	
25	x		x		x		x		x	
26	x		x		x		x		x	
27	x		x		x		x		x	
28	x		x		x		x		x	
29	x		x		x		x		x	
30	x		x		x		x		x	
31	x		x		x		x		x	
32	x		x		x		x		x	
33	x		x		x		x		x	
34	x		x		x		x		x	
35	x		x		x		x		x	
36	x		x		x		x		x	
37	x		x		x		x		x	
38	x		x		x		x		x	
39	x		x		x		x		x	
40	x		x		x		x		x	
41	x		x		x		x		x	
42	x		x		x		x		x	
43	x		x		x		x		x	

CONSIDERACIONES GENERALES	SÍ	NO	OBSERVACIONES
El instrumento tiene instrucciones claras y precisas para que el informante pueda emitir sus respuestas	x		
La presentación del instrumento es adecuada. En caso de no ser así señale los aspectos a mejorar	x		
Los ítems se presentan en un orden lógico-secuencial	x		
Se evidencia en la redacción de los objetivos las bases teóricas que deben sustentar su investigación	x		
Los ítems son adecuados para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems que deben incluirse y/o eliminarse	x		

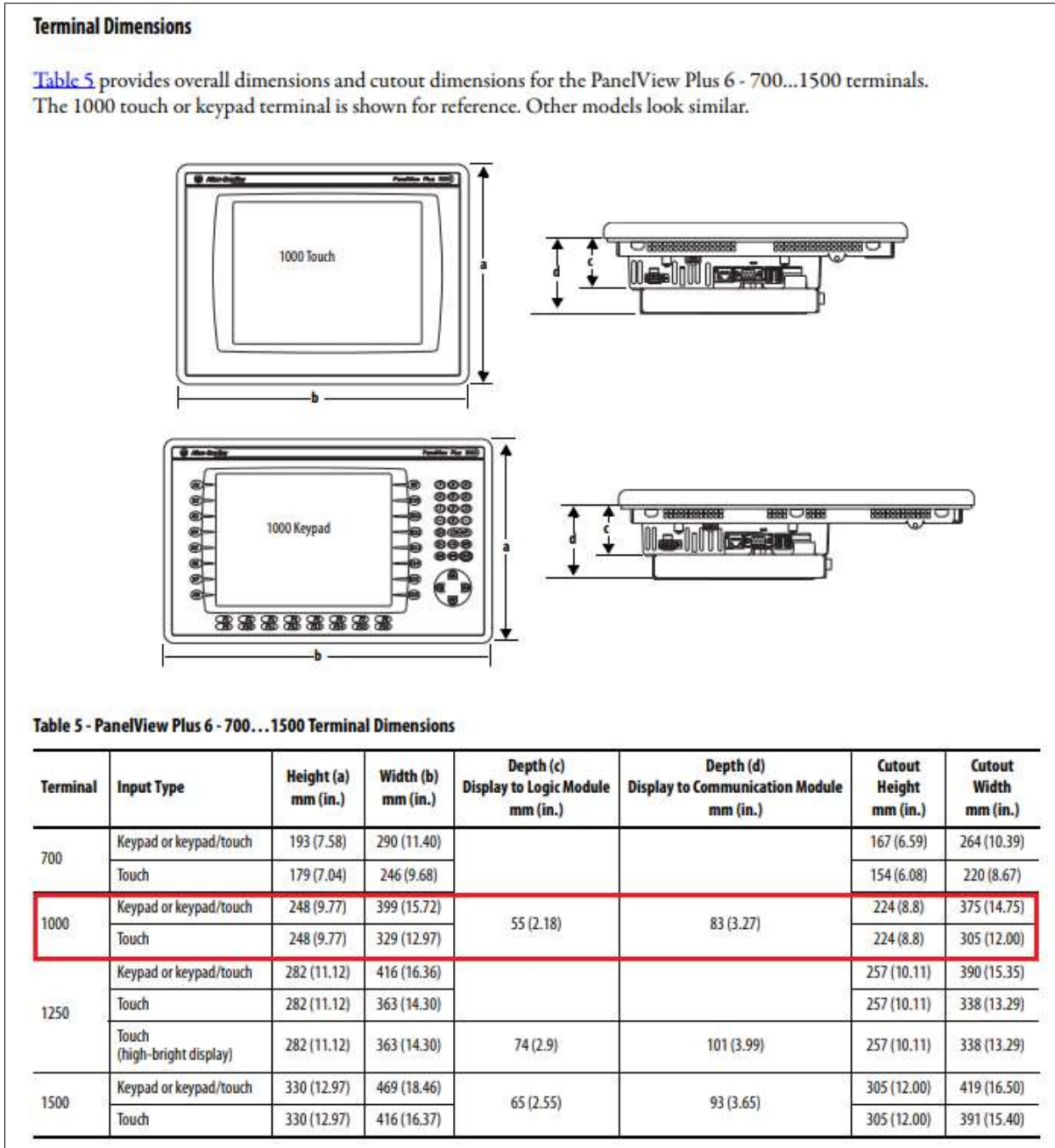
OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

VALIDEZ			
APLICABLE	x	NO APLICABLE	
APLICABLE ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES			

Validado por: M.Sc. Ali González	e-mail: ar.gonzalez@hotmail.com
Cédula de Identidad: V-3.687.203	Teléfono(s):
Firma: 	Fecha: 05/08/2018

## ANEXO F

### Especificaciones dimensionales panel de operador (HMI)



**Figura 21. Especificaciones dimensionales panel de operador (HMI).** Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## ANEXO G

