

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRIA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

TEMA:

“MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EMPLEANDO
MANUFACTURA ESBELTA EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE
CARROCERÍAS.”

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de
Magister en Producción y Operaciones Industriales.

Modalidad de titulación: Proyecto de desarrollo

Autor: Ingeniero Alarcón Chávez Christian José.

Director: Ingeniero Naranjo Chiriboga Israel Ernesto Magíster.

Ambato –Ecuador

2021

APROBACION DEL TRABAJO DE TITULACION

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

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magíster, e integrado por los señores Ingeniera Daysi Margarita Ortiz Guerrero Magíster y el Ingeniero Christian Ismael Ortiz Sailema Magíster. designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas. Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: Mejoramiento de la productividad empleando manufactura esbelta en la línea de fabricación de carrocerías, elaborado y presentado por el Señor Ingeniero Christian José Alarcón Chávez, para optar por el Grado Académico de Magister en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente del Tribunal

Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Mejoramiento de la productividad empleando manufactura esbelta en la línea de fabricación de carrocerías, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Christian José Alarcón, Autor, bajo la Dirección del Ingeniero Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Magíster, director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Christian José Alarcón Chávez

AUTOR

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Mg.

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ing. Christian José Alarcón Chávez
c.c.1803829595

ÍNDICE GENERAL

Contenido

PORTADA.....	i
APROBACION DEL TRABAJO DE TITULACION.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
INDICE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
AGRADECIMIENTO.....	xiii
DEDICATORIA	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xv
EXECUTIVE SUMMARY.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 General.....	3
1.3.2 Específicos	3
CAPÍTULO II.....	4
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	4
2.1 Marco teórico.....	4
2.1.1 Sistema de Manufactura Esbelta	4
2.1.1.1 Manufactura en la industria automotriz.....	5
2.1.2 Siete residuos productivos y 5 S.....	6
2.1.3 Mapeo de flujo de valor en la línea de producción.....	8
2.1.4 Tiempos y Movimientos.....	10
2.2. Revisión de la literatura	11
2.2.1. Manufactura Esbelta.....	11
2.2.2 Mapeo de flujo de valor.....	14
CAPÍTULO III.....	16
MARCO METODOLOGICO.....	16
3.1 Ubicación.....	16

3.2 Equipos y materiales.....	16
3.3 Tipo de investigación.....	17
3.4 Prueba de hipótesis.....	17
3.5 Población o muestra.....	18
3.5.1 Población.....	18
3.6 Muestra.....	18
3.7 Recolección de información.....	19
3.8 Procesamiento de la información.....	20
CAPÍTULO IV.....	21
RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
4.1 Situación actual de la empresa.....	21
4.1.1 Misión.....	21
4.1.2 Visión.....	21
4.1.3 Política de calidad.....	21
4.1.4 Valores.....	22
4.1.5 Organigrama funcional.....	22
4.1.6 Mapa de proceso.....	24
4.1.7 Productos elaborados.....	26
4.1.8 Modelo CANVAS.....	27
4.2 Estudio de tiempos y movimientos.....	28
4.2.1 Proceso de fabricación de la carrocería.....	28
4.2.2 Diagrama de recorrido.....	28
4.2.3 Cursograma analítico del proceso de fabricación de la carrocería.....	30
Cálculo del Takt time actual (Línea de producción).....	31
4.2.4 Estudio de tiempos y movimientos sección acabados.....	33
4.3 Identificación de desperdicios.....	37
4.3.1 Value stream mapping.....	37
4.3.2 Análisis de desperdicio.....	41
4.4 Relaciones causales entre desperdicios y herramientas de manufactura esbelta.....	47
4.5 Aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.....	49
4.5.1 Manual 5 “S”.....	49
4.6 Comparación situación actual vs. Propuesta.....	49
4.6.1 Mejoramiento de los tiempos de producción en la sección acabados.....	49
4.6.2 Mejoramiento del Volumen productivo.....	54

4.7 Análisis financiero de la propuesta.....	80
CAPÍTULO IV.....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
4.8 Conclusiones.....	81
4.9 Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS.....	86

INDICE TABLAS

Tabla 1. Personal de carrocerías VARMA S.A.....	18
Tabla 2. Tipo de carrocería	26
Tabla 3. Producción 2020.....	26
Tabla 4. Cuadro resumen de las macro actividades.	31
Tabla 5. Takt time actual.....	31
Tabla 6. Takt time actual.....	32
Tabla 7. Ciclos observados.....	33
Tabla 8. Valorización del ritmo de trabajo.....	34
Tabla 9. Continuación, valorización del ritmo de trabajo.....	35
Tabla 10. Cálculo de suplementos en el área de acabados.....	36
Tabla 11. Estudio de tiempos sección acabados	36
Tabla 12. Continuación; Estudio de tiempos sección acabados.....	37
Tabla 13. Símbolos de flujo materiales	37
Tabla 14. Símbolos de flujo de información	38
Tabla 15. Tiempos por sección	40
Tabla 16. Tiempos por sección	40
Tabla 17. Resumen de estudio de desperdicios.....	42
Tabla 18. Resumen de estudio de desperdicios.....	48
Tabla 19. Actividades críticas del proceso.....	49
Tabla 20. Propuesta para el proceso.....	52
Tabla 21. Toma de tiempos reales.....	70
Tabla 22. Tiempo real vs simulación	72
Tabla 23. Tiempo real vs simulación	79
Tabla 24. Tiempo real vs simulación	80
Tabla 25. Estudio de tiempos preparación de chasis.....	86
Tabla 26. Estudio de tiempos estructura primer ensamble	87
Tabla 27. Estudio de tiempos estructura segundo ensamble.....	88
Tabla 28. Estudio de tiempos estructura tercer ensamble	89
Tabla 29. Estudio de tiempos vestidura fase 1	91
Tabla 30. Estudio de tiempos vestidura fase 2	92

Tabla 31. Estudio de tiempos vestidura fase 3	93
Tabla 32. Estudio de tiempos preparación.	95
Tabla 33. Estudio de tiempos fondeado	96
Tabla 34. Estudio de tiempos pintura.....	97
Tabla 35. Estudio de tiempos forro interno 1	99
Tabla 36. Estudio de tiempos forro interno 2.....	100
Tabla 37. Estudio de tiempos forro interno 3.....	101
Tabla 38. Continuación, Estudio de tiempos forro interno 3	102
Tabla 39. Estudio de tiempos apoyo	103
Tabla 40. Estudio de tiempos control de calidad	105
Tabla 41. Estudio de tiempos control de calidad	106
Tabla 42 Lista de verificación herramienta 5´S.	110
Tabla 43. Lista de verificación herramienta 5´S	111
Tabla 44 Registro de tarjetas rojas 5 “S”	115
Tabla 45. Registro de ubicación 5 “S”	116
Tabla 46. Colocación de las tarjetas rojas 5 “S”	120
Tabla 47 Registro de tarjetas rojas 5 “S”	121
Tabla 48. Registro de tarjetas rojas 5 “S”	122
Tabla 49. Estudio de desperdicios.....	124
Tabla 50. Estudio de desperdicios.....	124
Tabla 51. Estudio de desperdicios.....	125
Tabla 52. Estudio de desperdicios.....	125
Tabla 53. Estudio de desperdicios.....	126
Tabla 54. Estudio de desperdicios.....	126
Tabla 55. Estudio de desperdicios.....	127

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama 5S	7
Figura 2. Herramientas de manufactura esbelta.....	15
Figura 3. Ubicación de carrocerías Varma S.A	16
Figura 4. Organigrama Funcional Varma S.A	23
Figura 5. Mapa de procesos Varma S.A	25
Figura 6. Modelo de negocios Varma S.A.....	27
Figura 7. Diagrama de recorrido bus urbano VM6.....	29
Figura 8. Diagrama de proceso vs tiempo.....	30
Figura 9. VSM Actual de Carrocerías Varma.....	39
Figura 10. Alcance VSM	40
Figura 11. Diagrama Ishikawa sección acabados	43
Figura 12. Diagrama Ishikawa sección pintura.....	45
Figura 13. Análisis VSM.	47
Figura 14. Análisis herramientas de manufactura y desperdicios.....	48
Figura 15. Pegado de tablonos del piso.....	50
Figura 16. Lámparas del pasillo.....	50
Figura 17. Tapizado de la cabina.	51
Figura 18. Colocación de pasamanos.....	51
Figura 19. Conexión de tablero.....	51
Figura 20. Proceso nuevo vs tiempos.....	52
Figura 21. Diagrama de precedencias Acabados.	53
Figura 22. Diagrama de flujo sección estructura.	54
Figura 23. Análisis de variables de entrada, tiempos sección estructuras.	55
Figura 24. Análisis de variables preparación del chasis	56
Figura 25. KOLMOGOROV preparación del chasis.....	56
Figura 26. Análisis de variables estructura piso.	57
Figura 27. KOLMOGOROV piso.....	57
Figura 28. Análisis de variables estructura laterales.....	58
Figura 29. KOLMOGOROV laterales.....	58
Figura 30. Análisis de variables estructura techo	59
Figura 31. KOLMOGOROV techo.....	59
Figura 32. Análisis de variables montaje piso	60

Figura 33. KOLMOGOROV montaje piso.....	60
Figura 34. Análisis de variables montaje laterales.....	61
Figura 35. KOLMOGOROV montaje laterales.....	61
Figura 36. Análisis de variables montaje laterales.....	62
Figura 37. KOLMOGOROV montaje techo.....	62
Figura 38. Análisis de variables frente y complementos	63
Figura 39. KOLMOGOROV frente y complementos.....	63
Figura 40. Análisis de variables frente y complementos	64
Figura 41. KOLMOGOROV complementos	64
Figura 42. Datos para simulación estructuras.....	65
Figura 43. Software preparación del chasis	65
Figura 44. Software estructura primer ensamble	66
Figura 45. Software estructura primer ensamble	66
Figura 46. Software estructura segundo ensamble.....	67
Figura 47. Software estructura tercer ensamble.....	67
Figura 48. Software estructura total.....	68
Figura 49. Línea de producción sección estructuras.....	68
Figura 50. Línea de tiempo actividades simultaneas estructuras.....	69
Figura 51. Datos de simulación inicial.....	69
Figura 52. Numero de corridas	70
Figura 53. Parámetros obtenidos de la simulación con 95% de significancia	70
Figura 54. Réplicas de los valores-simulación.....	71
Figura 55. Datos obtenidos de la simulación.....	71
Figura 56. Distribución T-student.....	72
Figura 57. Curva de caracterización de operaciones tabla A10.....	74
Figura 58. Proceso mejorado caso 1	75
Figura 59. Datos de simulación.....	75
Figura 60. Resultados proceso mejorado caso 1.....	76
Figura 61. Resultados proceso mejorado caso 1.....	76
Figura 62. Resultados proceso mejorado caso 1.....	77
Figura 63. Proceso mejorado caso 2	77
Figura 64. Datos de simulación.....	78
Figura 65. Resultados simulación caso 2.....	78
Figura 66. Resultados simulación caso 2.....	78

Figura 67. Resultados simulación caso 2	79
Figura 68. Diagrama de precedencias estructuras.....	90
Figura 69. Diagrama de precedencias vestidura	94
Figura 70. Diagrama de precedencias pintura.....	98
Figura 71. Diagrama de precedencias pintura.....	104
Figura 72. Habilidad, esfuerzo, condiciones.....	107
Figura 73. Análisis herramientas de manufactura y desperdicios.....	111
Figura 74. Formato de tarjeta roja.....	114
Figura 75. VSM futuro(propuesta).....	127
Figura 76. Proforma de análisis financiero.	128

AGRADECIMIENTO

En primera instancia, agradezco al grupo de profesionales que impartieron sus conocimientos y me ayudaron a fortalecer y a sembrar conocimiento que servirá como pilar en mi vida profesional.

De la misma manera, quisiera agradecer a mi Director Académico Administrativo, el Ing. Mg. Franklin Tigre, por haberme guiado durante todo el desarrollo de mi tesis, quien ha sido muy paciente y me ha impulsado para que me esfuerce más allá del estándar.

Asimismo, quisiera agradecer a la empresa Varma S.A., por haber haberme brindado la oportunidad de afianzar mis conocimientos en sus instalaciones.

DEDICATORIA

Dedicado con todo mi cariño a mis padres Carmen y José, que siempre confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional, a mis hermanas y sobrino, por estar siempre cuando los necesite.

De una manera especial a mí querido hijo Israel, quien ha sido mi fuente de inspiración y motivación para ser una mejor persona y siempre entregar lo mejor de mí.

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

TEMA:

MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EMPLEANDO MANUFACTURA
ESBELTA EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS.

AUTOR: Ing. Christian José Alarcón Chávez

DIRECTOR: Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Mg.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño materiales y producción

FECHA: 18 de junio del 2021

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo tiene como finalidad estudiar la línea del proceso de construcción de carrocerías modelo urbano VM6 documentando los tiempos necesarios en su fabricación partiendo con la preparación del chasis y avanzando por cada uno de los procesos en donde control de calidad deberá estar inmiscuido hasta la inspección final. La investigación denotó la existencia de cuellos de botella en el área de acabados ya que posee el mayor tiempo de producción, por lo que se da una solución viable para eliminar este cuello de botella. De este modo se vuelve relevante crear estrategias que disminuyan los tiempos de fabricación sin la variación total de los procesos. En la actualidad encontrar un sistema de producción lineal que ayude y apalanque la competitividad en términos de producción de carrocerías nacionales es muy limitante; VARMA al consolidarse como una de las principales industrias carroceras a nivel nacional, cuenta con una distribución de procesos que no ha sido actualizada tornándose muy ajena a la producción por lo que es necesario disminuir el tiempo total de fabricación de carrocerías.

De forma concreta el presente Trabajo de investigación pretende conseguir mediante un análisis de tiempos y movimientos la factibilidad de denotar que a lo largo del proceso lineal se encuentren varios procedimientos que puedan ser traslapados mejorando los tiempos totales de producción sin afectar su calidad, además de una distribución de planta que contribuya a la disminución de los tiempos de caminatas.

Descriptorios: *Calidad, Kaizen, Manufactura esbelta, mejora continua, proceso, productividad, Six Sigma, sistemas de producción, tiempos y movimientos, VSM [Value Stream Mapping].*

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

PRODUCTIVITY IMPROVEMENT USING LEAN MANUFACTURING IN THE
BUS BODY MANUFACTURING LINE.

AUTHOR: Ing. Christian Jose Alarcón Chávez

DIRECTED BY: Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Mg.

LINE OF RESEARCH: Materials design and production

DATE: 18 de june del 2021

EXECUTIVE SUMMARY

The purpose of this work is to study the construction process line of VM6 urban model bodywork, documenting necessary times in its manufacture, starting with preparation of chassis and advancing through each of the processes in which quality control must be involved until the final inspection. The research will denote the existence of bottlenecks in the finishing area since it has the longest production time, so a viable solution is given to eliminate this bottleneck. In this way it becomes relevant to create strategies that decrease the manufacturing times without the total variation of processes. Nowadays, finding a linear production system that helps and leverages the competitiveness in terms of national car bodies production is very limiting; VARMA, has been consolidated as one of the main car body industries at nationally, has a distribution of processes that has not been updated, becoming very alien to the production, for this reason it is necessary to reduce the total time of car body manufacturing.

In a simple way this research work aims to achieve through an analysis of times and movements to denote that along the linear process there are several procedures that can be overlapped improving the total production times without affecting its quality, in addition to a plant layout that contributes to the reduction of walking times. }

Keywords: *Quality, Kaizen, Lean Manufacturing, Continuous Improvement, Process, Productivity, Six Sigma, Production Systems, Time and Movements, VSM [Value Stream Mapping].*

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción.

Actualmente en los países latinoamericanos el propósito de la mayor parte de las empresas automotrices es el uso óptimo de todos los recursos productivos disponibles; diversas compañías mediante el estudio de herramientas bajo manufactura esbelta han encontrado ciertas problemáticas comunes; las cuales al ser abordadas bajo la eliminación de desperdicios contribuyen con la disminución de costos de producción; y mejoramiento de procesos de fabricación en líneas de ensamblaje industrial [1].

La industria carrocera a nivel nacional se ha convertido en una parte importante en el área de ensamble automotriz, la cual enfoca todos sus esfuerzos en construir cada una de sus unidades bajo la reglamentación nacional [2], pues muestra los requisitos que deben cumplir los buses y minibuses diseñados para transporte urbano; esto hace que el proceso de fabricación de carrocerías tome un toque en producción industrial para poder ser competitivo, siendo necesarias técnicas que desarrollen la eliminación secuencial de estos desperdicios [3].

Tungurahua al contar con un 60% de empresas en la construcción de carrocerías a nivel nacional [4], tiene la posibilidad de volverse exportador, realizando la importancia de trabajar con calidad y aumentar los esfuerzos para que nuestros procesos productivos tengan manufactura esbelta. Este trabajo tiene como finalidad estudiar la línea del proceso de construcción de carrocerías modelo urbano VARMA VM6 documentando los tiempos necesarios en su fabricación; partiendo con la preparación del chasis y avanzando por cada uno de los procesos en donde control de calidad esta inmiscuido en la liberación de los mismos, realizando pruebas que verifiquen el óptimo funcionamiento, hermeticidad de las unidades y revisión de fugas de todo tipo, con la finalidad de satisfacer la necesidad del cliente.

Cabe resaltar que esta investigación denota la existencia de cuellos de botella que fueron procesos, donde el trabajo no fue significativo, procesos repetitivos y reprocesos, los cuales aumentan el costo productivo y alargan los tiempos reales de obtención del producto final. En todo momento las empresas trazan planes cercanos a los comportamientos reales, de esta forma minimizan los riesgos y reducen los niveles de incertidumbre que rodean al mundo de los negocios. En la literatura sobre el tema aparecen diferentes herramientas de planificación y control que han sido empleadas en el transcurso de los años en las empresas manufactureras[1]; así podemos citar el sistema Planificación de requerimientos de material [MRP], el sistema Planeación, programación y ejecución [DBR/OPT], el sistema de control de producción [CONWIP], entre otros; el desconocimiento de la filosofía y modo de funcionamiento de estos sistemas ha provocado que en el ámbito empresarial no se empleen los métodos idóneos de planificación y control.

En definitiva, este trabajo de investigación logró establecer mediante un estudio de tiempos y movimientos, que a lo largo del proceso lineal se encuentren varios procedimientos que fueron traslapados, mejorando los tiempos totales de producción sin afectar la calidad del producto, además de una distribución de planta que contribuyó a la disminución de los tiempos de caminatas.

La presente investigación está organizada de la siguiente manera: la revisión de la literatura con tres sub temas claves en la sección 2, se encuentra la ubicación y el tipo de muestra en la sección 3, mientras que en la sección 4 se presenta los resultados y la discusión partiendo de la situación actual de la empresa hacia un estudio de tiempos y movimientos, finalmente las respectivas conclusiones y resultados.

1.2 Justificación

Varma S.A al consolidarse como una empresa pionera en el sector carroceros nacional incurrió en ampliar su visión para cumplir con exigencias de mercado nacional e internacional, es por ello que resulta de vital importancia la mejora de su productividad a través un análisis de tiempos en movimientos en cada uno de los procesos de producción por lo que fue necesario el mejoramiento de la eficiencia productiva, disminuyendo actividades que no agregan valor y así aumentar la calidad del producto,

bajo un enfoque de manufactura esbelta; sin desmerecer el mejoramiento del ambiente laboral, y la construcción sana de un perfil profesional.

Además, la continua implementación de mejores prácticas productivas, será de gran beneficio en la reorganización de procesos a medida que estos vayan evolucionando; obteniendo una producción en línea que genere un orden y limpieza tanto en cada uno de sus procesos como en la generación de nuevas actividades. Este trabajo implementará una propuesta bajo un Mapeo de Flujo de Valor [VSM] el cual brinde un panorama real de los desperdicios productivos en el producto de mayor demanda [Urbano VM6]. Incluyendo la optimización de recursos, mejoramiento de tiempos totales de producción sin afectar la calidad; y el correcto funcionamiento de la línea productiva, haciendo posible un aumento real de la eficiencia.

1.3 Objetivos

1.3.1 General.

- Mejorar la productividad en la línea de producción de carrocerías en la empresa VARMA utilizando manufactura esbelta.

1.3.2 Específicos

- Realizar un estudio de tiempos y movimientos del proceso productivo actual.
- Identificar los desperdicios presentes en la línea de producción mediante un VSM actual.
- Seleccionar las herramientas de manufactura esbelta que pueden ser aplicadas al proceso productivo.
- Evaluar los resultados obtenidos basados en los tiempos de producción.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Marco teórico

2.1.1 Sistema de Manufactura Esbelta

La manufactura esbelta centra su trabajo en la eliminación de desperdicios los cuales tiene un 90% de la utilización de recursos productivos [1], donde mediante una descripción de un estudio preliminar en el desarrollo de un modelo conceptual permite medir la delgadez en la industria manufacturera.

Un sistema de producción es el de Manufactura Esbelta, un modelo que sirve para facilitar la competitividad en varios segmentos, con el objetivo de eliminar residuos (sin valor añadido) y también en la mejora de las condiciones de trabajo. Para las empresas automotrices la aplicación de manufactura esbelta dentro de su concepto está mejorando los procesos de producción, involucrando a sus proveedores de piezas, el consumo de materias primas y operando desde el inicio de su producción, para finalizar sus productos terminados.

El objetivo principal de la ergonomía es desarrollar y aplicar las técnicas de adaptación del hombre a su trabajo y formas eficientes y seguras con el fin de optimizar el bienestar y así aumentar la productividad. La aplicación de algunos métodos de proceso de análisis por la correlación con la implementación de Lean y las condiciones de trabajo en ergonomía son la base de esta filosofía. En el que se refiere a los resultados (cuantitativo - mismo volumen de productos con el menor número de empleados) y el (cualitativo - más rápido, precisión, puntualidad y mejora de la calidad del producto).

A través de esta recopilación de datos relacionándolos entre teoría, implementación física, conceptos e ideas entre los implicados, el enfoque de la herramienta aplicada en

las condiciones de los puestos / estaciones de trabajo y que devuelven los beneficios proporcionados a través de las entrevistas. Esto demuestra el resultado del análisis de los objetivos obtenidos por la mejora continua aplicada entre la eliminación de residuos y el aumento de la productividad y los impactos, las condiciones ergonómicas para llevar a cabo operaciones y, en consecuencia, los resultados obtenidos en la mejora de la productividad y el bienestar de sus empleados [2].

2.1.2 Manufactura en la industria automotriz

La evolución del proceso de producción (El sistema de producción de Toyota se originó en Japón, la planta de automóviles Toyota, justo después de la Segunda Guerra Mundial. En ese momento la industria japonesa tenía una productividad baja y una enorme falta de recursos, lo que impedía adoptar el modelo de producción en masa) [3].

En este contexto y buscar mejoras en el proceso de producción dos ingenieros ambiciosos (Kiichiro Toyoda y Taiichi Ohno), se aventuraron en una misión para entender el proceso de los estadounidenses en una visita a la planta de automóviles FORD US que, a su vez, desarrolló un sistema de producción diferenciado y un proceso de producción en masa. Este proceso fue llamado y popularizado en la producción del modelo "Ford T" donde la producción de vehículos era alta y baja de estos productos, y la alta proporción de maquinaria en relación con el número de trabajadores. Después de esta visita a los Estados Unidos, para entender el proceso y hacer diversos análisis y correlaciones, los japoneses tenían en mente que este modelo de producción en masa no pudiera ser aplicado en Japón. [3].

Así que la idea de desarrollar un sistema de producción conocido en todo el mundo como Toyota Production System (TPS) después de una línea de producción original de razonamiento basado en Henry Ford y Frederick Taylor con el desarrollo de la producción en masa, y Taiichi Ohno fue presentada como continuadora de Ford. Y para continuar con las mejoras en el sistema de producción de "Toyota" ya tenían otro pensamiento en la realización de la producción de pequeños lotes, con el objetivo de mejorar una línea de producción con más variedades en sus productos producidos en lotes más pequeños diversificando los colores de sus vehículos. [3].