### Controlador logico programable seleccionado (Micrologix 1500 1764-LRP)



**Figura 22. Imagen del controlador lógico programable seleccionado.** Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## ANEXO H

### Especificaciones técnicas módulo de entradas discretas

12	Compact™ 1769-IA16 120 V c.a. Módulo de entradas
<b>Especificaciones</b>	
<b>Especificaciones generales</b>	
Especificación	Valor
Medidas	118 mm (alto) x 87 mm (profundo) x 35 mm (ancho) la altura, incluidas las lengüetas de montaje, es de 138 mm.
Peso aproximado de expedición (con embalaje)	280 g
Temperatura de almacenaje	de -40°C a +85°C
Temperatura de funcionamiento	de 0°C a +60°C
Humedad de funcionamiento	del 5% al 95%, sin condensación
Altitud de funcionamiento	2000 metros
Vibraciones	En funcionamiento: de 10 a 500 Hz, 5g, 0,015 * entre pico y pico En funcionamiento de relé: 2g
Choque	En funcionamiento: 30g montado en panel (20g montado en riel DIN) En funcionamiento de relé: 7,5g montado en panel (5g montado en riel DIN) Fuera de funcionamiento: 40g montado en panel (30g montado en riel DIN)
Certificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificación C-UL (bajo CSA C22.2 n° 142)</li> <li>• Incluida en UL 508</li> <li>• Conforme a todas las directivas relevantes CE</li> </ul>
Clase de entorno peligroso	Clase I, división 2, lugar peligroso, grupos A, B, C, D (UL 1604, C-UL bajo CSA C22.2 n° 213)
Emisiones radiadas y conducidas	EN50081-2 clase A
<i>Eléctricas /EMC:</i>	<i>El módulo ha superado las pruebas en los siguientes niveles:</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmunidad contra descargas electrostáticas (IEC1000-4-2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 kV contacto, 8 kV aérea, 4 kV indirecta</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmunidad radiada (IEC1000-4-3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 V/m, de 80 a 1000 MHz, 80% amplitud de modulación, +900 MHz portador manipulado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ráfagas rápidas transitorias (IEC1000-4-4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 kV, 5 kHz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmunidad a sobretensiones (IEC1000-4-5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 kV modo común, 1 kV modo diferencial</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmunidad conducida (IEC1000-4-6)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de 10 V, 0,15 a 80 MHz<sup>1</sup></li> </ul>
<small>1. El margen de frecuencias de inmunidad conducida puede ser de 150 kHz a 30 MHz si el margen de frecuencias de inmunidad radiada es de 30 MHz a 1000 MHz.</small>	

**Figura 23. Especificaciones técnicas módulo de entradas discretas.**  
Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).

## ANEXO I

### Especificaciones técnicas módulo de salidas discretas

<b>14</b> Módulo de salida Compact™ de estado sólido de 16 puntos - 100 a 240 VCA	
<b>Especificaciones</b>	
<b>Especificaciones generales</b>	
Especificación	Valor
Dimensiones	118 mm (alto) x 87 mm (profundidad) x 52.5 mm (ancho) la altura, incluyendo las lengüetas de montaje, es de 138 mm 4.65 (alto) x 3.43 pulgadas (profundidad) x 2.07 pulgadas (ancho) la altura, incluyendo las lengüetas de montaje, es de 5.43 pulgadas.
Peso de envío aproximado (con caja)	410 g (0.90 lbs.)
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +85 °C (-40 °F a +185 °F)
Temperatura de funcionamiento	0 °C a +60 °C (32 °F a +140 °F)
Humedad de funcionamiento	5% al 95%, sin condensación
Altitud de funcionamiento	2000 metros (6561 pies)
Vibración	En funcionamiento: 10 a 500 Hz, 5 G, 0.030 pulgadas máximo pico a pico Funcionamiento de relé: 2.0 G
Choque	En funcionamiento: 30 G montado en panel (20 G montado en riel DIN) Funcionamiento de relé: 7.5 G montado en panel (5 G montado en riel DIN) Fuera de operación: 40 G montado en panel 30 G montado en riel DIN)
Certificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificación C-UL (bajo CSA C22.2 No. 142)</li> <li>• Lista UL 508</li> <li>• CE y C-Tick para todas las directivas aplicables</li> </ul>
Clase de ambiente peligroso	Lugares peligrosos Clase I, División 2, grupos A, B, C, D (UL 1604, C-UL bajo CSA C22.2 No. 213)
Emisiones radiadas y conducidas	EN50081-2 Clase A
Eléctricas/EMC:	El módulo ha superado las pruebas en los siguientes niveles:
Inmunidad a descargas electrostáticas (ESD) (IEC61000-4-2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 kV contacto, 8 kV aérea, 4 kV indirecta</li> </ul>
Inmunidad radiada (IEC61000-4-3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 V/m, de 80 a 1000 MHz, 80% modulación de amplitud, +900 MHz portador codificado</li> </ul>
Ráfaga de fenómeno transitorio rápido (IEC61000-4-4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 kV, 5 kHz</li> </ul>
Inmunidad a sobretensión (IEC61000-4-5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 kV modo común, 1 kV modo diferencial</li> </ul>
Inmunidad conducida (IEC61000-4-6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 V, 0.15 a 80 MHz<sup>(1)</sup></li> </ul>
(1) El rango de frecuencia de inmunidad conducida puede ser de 150 kHz a 30 MHz si el rango de frecuencia de inmunidad radiada es de 30 MHz a 1000 MHz.	

**Figura 24. Especificaciones técnicas módulo de salidas discretas.**  
Tomado de: Catálogo digital Allen Bradley (2019).