Por ejemplo, en un lote de 10 vehículos 5 de ellos estarán en un color diferente. Eventualmente perfeccionar ideas sobre mejoras dentro del sistema de producción para aprovechar los beneficios mediante la reducción de estos costos de producción con el fin de identificar y eliminar las pérdidas existentes, lo que significa actuar que no agrega valor al producto. [3].

2.1.3 Siete residuos productivos y 5 S

Consecuentemente en una filosofía de gestión en la reducción de residuos, adoptamos en este período la manufactura esbelta o Lean Manufacturing, incorporada dentro de este siguió la nomenclatura conocida como los Siete Tipos de Residuos, caracterizados en:

- Super producción
- Expectante
- Transporte
- Procesamiento
- Stock
- Movimiento
- Defectos

En el objetivo del Sistema de Producción Toyota es hacer correcto la primera vez, y la eficiencia en la implementación de herramientas que apuntan fuertemente buscar eficazmente en este proceso, produciendo la cantidad exacta utilizando el recurso mínimo necesario, que incluye la eliminación de residuos con un flujo de producción mejorado con menos tiempo de entrega, menores costos, mejor calidad, mayor eficiencia en los servicios que satisfacen las expectativas del cliente y en consecuencia alcanzar la mejora en la eficiencia de la producción en general.

Teniendo también el enfoque principal para asegurar la calidad de los productos a producir, es decir, el resultado que cada organización quiere para usted, sus clientes están satisfechos con los productos altamente con calidad garantizada, por lo que las organizaciones así consiguen rentabilidad en su negocio[4].

Las 5S se basa en cinco palabras japonesas que comienzan con la letra S y que definen las fases de implementación. La primera fase es **Seiri**, que consiste en clasificar los elementos o herramientas de trabajo para mantener lo estrictamente necesario en el trabajo. La siguiente S es **Seiton**, en la que se debe ordenar e identificar lo necesario para facilitar el acceso y el uso, una vez ordenados los elementos necesarios, se debe limpiar el área de trabajo, mientras que **Seiso** se utiliza para mantener un alto nivel de rendimiento, teniendo en cuenta la limpieza del área de trabajo.

En la cuarta fase, **Seiketsu**, se eliminan las causas de la suciedad y el desorden, por lo que se desarrolla un procedimiento estándar de las tres primeras S, manteniendo el control visual para que todos puedan formar parte del beneficio y las mejoras que su implementación conlleva. Por último, para garantizar que todas las mejoras logradas se mantengan a lo largo del tiempo y no vuelvan a prácticas anteriores, debe verificarse que se cumplen las normas; es lo que se conoce como **Shitsuke** [1].

El 5S, básicamente es un método para organizar el lugar de trabajo en un taller o incluso en una oficina, es más una práctica que una técnica utilizada para establecer y mantener un entorno de calidad en una organización. Estos conceptos fueron defendidos por los ingenieros industriales de los siglos XIX y mediados del XX, son los japoneses los que las ponen en ideas sencillas para ser captadas fácilmente por todos los niveles de los operativos e implementarlas con éxito [5].



Figura 1. Diagrama 5S

Fuente: [3]

Por último, se concluye que, con la aplicación de los conceptos propuestos por el 5S, el comienzo hacia un cambio cultural se hace evidente, a corto plazo [4].

2.1.4 Mapeo de flujo de valor en la línea de producción.

El mapeo de flujo de valor tiene la reputación de descubrir residuos en procesos de fabricación, producción y negocio mediante la identificación y eliminación o racionalización de pasos de valor añadido y la eliminación de pasos sin valor añadido. Como ejemplo se presenta los diferentes tiempos de proceso para la fabricación de una bomba monobloque obteniéndolos de una industria de fabricación de bombas. Se dibuja un diagrama de flujo que muestra el proceso para reflejar el estado actual de la operación. Las acciones sin valor se identifican en cada paso y entre cada paso por su pérdida de tiempo y recursos. El proceso se analiza para la oportunidad de reducirlo y simplificarlo drásticamente al menor número de acciones necesarias. Al reducir el despilfarro, aumenta la proporción de tiempo de adición de valor en todo el proceso y se aumenta la velocidad de procesamiento del proceso.

Esto hace que el proceso rediseñado sea más eficaz (se están haciendo las cosas correctas) y más eficiente (necesita menos recursos). El proceso rediseñado se traza en su estado futuro con pasos de proceso y flujos de información rediseñados, simplificados y menos costosos. *S. M. Sutharsan* aborda la aplicación de conceptos de fabricación ajustada a la industria de fabricación de buses[6].

La metodología se basa en la mejora continua. En consecuencia, será un proceso continuo de estudio de estado, cálculo de métricas, implementación del progreso, observación de los resultados y nueva toma de decisiones de mejora.

Un primer diseño de VSM se realiza de acuerdo con los datos originales de los procesos de producción y el diseño, identificando los tiempos clave de cada estación de trabajo. Este diseño representa el punto de partida de la mejora.

Este diseño del VSM permite el inicio del progreso en la línea de fabricación. Las métricas utilizadas son representadas en el flujo de material a través de la corriente de valor, el tiempo que tarda el material en fluir desde el muelle receptor (o punto de entrada de la orden) hasta el muelle de envío (Ecuación (1)). LR es la relación entre el

tiempo de trabajo del valor añadido y el DtD o el tiempo de rendimiento (Ecuación (2)):

$$\text{DtD} = \text{Time for material flow through value stream} \quad (1)$$

$$\text{LR} = \frac{\text{Value added work time}}{\text{DtD}} \quad (2)$$

Otra cuestión importante es regular y reducir las existencias acumuladas. Por consiguiente, será necesario establecer un control del stock acumulado[7]. El control se llevará a cabo fácilmente en bodegas y estantes accesibles. Esta actividad facilita la gestión de las piezas que esperan ser procesadas porque el control visual es más eficaz. Utilizará el tiempo takt, una métrica totalmente conocida (Ecuación (3)) define:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Total time available for production}}{\text{Required no.of parts per shift}} \quad (3)$$

VSM está preparado para reunir la información necesaria sobre el estado actual de la empresa que nos ayudará a encontrar problemas y proporcionar la solución relevante para ellos. El mapa de flujo de valores se puede dibujar con el siguiente conjunto de reglas [7].

- El mapa debe incluir todo el valor añadido, así como la actividad sin valor del producto a fabricar.
- El siguiente paso es analizar el mapa encontrando problemas y proporcionándoles solución y preparar un plan de acción para implementarlos con ciertos plazos, responsabilidades y objetivos.
- Los mapas de flujo de valor se dibujan como imágenes del proceso y se utilizan para documentar tanto el mapa de estado actual (realidad) como el mapa de estado futuro (el objetivo).
- El mapa de estado actual es la situación actual de la empresa desde la que se miden todas las mejoras.
- Mapa de estado futuro es la visión de cómo el equipo del proyecto ve el flujo de valor en el futuro después de que se han realizado mejoras [7].

2.1.5 Tiempos y Movimientos

El estudio del tiempo y el movimiento elimina cada uno de los elementos que no son necesarios y determina el método adecuado para mejorar la eficiencia de una actividad o tarea.

Aplicando técnicas establecidas para determinar el tiempo óptimo en el que un trabajador realiza una tarea particular con alto rendimiento e identificando que cualquier tarea en la producción industrial se puede dividir en movimientos básicos llamados "therbligs" (conjunto de movimientos básicos necesarios para que realice operaciones en tareas manuales), por lo que es necesario utilizar un método de observación que permita determinar los tiempos estándar de la tarea a realizar. Los siguientes son los pasos a seguir para llevar a cabo el estudio de tiempos y movimientos[8].

- Obtener información sobre la operación y el operador en estudio
- Divida el proceso en elementos y registre la descripción completa del método
- Observar y registrar el tiempo empleado por el operador
- Determinar el número de ciclos a cronometrar.
- Evaluar el ritmo del operador.
- Determinar el tiempo normal
- Determinar las tolerancias
- Determinar el tiempo de funcionamiento estándar

También tiene en cuenta la capacidad: que es la competencia para seguir un método, el esfuerzo: que se asocia a un ritmo constante durante una operación, y las condiciones: relacionadas con el medio ambiente, las máquinas[9].

Los resultados del estudio se pueden presentar en esquemas, diagramas de flujo que permiten la corrección de errores cuando se detectan y designan patrones para ser reconocidos más fácilmente, porque utilizar técnicas para registrar un proceso de una manera comprimida, para obtener posible su mejor comprensión y mejora.

2.2 Revisión de la literatura

2.2.1 Manufactura Esbelta

Según *R. Sundar* el concepto de manufactura esbelta se desarrolló para maximizar la utilización de los recursos a través de la minimización de los desechos, luego se formuló la manufactura en respuesta al entorno comercial fluctuante y competitivo. Debido al entorno empresarial que cambia rápidamente, las organizaciones se ven obligadas a enfrentar desafíos y complejidades. Cualquier organización, ya sea manufacturera u orientada al servicio para sobrevivir, puede depender en última instancia de su capacidad de responder de manera sistemática y continua a estos cambios para mejorar el valor del producto.

Por lo tanto, el proceso de agregar valor es necesario para lograr esta perfección; implementar un sistema de manufactura esbelta se está convirtiendo en una competencia central para que cualquier tipo de organización se mantenga. La mayoría del estudio se enfoca en un solo aspecto del elemento lean, solo unos pocos se enfocan en más de un aspecto de los elementos lean, pero para la implementación exitosa de lean, la organización tuvo que enfocarse en todos los aspectos, como él (VSM) Value Stream Mapping, (CM) fabricación celular, sistema de línea U, Balanceo de línea, Control de inventario, Intercambio de datos de un solo minuto (SMED), sistema de extracción, Kanban, nivelación de producción, etc., en este artículo, se ha hecho un intento para desarrollar un mapa de ruta lean para que la organización implemente el sistema esbelto [10].

Otro punto de vista donde se observa datos porcentuales de aumento en el índice de productividad es el otorgado por *B. A. Oliveros* el cual limita al aumento de la productividad por este método únicamente en una producción en línea. Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta una industria de fabricación de productos de alto volumen y baja variedad (LVHV) es mejorar la entrega a tiempo del cliente (OTD) con respecto a la fecha prometida original (OPD) en una situación de fabricación por pedido (MTO). Se lleva a cabo un análisis sistemático de la causa raíz en la industria de LVHV para encontrar la verdadera causa raíz y eliminarla.

Este artículo propone una metodología que incorpora la metodología de pensamiento lean, una herramienta de seguimiento esbelto (LLT) y enfoques de equipo multifuncional (CFT) para mejorar OTD. Estos se prueban utilizando datos en tiempo

real de una empresa industrial de fabricación basada en LVHV, lo que resulta en una mejora promedio de OTD del 30 por ciento al 90 por ciento en aproximadamente ocho meses[5].

Actualmente, las empresas de construcción han demostrado la necesidad de adoptar sistemas de mejora de procesos para funcionar de manera competitiva en el mercado. Sin embargo, la construcción civil, en comparación con la fabricación, todavía tiene deficiencias relacionadas con la incorporación de nuevos sistemas de mejora.

Por lo tanto, el uso de Kaizen Events (KE) es uno de los principales mecanismos utilizados para perfeccionar los procesos durante la fase de producción (ejecución) de un producto, lo que garantiza un mejor rendimiento y un valor agregado para el cliente. La presente investigación buscó evaluar un método para adoptar KE en el sector de la construcción. Las herramientas de recopilación de datos utilizadas fueron un cuestionario y un grupo focal en el que participaron académicos y / o expertos que se ajustaban a un perfil específico[5]. Por tal motivo se demuestra que el enfoque manufactura esbelta en un punto real de análisis en todas las aplicaciones industriales del medio.

Ahora dado el interés en la industria por fluctuar con este tipo de métodos es necesario tener una perspectiva totalmente diferente acerca de la aplicación de estos métodos por lo tanto el interés en mejorar la calidad de la educación en ingeniería se considera ampliamente. Debido a una competencia cada vez más mundial, Lean Manufacturing (LM) ha sido un tema relevante entre los programas de posgrado de ingeniería industrial. A pesar de los avances en la enseñanza de principios y técnicas de LM, el carácter práctico inherente a LM socava el aprendizaje y el desarrollo de los estudiantes [11].

Históricamente, el pensamiento Lean tiene aplicaciones limitadas en el entorno de mantenimiento (es decir, un entorno que no es de fabricación). *C. J. Fourie* informa sobre las herramientas Lean que se pueden implementar en el entorno de mantenimiento. Para lograr esto, se utilizó una gestión típica de la cadena de suministro de una organización de servicios de material rodante para el análisis y la validación. El enfoque fue inicialmente mapear el proceso actual de la cadena de

suministro a través de un método estándar de mapeo de flujo de valor para identificar actividades no lean. Después de mapear el estado actual, se aplicaron otras herramientas Lean adecuadas para la gestión actual de la cadena de suministro. Finalmente, los indicadores de desempeño fueron formulados para una revisión y evaluación continua, dando resultados no tan alentadores de una aplicación de LM [12].

La transición del sistema de producción en masa al sistema de producción ajustada conlleva cambios significativos en las estrategias operativas de las organizaciones industriales. Un sistema modelo de producción puede generar diferentes reacciones por parte de las personas involucradas; algunos de ellos pueden mostrar resistencia durante el proceso, desde apoyo sin reservas hasta resistencia oculta. Con el fin de identificar las principales prácticas para apoyar los procesos de cambio, *I. A. Ferreira* proporciona una revisión de la literatura para sistematizar las principales investigaciones relacionadas con la gestión del cambio durante la implementación de la manufactura esbelta.

El objetivo de *I. A. Ferreira* es proporcionar una revisión sistemática de la literatura que cubra las principales investigaciones relacionadas con la gestión del cambio y la implementación de manufactura esbelta para identificar los principales factores que afectan el cambio del sistema de producción. Como resultado de este estudio, se identificaron documentos relacionados con la implementación de manufactura esbelta. También se identificaron las prácticas más relevantes de gestión del cambio para apoyar la implementación del sistema de producción ajustada [13]. Razón por lo cual es importante discernir la información presentada por el autor para una utilización clara de las herramientas aquí analizadas.

Finalmente, el análisis de manufactura esbelta cuenta con el objetivo de evaluar el efecto del factor motivacional en los resultados obtenidos después de implementar un sistema de manufactura esbelta en una compañía multinacional de manufactura de bienes de consumo. Los datos del indicador clave de rendimiento se obtuvieron de tres líneas de producción durante los períodos anteriores y posteriores a la implementación de la fabricación ajustada. Se realizaron entrevistas no estructuradas y se aplicó el instrumento Inventario de Motivación y Significado del Trabajo (MWTM). Los factores motivacionales se correlacionaron con los indicadores de desempeño. Los

resultados proporcionan evidencia para apoyar la hipótesis, basada en la literatura, de que el factor motivacional en los equipos de trabajo en un proceso de implementación ajustada afectará el grado de éxito del proceso. También se confirmó que después de la implementación del programa, hubo una mejora significativa en el rendimiento operativo de las líneas [14].

2.2.2 Mapeo de flujo de valor

Otro punto importante en donde inicia el análisis de un proceso productivo está basado en El mapeo de flujo de valor (VSM) es una herramienta útil para identificar áreas de desperdicio y mejora. Se ha convertido en una forma preferida de apoyar e implementar el enfoque lean. Si bien los principios lean están bien establecidos y tienen una amplia aplicación en la fabricación, su extensión a la tecnología de la información sigue siendo limitada. Basado en un enfoque de estudio de caso, *B. K. Jeong* presenta la implementación de VSM en una empresa de manufactura como una iniciativa de mejora. Implica mapear las actividades actuales de la empresa e identificar oportunidades de mejora. [15].

Después de varias entrevistas con empleados que actualmente están involucrados en el proceso, el mapa estatal actual está preparado para describir las áreas problemáticas existentes. El mapa de estado futuro está preparado para mostrar los planes de acción de mejora propuestos. Los logros de la implementación de VSM son la reducción del tiempo de entrega, el tiempo del ciclo y los recursos. Nuestro hallazgo indica que, con el nuevo cambio de proceso, el tiempo total de entrega puede reducirse de 20 días a 3 días: una reducción del 92% en el tiempo total de entrega del proceso de aprovisionamiento de la base de datos [16].

Un importante ejemplo acerca de la aplicación de esto está en la industria sudafricana enfrenta una inmensa competencia global por parte de países desarrollados como Alemania, probablemente debido a la adopción de técnicas de manufactura esbelta por parte de este último. Este estudio es una encuesta sobre publicaciones relacionadas con la implementación y la adopción de la fabricación ajustada en Sudáfrica. Para evaluar a Sudáfrica con respecto a las publicaciones de investigación sobre manufactura esbelta, se realizó un ejercicio de referencia con Alemania para cierto período. El

estudio concluye destacando las lagunas identificadas durante esta encuesta y recomendaciones a la aplicación de un sistema de mapeo d flujo de valor [17,18].

R. Coetzee en este artículo final revisa la medida en que las dimensiones humanas de la filosofía lean, como se describe en los principios de gestión de Toyota, se han incorporado en las estrategias de implementación lean. Se encuentra que pocos de los principios ocupan un lugar destacado en estas estrategias. Notablemente ausentes están aquellos vinculados al pilar de "respeto por las personas", que forma la mitad de la base del Toyota. Esta indica que la adopción de la filosofía esbelta va en contra del mensaje repetido a menudo por sus creadores de que ningún principio de la filosofía debe ser favorecido por el gasto de otro. Esto puede proporcionar información valiosa sobre las razones de la alta tasa de fallas de implementación [18,19].

En la Figura 2 podemos observar cómo interaccionan entre si los diferentes métodos para una correcta aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta.

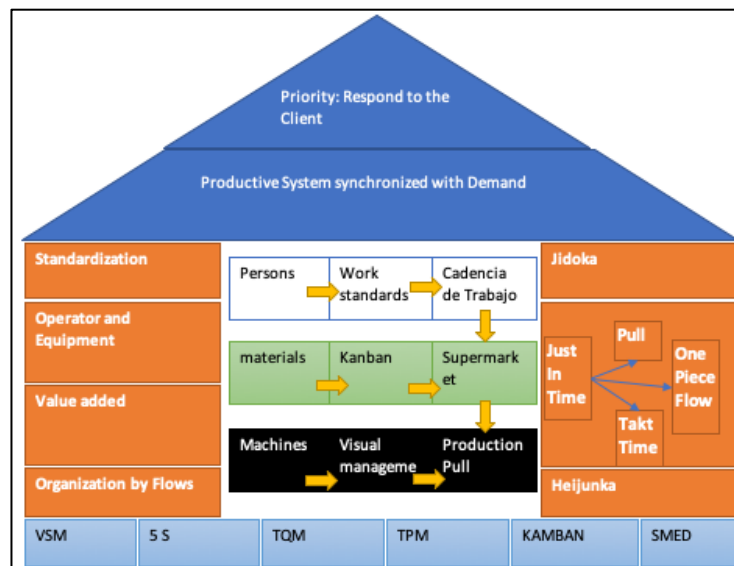


Figura 2. Herramientas de manufactura esbelta

Fuente: [3]

Como conclusión podemos indicar que la fabricación ajustada se considera ampliamente como una filosofía comprobada de mejora organizativa, pero la tasa de éxito de la implementación ajustada en la industria sigue siendo relativamente baja. El descuido del aspecto humano de la manufactura esbelta a menudo se cita como la razón principal de esto, a pesar del énfasis puesto tan claramente en este aspecto por los creadores de la filosofía esbelta.[20]

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Ubicación

Carrocería VARMA S.A se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua de la sierra ecuatoriana, sus límites las provincias de Cotopaxi y en el lado norte mientras que en el lado sur las provincias de Chimborazo y Morona Santiago, al este Napo y Pastaza y al Oeste con Bolívar y Cotopaxi, cuenta con una superficie de 3334 kilómetros cuadrados posee una temperatura ambiente promedio de 15 Grados centígrados, cuenta con una biodiversidad amplia lo que denota su alto grado de actividad turística de gran afluencia.

Las instalaciones de la empresa se encuentran en la ciudad de Ambato, sector Izamba Calle Pisacha, Sector Lungua.

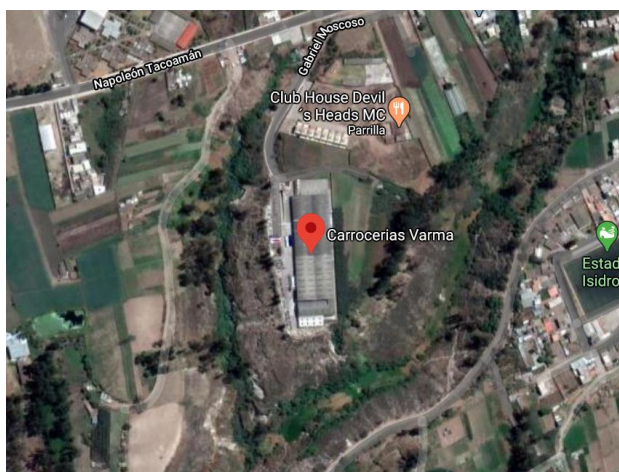


Figura 3. Ubicación de carrocerías Varma S.A

3.2 Equipos y materiales.

Los equipos y materiales que serán utilizados en el proyecto se detallan a continuación:

- Cronómetro digital
- Tablero digital
- Computador
- Software especializado.
- Insumos de oficina (bolígrafo, libreta).

3.3 Tipo de investigación.

La investigación que se planteó para este tema de desarrollo es de campo, los datos obtenidos en el estudio de tiempos y movimientos, fueron recogidos por observación directa en la construcción de las carrocerías tipo urbano modelo VM6 en el proceso de producción en línea, además estos datos tomaron un enfoque cuantitativo, dato que para conocer el estado real de la empresa fueron absorbidos datos estadísticos de producción con periodos mensuales y anuales, los cuales nos permitieron generar un índice de productividad inicial; proporcionaron un punto de partida de tiempos máximos y cuellos de botella identificados por este método de investigación.

Además, con una investigación bibliográfica documental porque esta investigación será de comienzo basada en fuentes bibliográficas con conceptualizaciones y criterios a partir de diversos autores basándose en fuentes de consulta como documentos, libros, artículos técnicos que han apoyado para sustentar teóricamente las variables dentro del contexto, marco teórico y metodología.

Hay que recalcar que una vez obtenida la herramienta de producción esbelta que nos ayudó a realizar el mejoramiento del índice de productividad, y la eliminación de desperdicios dentro de la fábrica; se volvió a la recopilación de información de planta, pudiendo comparar resultados y analizar el cumplimiento de objetivos acordes a el desarrollo de este plan, finalmente se puede concretar que la investigación es no experimental y tiene un enfoque cuantitativo.

3.4 Prueba de hipótesis.

Hipótesis.

Al tener un proceso donde cada actividad este después de la otra en forma lineal; limita ciertas actividades que se pueden manejar paralelamente por ello hay una pérdida productiva, la cual podrá ser mejorada al traslapar ciertas actividades y así lograr mejorar el índice productivo. Finalmente, con el uso de las herramientas de manufactura esbelta aplicado al proceso productivo, se logrará mejorar la eficiencia en la empresa Varma S.A.

Ho. – El uso de herramientas de manufactura esbelta aplicado al proceso productivo, no logrará mejorar la eficiencia en la empresa Varma.

Ha1.- Con uso de herramientas de manufactura esbelta aplicado al proceso productivo, se mejorará la calidad del producto final en la empresa Varma.

Ha2.- Usando herramientas de manufactura esbelta aplicado al proceso productivo, mejora la ergonomía en cada puesto de trabajo en la empresa Varma.

3.5 Población o muestra.

3.5.1 Población.

La población que se tomó en cuenta para el estudio del proyecto de investigación es el total de sus colaboradores, 120 trabajadores los mismos que están inmersos en las actividades de cada área, además de cinco macroprocesos que conforman la línea de producción para la construcción de carrocerías.

A continuación, se detalla el personal que labora en las instalaciones, por áreas de trabajo.

Tabla 1. Personal de carrocerías VARMA S.A.

Área de trabajo	Número de colaboradores
Gerencia y Administrativo	6
Departamento Técnico y producción	2
Área de estructuras	29
Área de vestidura	10
Área de pintura	29
Área de acabados	21
Área de fibra de vidrio	20
Bodega	2
Mantenimiento	1
Total	120 personas

Fuente: Carrocerías Varma S.A

3.5.2 Muestra.

La muestra es considerada como la parte de la población a la que se aplicara el proyecto de investigación, la misma que es calculada con la siguiente fórmula.

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

Dónde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que generalmente cuando no se tiene un valor, se utiliza un valor constante de 0,5.

Z = Niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual).

e = Límite aceptable de error muestral, generalmente cuando no se tiene su valor, se utiliza un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09)

Sin embargo, para la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta y la toma de tiempos se ha considerado que la población será igual a la muestra ya que el proyecto considera cada uno de los procesos productivos y áreas de trabajo pertenecientes a la empresa.

Cabe destacar que la población es finita ya que los elementos en su totalidad son identificables y accesibles.

3.6 Recolección de información.

La investigación que se realizó tiene como principio la recolección de información mediante el método de observación y con una lista de verificación la cual permitió conocer tiempos de entrada en la planta de producción.

Debido a que se tomó cada uno de los tiempos en base a lo observado se verificó las entradas de cada proceso y se procedió a dar inicio al cronómetro hasta que el proceso termine, posterior a eso cada uno de los datos fue registrado en dicha tabla, se puso en marcha el cronómetro desde cero y se procedió a la toma de tiempos del siguiente proceso.

Cabe resaltar que, debido a la recolección de datos estadísticos de producción conocidos a partir del año 2018, fue factible evaluarlos a través de fundamentos estadísticos conociendo tanto los tiempos de producción como el sistema de producción que maneja la empresa para la construcción de una unidad terminada.

Otra de las razones por la cual es evidente el enfoque cuantitativo es tener una visión más amplia de los procesos y así poder explicar como una herramienta de manufactura esbelta, mejora o no el índice de productividad de una empresa; sabiendo que este índice, tiene una interpretación de datos analizados sistemáticamente.

3.7 Procesamiento de la información

En calidad de investigador se empezó revisando el material de trabajo que se emplea en las distintas fuentes predeterminadas, históricos de producción, tablas y hojas de cálculo para ver si no hay errores procesales, redacción en el contexto, formulación de las preguntas y organizar la tabulación definitiva de los resultados de la investigación; procediendo a elaborar los respectivos cuadros estadísticos con sus gráficos en porcentajes en cada una de las respuestas obtenidas.

Una vez recopilada la información se procedió de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Se recolectó, clasificará, seleccionará y se tabulará la información.
2. Se estudió los datos estadísticos.
3. Se presentó los datos en cuadros estadísticos y con gráficos.
4. Se analizó e interpretará los resultados, con juicios de valor de cada una de las gráficas.
5. Conclusiones.

Finalmente con base a la recolección de datos estadísticos mediante el método de observación obtenidos de la población analizada durante el estudio y los tiempos de producción en la construcción de un bus urbano modelo VM6, el procesamiento de la información se llevó a cabo con la revisión crítica y clasificación de la información obtenida para luego proceder con la agrupación de cada uno de los datos por proceso de producción y por área de trabajo con el fin de tabular los datos tomando en cuenta los parámetros y a su vez la relación con las variables de la hipótesis planteada.

Para continuar con la elaboración de tablas que permitan observar los datos estadísticos mismos que serán representados en gráficas para un mejor análisis. Cabe destacar que en su mayoría los datos son cuantitativos por lo que la utilización de gráficas estadísticas resulta muy favorable para el análisis en cada área de trabajo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Situación actual de la empresa

Varma es una empresa dedicada a la construcción de carrocerías con 55 años de experiencia realiza buses en las siguientes versiones: Urbano, Interprovincial, Intraprovincial, Turismo, Escolar, Especial.

Al consolidarse como una de las principales grandes empresas en la construcción de carrocerías a nivel nacional, cuenta con una distribución de procesos de producción en línea, teniendo como base la misión y visión definidas a continuación:

4.1.1 Misión

Construir carrocerías de óptima calidad, satisfaciendo y superando las expectativas de nuestros clientes, haciendo que la experiencia sea gratificante, basándonos en nuestros principios y valores empresariales, con talento humano comprometido y apasionado por lo que hace, con responsabilidad social y ambiental.

4.1.2 Visión

VARMA S.A. será a la empresa líder en diseño y fabricación de carrocerías para el transporte seguro de personas, incorporando nuevas tecnologías que permitan una producción dinámica con responsabilidad social.

Estaremos presentes en el mercado internacional con un producto de excelencia, que garantice la calidad y satisfacción de nuestros clientes, basados en el desarrollo integral de nuestro talento humano, viviendo nuestra cultura corporativa y cuidando el medio ambiente.

4.1.3 Política de calidad

Estamos comprometidos con el desarrollo y fabricación de carrocerías, para el transporte seguro de personas, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes,

asegurando nuestros procesos con calidad y el mejoramiento continuo de nuestro talento humano.

4.1.4 Valores

Carrocerías Varma se consolida en base a valores fundamentales como son:

- **Lealtad:**
Compromiso de fidelidad, honestidad y respeto manejada en todos los entornos de la organización.
- **Responsabilidad:**
La habilidad de responder a situaciones que requieren de seriedad, de precisión y de efectividad.
- **Ética:**
Conductas y actitudes que ayudan al buen vivir, generando equidad en el entorno laboral desempeñado. La verdad será dicha bajo cualquier circunstancia.
- **Pasión:**
Hacemos nuestro trabajo con entusiasmo y disfrutamos de nuestras actividades diarias, viendo cada día como una oportunidad para empezar con fuerza nuestro servicio al cliente interno y externo.
- **Empatía:**
La habilidad de entendernos y conectarnos a otros nos permitirá llegar a acuerdos y responder adecuadamente a sus necesidades formando así equipos de trabajo efectivos.

4.1.5 Organigrama funcional

A continuación, se detalla el organigrama funcional de la empresa:

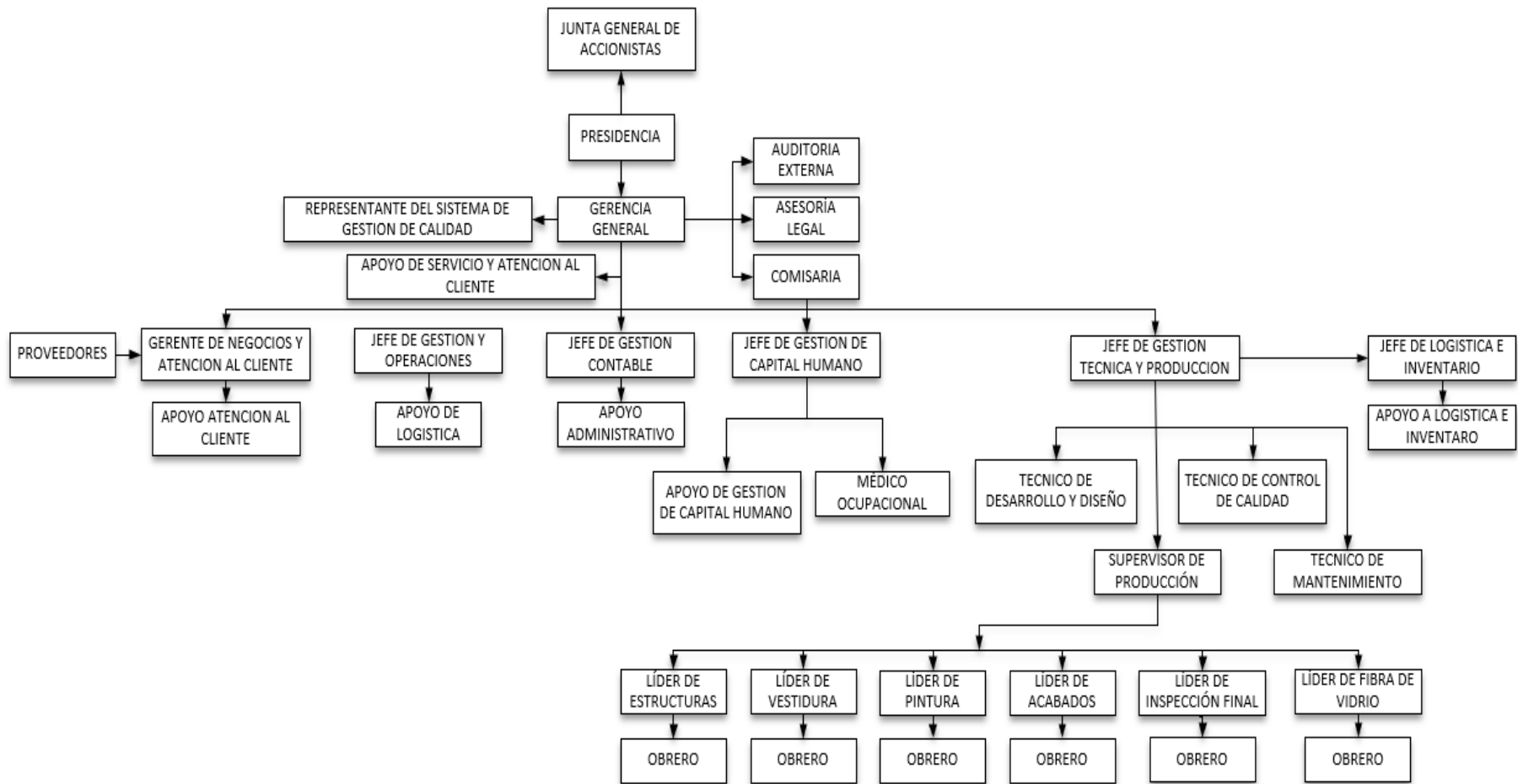


Figura 4. Organigrama Funcional Varma S.A

4.1.6 Mapa de proceso

En el mapa de procesos que se presenta a continuación se puede visualizar de forma estratégica un enfoque de cada proceso que forma parte de la construcción de la carrocería, están definidos de la siguiente manera:

- Procesos Estratégicos:
 - Planificación, revisión gerencial y gestión de recursos.
 - Sistema de gestión de calidad.
- Procesos claves:
 - Gestión de negocios y apoyo al cliente.
 - Gestión de logística e inventarios.
 - Diseño
 - Producción.
 - Conjunto estructural
 - Vestidura
 - Fibra de vidrio
 - Pintura
 - Acabados
 - Procesos subcontratados
 - Control de calidad
 - Entrega de producto
- Proceso de apoyo:
 - Gestión de capital humano
 - Gestión de operaciones y adquisiciones
 - Mantenimiento

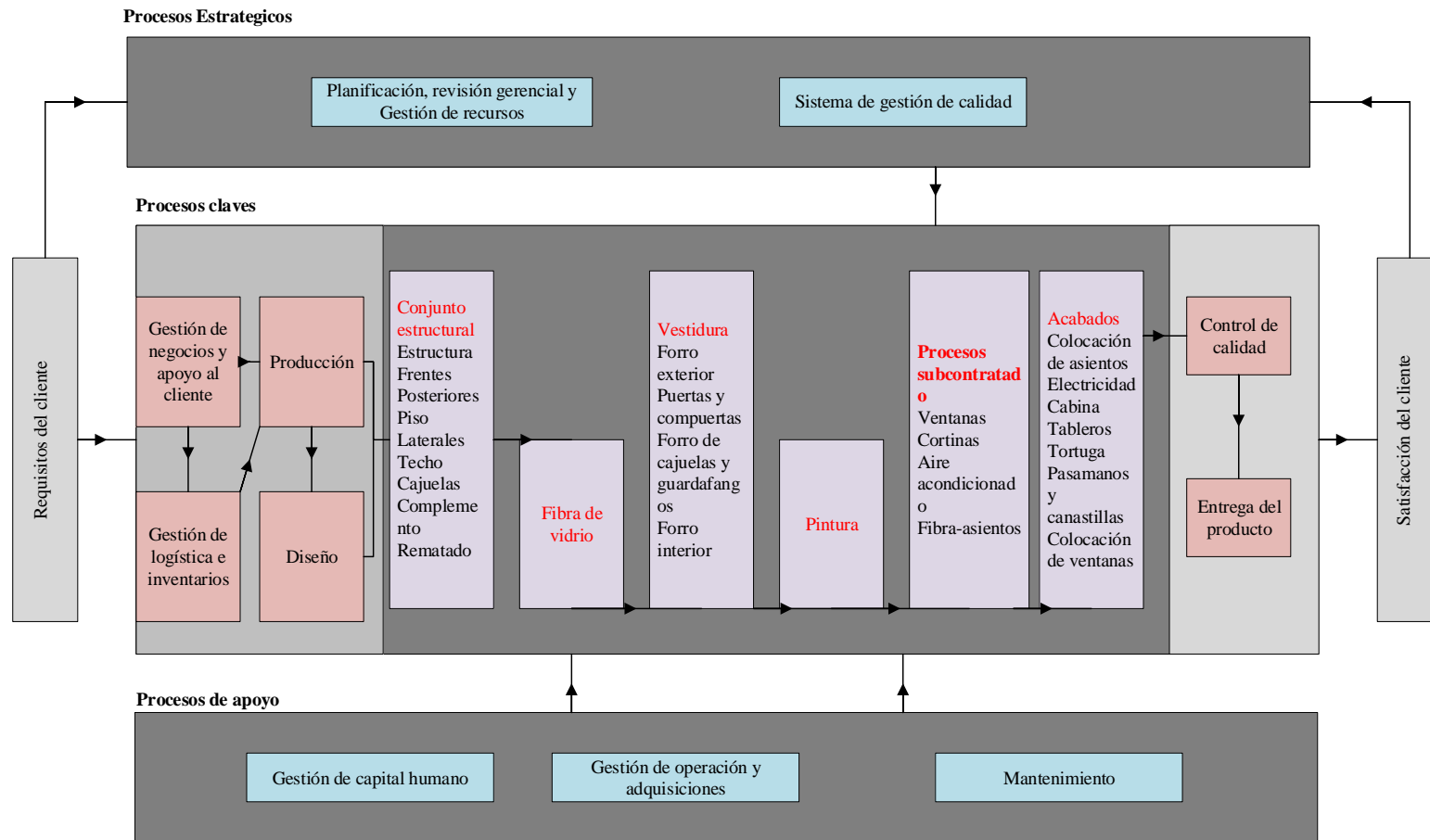


Figura 5. Mapa de procesos Varma S.A

4.1.7 Productos elaborados

Carrocerías Varma cuenta con una amplia gama de productos que el cliente puede seleccionar dependiendo de sus necesidades de transporte y movilización:

Tabla 2. Tipo de carrocería

Tipo de carrocería	Ilustración
Bus escolar e institucional	
Bus urbano	
Bus interprovincial	

Para el proyecto se ha tomado en cuenta el bus urbano modelo VM6 ya que según los históricos de la empresa todos los productos fabricados en el año 2020 fueron de este modelo, a continuación, se muestra el histórico de unidades producidas:

Tabla 3. Producción 2020

Nº	Meses	Carrocerías Terminadas (urbano VM6)	Reparaciones Realizadas
1	Enero	8	4
2	Febrero	12	3
3	Marzo	10	0
4	Abril	14	1
5	Mayo	7	12
6	Junio	6	3
7	Julio	15	3
8	Agosto	12	3
9	Septiembre	10	2
10	Octubre	9	3
11	Noviembre	10	0
12	Diciembre	9	1
	TOTAL	122	35
	PROMEDIO	11,1	4,4

4.1.8 Modelo CANVAS

Varma al poder consolidar su modelo de negocios muestra mediante una matriz simplificada los siete aspectos en donde está enfocado, dichos aspectos están considerados de manera global en un lienzo que se encuentra dividido en los principales, lo que involucran el negocio y por supuesto gira en torno a la propuesta de valor:

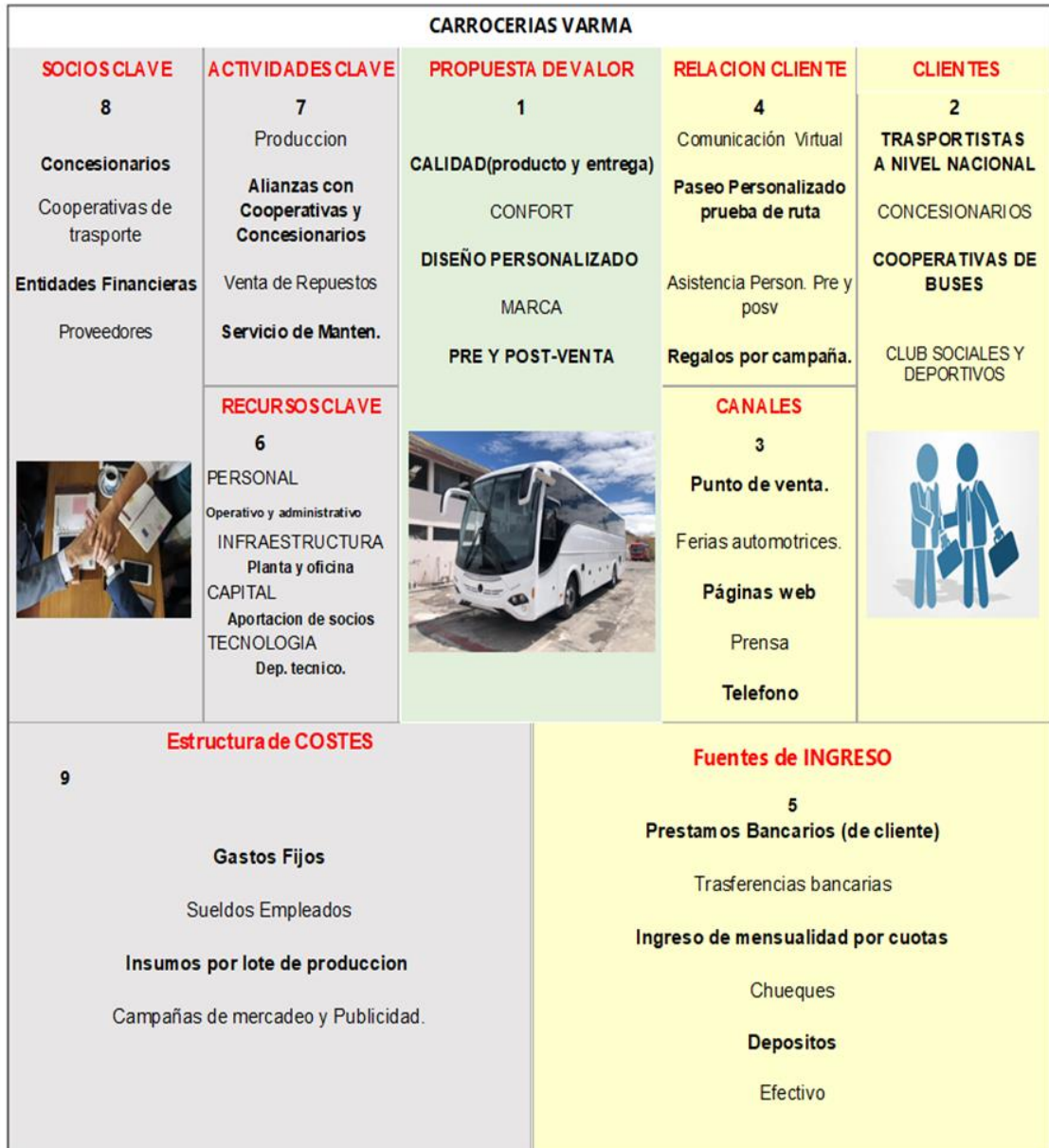


Figura 6. Modelo de negocios Varma S.A

4.2 Estudio de tiempos y movimientos

4.2.1 Proceso de fabricación de la carrocería

Para la fabricación de la carrocería en la línea de producción una vez que ingresa la orden de pedido, recolecta todas las piezas para ingresar a la zona de transformación de materia prima en un producto que sea valioso para el cliente final, se denota que los procesos siguen una línea en específico, estos procesos fundamentales son:

- Recepción de chasis
- Estructuras
 - Prefabricados
 - Estructura primer ensamble
 - Estructura segundo ensamble
 - Estructura de complementos
- Vestidura
 - Colocación de fibras
 - Cajuelas y electricidad
 - Forros interiores
- Preparación de pintura
 - Pintura bus
 - Pintura de partes y piezas
 - Franjeado y piso
- Acabados
- Control de calidad.

4.2.2 Diagrama de recorrido

Para la presentación del diagrama de recorrido de la construcción de una carrocería de un bus tipo urbano modelo VM6 se tomó en cuenta los procesos fundamentales que se llevan a cabo en la línea de producción además se destaca el control de calidad en cada uno de los procesos para que la unidad sea liberada al siguiente:

DIAGRAMA DE RECORRIDO URBANO VM6

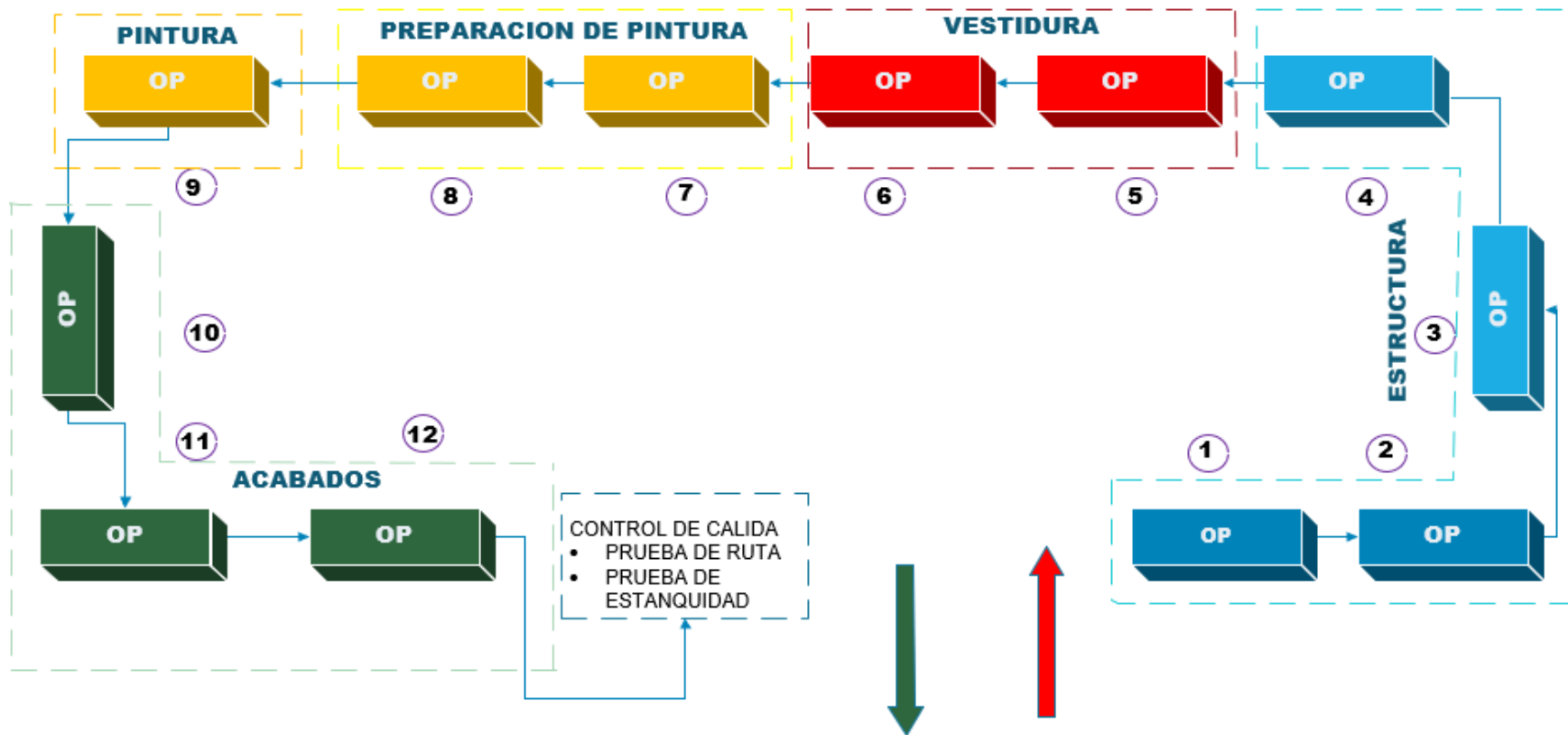


Figura 7. Diagrama de recorrido bus urbano VM6

4.2.3 Cursograma analítico del proceso de fabricación de la carrocería

En el anexo 1, se observa el flujo detallado de procesos mediante el diagrama analítico de cada proceso, lo que resulta indispensable para obtener la cantidad de horas que se demora en realizar un conjunto de actividades por sección.

Los datos establecidos en cada una de las actividades que forman parte del anexo 1, son el punto de partida y referencia para calcular el tiempo normal recomendado por la organización internacional de trabajo OIT junto con la tabla de GENERAL ELECTRIC para los parámetros para la determinación de Número de ciclos, para tener un enfoque claro de cuál es el cuello de botella de la organización con respecto al proceso productivo se presenta el siguiente gráfico:

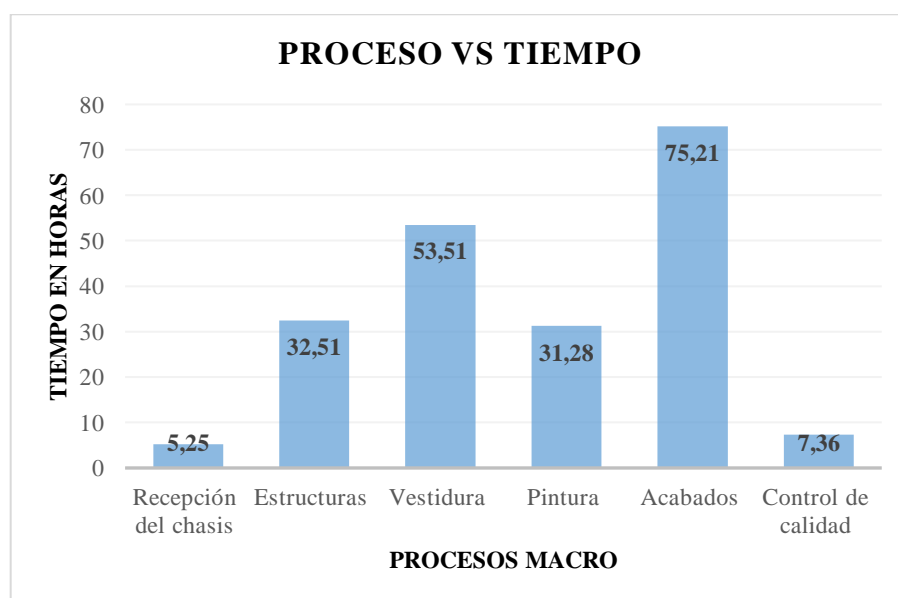


Figura 8. Diagrama de proceso vs tiempo

Mediante el diagrama presentado en la figura 8 se determinó que el proceso de acabados es el que posee un mayor tiempo de producción con 75.21 h es decir es el cuello de botella ya que una o más actividades están generando un exceso de demoras, por lo que este proyecto se enfoca en la sección acabados y sus actividades.

Cabe recalcar como cuadro resumen, alrededor de todas las macro actividades, se desprende lo citado a continuación:

Tabla 4. Cuadro resumen de las macro actividades.

AREA	Tiempo Acumulado(h)	Suplementos (10%)	Tiempo estándar por Área(h)	Número de Actividades	Número de Procesos	Actividad Takt Time	Tiempo Takt Time
Recepción del chasis	5,25	0,525	5,775	1	1	<i>1A</i>	5,25
Estructuras	32,51	3,251	35,761	17	10	<i>1B</i>	9
Vestidura	53,51	5,351	58,861	21	13	<i>1G</i>	8,58
Pintura	31,28	3,128	34,408	13	12	<i>II</i>	5,5
Acabados	75,21	7,521	82,731	45	15	<i>3L,4L,8M</i>	8,58/8,40
TOTAL (horas)	197,76	19,776	217,536	97	51		

Con respecto a la tabla resumen se evidenció que el Takt Time más elevado se encuentra en la sección estructuras con la actividad que corresponde a la construcción estructura metálica techo, teniendo un TT de 9 horas, además en base a este tiempo se mejorara el volumen productivo como se detalla en el apartado 4.5.2 Volumen productivo.

4.2.4 Cálculo del Takt time actual (Línea de producción)

En base a los datos recolectados con el VSM se procedió a calcular el Takt time promedio de producción de la unidad para así poder satisfacer la demanda del cliente, el Takt time esta medido en minutos.

Tabla 5. Takt time actual

Descripción	Cantidad
Turnos de trabajo	1
Horas/turno	10
Días trabajados	20
Demanda del cliente	12
Personas en planta	100

$$Takt\ time = \frac{tiempo\ disponible\ minutos}{demanda\ actual}$$

$$Takt\ time = \frac{12000\ Minutos}{12\ unidades}$$

$$Takt\ time = 1000\ minutos /unidad$$

$$Takt\ time = 16,66\ Horas/unidad$$

En base al Takt time calculado se determina que debido a la línea de producción que mantiene Carrocerías Varma por cada 16,66 horas se libera una unidad producida sin embargo con una proyección en la demanda del histórico que se presenta a continuación se calcula un Takt time futuro.

Tabla 6. Takt time actual

AÑO	MES	MESES	AÑOS	VENTA	INDICE	VETAS DESEST	TENDENCIA
2017	1	ENERO	1	7	0,09	78,33	36,3765 3,2507
	2	FEBRERO	2	8	0,07	117,50	38,774 2,6399
	3	MARZO	3	4	0,06	62,67	41,1715 2,628
	4	ABRIL	4	2	0,05	42,73	43,569 2,0394
	5	MAYO	5	2	0,09	23,50	45,9665 3,912
	6	JUNIO	6	3	0,06	47,00	48,364 3,0871
	7	JULIO	7	4	0,09	42,73	50,7615 4,7521
	8	AGOSTO	8	8	0,09	89,52	53,159 4,7504
	9	SEPTIEMBRE	9	8	0,11	72,31	55,5565 6,1467
	10	OCTUBRE	10	4	0,11	37,60	57,954 6,1653
	11	NOVIEMBRE	11	3	0,11	28,20	60,3515 6,4204
	12	DICIEMBRE	12	3	0,08	39,17	62,749 4,8063
2018	13	ENERO	1	3	0,09	33,57	65,1465 5,8216
	14	FEBRERO	2	0	0,07	0,00	67,544 4,5987
	15	MARZO	3	5	0,06	78,33	69,9415 4,4644
	16	ABRIL	4	2	0,05	42,73	72,339 3,3861
	17	MAYO	5	5	0,09	58,75	74,7365 6,3606
	18	JUNIO	6	1	0,06	15,67	77,134 4,9234
	19	JULIO	7	4	0,09	42,73	79,5315 7,4455
	20	AGOSTO	8	4	0,09	44,76	81,929 7,3213
	21	SEPTIEMBRE	9	8	0,11	72,31	84,3265 9,3297
	22	OCTUBRE	10	10	0,11	94,00	86,724 9,226
	23	NOVIEMBRE	11	10	0,11	94,00	89,1215 9,481
	24	DICIEMBRE	12	8	0,08	104,44	91,519 7,01
2019	25	ENERO	1	11	0,09	123,10	93,9165 8,3925
	26	FEBRERO	2	8	0,07	117,50	96,314 6,5575
	27	MARZO	3	6	0,06	94,00	98,7115 6,3007
	28	ABRIL	4	7	0,05	149,55	101,109 4,7328
	29	MAYO	5	13	0,09	152,75	103,5065 8,8091
	30	JUNIO	6	11	0,06	172,33	105,904 6,7598
	31	JULIO	7	14	0,09	149,55	108,3015 10,139
	32	AGOSTO	8	9	0,09	100,71	110,699 9,8923
	33	SEPTIEMBRE	9	10	0,11	90,38	113,0965 12,513
	34	OCTUBRE	10	11	0,11	103,40	115,494 12,287
	35	NOVIEMBRE	11	12	0,11	112,80	117,8915 12,542
	36	DICIEMBRE	12	7	0,08	91,39	120,289 9,2136

Takt time futuro

Para el cálculo del Takt time futuro se tomó como referencia las proyecciones de las ventas que se llevarán a cabo el siguiente año basado en los históricos de la empresa tabla 6 teniendo como proyección y meta 14 unidades mensuales, para lo que se requiere:

$$Takt\ time = \frac{tiempo\ disponible\ minutos}{demanda\ futuro}$$

$$Takt\ time = \frac{12000\ Minutos}{14\ unidades}$$

$$Takt\ time = 857,14\ minutos /unidad$$

$$Takt\ time = 14,28\ Horas/unidad$$

Carrocerías Varma por cada 14,28 horas deberá liberar una unidad producida terminada, es decir que el lapso de este periodo el departamento de control de calidad deberá verificar que un bus esté listo para su entrega teniendo en cuenta el número de ingresos de chasis a planta.

4.2.5 Estudio de tiempos y movimientos sección acabados

Para el estudio de tiempos de la sección acabados es importar saber el número de ciclos a cronometrar según lo indica la tabla de la GENERALS ELECTRIC

Tabla 7. Ciclos observados

Tiempo de Ciclo (minutos)	Número de ciclos a cronometrar
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 - 5.00	15
5.00 - 10.00	10
10.00 - 20.00	8
20.00 - 40.00	5
Más de 40.00	3

Fuente: General Electric

Por lo que se establece un número de ciclos a cronometrar de 3, en cada una de las actividades se procedió a tomar 3 tiempos de ciclo para posteriormente calcular el tiempo estándar de la sección.

A continuación, se detalla la tabla de actividades del proceso de acabados en la línea crítica, con la valorización del ritmo de trabajo según la Westinghouse. (Anexo 2)

Tabla 8. Valorización del ritmo de trabajo

VALORIZACION DEL RITMO DE TRABAJO					
TAREA	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	VALORACION
Montaje estructura de fibra de vidrio en el motor (tortuga)	0,03	0,02	0,02	-0,02	1,05
Cableado, envolturas y amarras en la parte inferior del piso	0	-0,04	0,02	0,01	0,99
Pegado de partes de fibra de vidrio parte posterior	0	0,05	0,02	0,01	1,08
Pegado de forro interior de fibra de vidrio, parte superior y lateral.	0,06	0,05	0,02	0	1,13
Pegado parte de fibra de vidrio en la cabina	0,03	0,05	-0,03	0	1,05
Pegado de tablonces en el piso	-0,01	0,02	0	0,02	1,03
Conexión lámpara del pasillo lado Izquierdo	0,03	0	0	0	1,03
Adaptación complemento del tubo de escape	0,03	0	0,02	0	1,05
Conexión de lámparas, cámaras y parlantes en el pasillo y en las puertas	0,06	0	0	0,01	1,07
Colocación de forro en los refuerzos de las ventanas	-0,05	-0,04	0	0	0,91
Pegado de planchas corrugadas en las bodegas	-0,05	0	-0,03	-0,02	0,9
Pegado del vidrio en la parte posterior	0,06	0,02	0,02	0,01	1,11
Tapizado de la cabina	0	0	-0,03	-0,02	0,95
Tapizado del piso	0,03	0,02	0	-0,02	1,03
Conexión eléctrica en la cabina	0,03	0	-0,03	0	1
Tapizado partes faltantes del piso	0,03	0	0		1,03
Pegado de forro lateral inferior	0,03	0,02	-0,03	0	1,02
Colocación de pasamanos	0,06	0,02	0,02	0,01	1,11
Montaje tortuga	0,03	0,02	0,02	0	1,07
Pegado de planchas antideslizantes en el pasillo	0,03	0,02	0	0	1,05
Pegado de planchas antideslizantes en las gradas	0,03	0,02	0	0	1,05
Montaje de fibra de vidrio en la parte superior de la cabina	0,03	0,02	0,02	0	1,07

Tabla 9. Continuación, valorización del ritmo de trabajo

VALORIZACION DEL RITMO DE TRABAJO					
TAREA	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	VALORACION
Instalación de electroválvulas	0,06	0	-0,03	-0,02	1,01
Pegado de planchas corrugadas en las bodegas	0	0,02	-0,02	0	1
Colocación de martillos y señalética	0	0	0	0	1
Subir los asientos	-0,1	-0,08	0,02	0	0,84
Pegado y montaje de parabrisas	0,03	-0,04	0,01	0,02	1,02
Empernado de los asientos	0	0,02	0	0	1,02
Conexiones del tablero	0,06	0,02	0	0	1,08
Sellado de la cabina	0,03	0	0	-0,02	1,01
Remachado de las tapas de los compartimientos y sellado interior	0	0	0	0	1
Colocación de leds en las gradas	0,03	0	0	-0,02	1,01
Colocación de basureros, corrales y cinturones de seguridad	0	0	0	0	1
Aplicación de anticorrosivo en la estructura inferior del bus	0	0,02	0	0	1,02
Conexión del tablero digital en la cabina	0,03	0	-0,03	-0,02	0,98
Calafateado	-0,05	0	-0,03	0	0,92
Colocación de ventanas	0,03	0,03	0	0,01	1,07
Colocación de espejos retrovisores en el interior del bus	0	0	0	0	1
Colocación del asiento del conductor	0	0,02	0	0	1,02
Colocación de botiquín, cinturón de seguridad del conductor, placas de identificación	-0,05	0,02	0	0	0,97
Colocación de puertas	0,03	0,05	0,02	0	1,1
Conexión de pistones neumáticos a las puertas	0,06	0	0	0	1,06
Montaje de retrovisores externos de la cabina	0	0	0	0	1
Pegado de etiquetas, sellos distintivos, logotipos.	0	0	0	0	1
Control de calidad	0,08	0,02	0	0,03	1,13

Tabla 10. Cálculo de suplementos en el área de acabados

SUPLEMENTO CONSTANTE		
Operario	Hombre	
		%
Suplementos constantes	Necesidades personales	5
	Fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Postura anormal	0
	Levantamiento de pesos	3
	Intensidad de luz	0
	Calidad de aire	0
	Tensión visual	0
	Tensión auditiva	0
	Complejidad	1
	Monotonía	2
TOTAL		17

Una vez obtenida la valorización tanto del ritmo de trabajo de todas las actividades como de los suplementos se procede a determinar el tiempo estándar de cada una de las actividades críticas que regulan la línea de procedencia en el proceso de acabados.

Tabla 11. Estudio de tiempos sección acabados

ESTUDIO DE TIEMPOS										
OPERARIO: HOMBRE										
SECCION: ACABADOS										
#	Actividad	M1	M2	M3	TOTAL	\bar{X}	V	TN	S	TS
2K	Cableado, envolturas y amarras en la parte inferior del piso	300	295,2	300,6	895,8	299	0,99	296	0,17	345,87
3L	Pegado de tablonos en el piso	514,8	516	509,4	1540,2	513	1,03	529	0,17	618,7
4L	Conexión lampara del pasillo lado Izquierdo	514,8	516	513	1543,8	515	1,03	530	0,17	620,14
7L	Colocación de forro en los refuerzos de las ventanas	141	150	141	432	144	0,91	131	0,17	153,32
3M	Tapizado de la cabina	420	434,4	426	1280,4	427	0,95	405	0,17	474,39
4M	Tapizado del piso	207	216	213	636	212	1,03	218	0,17	255,48
6M	Tapizado partes faltantes del piso	315,6	310,8	300	926,4	309	1,03	318	0,17	372,13
8M	Colocación de pasamanos	504	510	522	1536	512	1,11	568	0,17	664,93
11M	Pegado de planchas antideslizantes en las gradas	300	306	318	924	308	1,05	323	0,17	378,38
19M	Conexiones del tablero	438	450	426	1314	438	1,08	473	0,17	553,46

Tabla 12. Continuación; Estudio de tiempos sección acabados

#	Actividad	M1	M2	M3	TOTAL	\bar{X}	V	TN	S	TS
20M	Sellado de la cabina	130,2	138	118,8	387	129	1,01	130	0,17	152,44
3N	Calafateado	120	126	118,8	364,8	122	0,92	112	0,17	130,89
9N	Conexión de pistones neumáticos a las puertas	90	96	78	264	88	1,06	93,3	0,17	109,14
10N	Montaje de retrovisores externos de la cabina	307,2	312	300	919,2	306	1	306	0,17	358,49
12N	Control de calidad	210	222	192	624	208	1,13	235	0,17	275
TOTAL								4669		5462,8
Nota: \bar{X} = Promedio V= Valoración TN= Tiempo Normal S=Suplementos TS= Tiempo Estándar										

Mediante el estudio de tiempos de la sección acabados donde se refleja el cuello de botella del proceso productivo se destaca un tiempo estándar de 5462.8 minutos equivalentes a 91.04 horas.

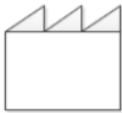



4.3 Identificación de desperdicios.


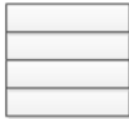



4.3.1 Value stream mapping

Para la identificación de los desperdicios que se produce en la línea de producción de la construcción de una carrocería metálica para bus urbano modelo VM6 se utilizó una de las principales herramientas de manufactura esbelta el VSM (mapa de la cadena de valor):

Simbología.





Tabla 13. Símbolos de flujo materiales

Símbolo	Nombre	Denominación
	Fuentes externas	Proveedores y clientes
	Flecha de traslado	Traslado de materia prima o producto terminado
	Operación del proceso	Representa un departamento con flujo interno fijo continuo
	Operaciones de control	Representa un departamento de planificación control de producción central, personas u operaciones

	Transporte	Envió externo
	Cuadro de datos	Registra los datos que indican el proceso
	Flecha de empuje	Conecta el flujo de material entre operaciones mediante sistema push
	Inventario	Almacenamiento de materia prima, productos en procesos o terminados
	Relámpago Kaizen	El relámpago Kaizen es empleado para resaltar las necesidades mejora en un proceso específico con un nivel de criticidad elevado.

Fuente: Autor

Tabla 14. Símbolos de flujo de información

Símbolo	Nombre	Denominación
	Flecha de arrastre	Permite conectar el flujo de materiales entre operaciones mediante un sistema pull.
	Información manual	Representa el flujo general de información de memos, informes o conversaciones.
	Información electrónica	Representa el flujo electrónico, como el intercambio electrónico de datos
	Línea de tiempo	Representa los tiempos de valor agregado (tiempos de ciclo) y los tiempos sin valor agregado (espera).

Fuente: Autor

A continuación, se muestra en VSM actual de Carrocerías Varma S.A enfocado a la producción de buses tipo urbanos modelo VM6.

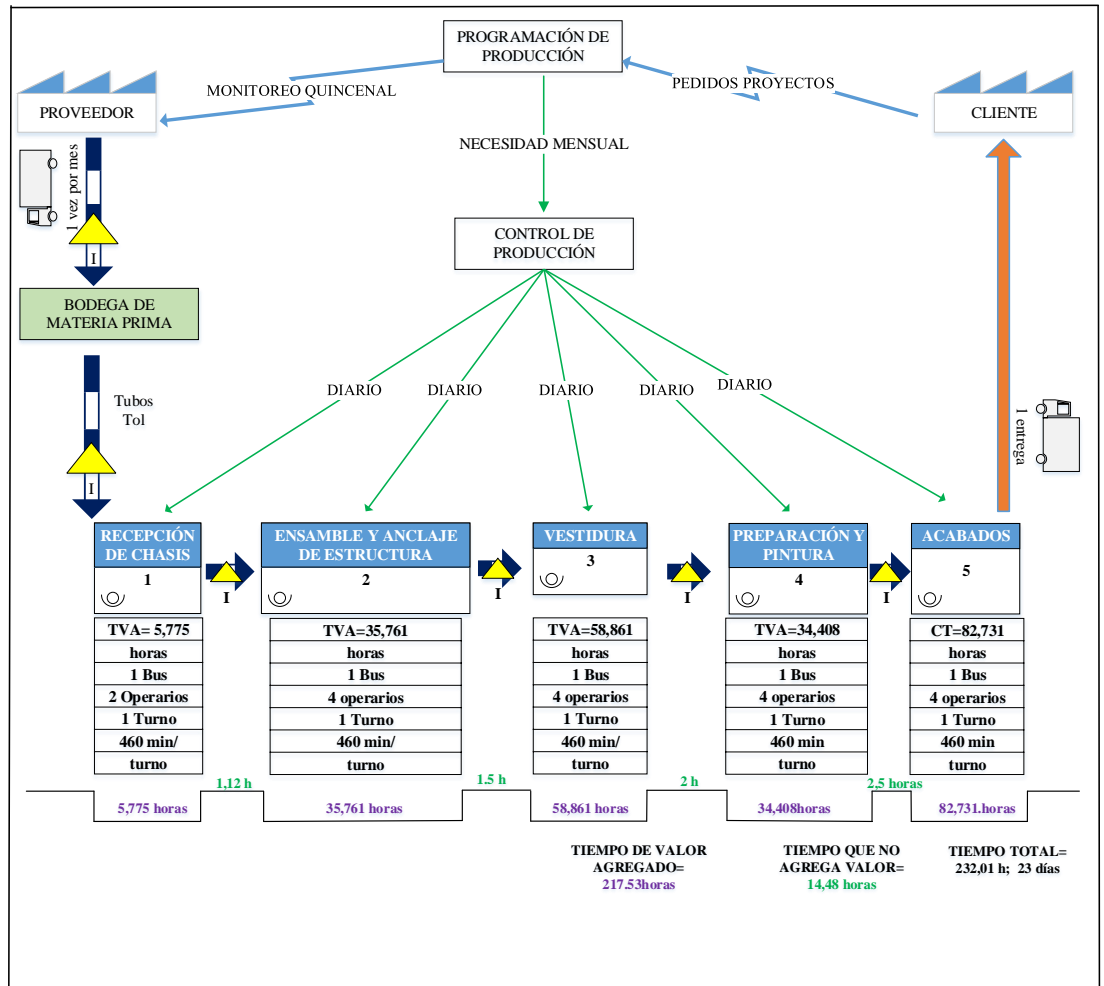


Figura 9. VSM Actual de Carrocerías Varma.

El mapeo de la situación actual inicia con la descripción de los procesos macro desde la recepción y almacenaje de la materia prima posteriormente con la transformación y la entrega del producto terminado al cliente final. Así también los tiempos de liberación de cada uno de los procesos que forma parte de control de calidad, se tomó en cuenta los operarios que trabajan por unidad mas no el total de operarios de la planta, cabe destacar que el estudio de tiempos y movimientos se detalla en el apartado 4.2.

El alcance que posee este VSM es considerado de inicio a fin como parte del proceso productivo por lo que es un mapeo puerta a puerta:

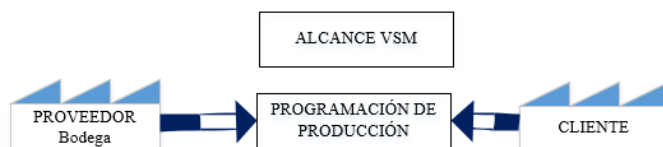


Figura 10. Alcance VSM
Fuente: Autor

Análisis

Como se muestra en la figura 9. VSM Actual de Carrocerías Varma, para la fabricación de un bus urbano se desarrollan 5 procesos fundamentales en los cuales se elabora como primer paso la orden de trabajo con el descriptivo de la unidad, se observa a su vez en cada uno de los procesos las flechas de empuje (proceso push) en cada uno de los procesos empezando por la recepción del chasis, estas flechas de empuje representan el cambio de sección de la unidad.

A continuación, se muestran los tiempos de producción en cada proceso:

Tabla 15. Tiempos por sección

AREA	Tiempo estándar por Área(h)
Recepción del chasis	5,775
Estructuras	35,761
Vestidura	58,861
Pintura	34,408
Acabados	82,731
TOTAL (horas)	217,536

Fuente: Autor

Se tomó en cuenta los tiempos que agregan valor al proceso y en cada una de las secciones por lo que se excluye tiempos de demoras, además se le adicionó los tiempos que no agregan valor al proceso en este caso control de calidad y cambio de estación se detalla:

Tabla 16. Tiempos por sección

Operación	Tiempo No agregan valor (horas)
Estructuras	1.12
Vestidura	1.5
Pintura	2
Acabados	2.5
Control de calidad	7.36
TOTAL	14,48

En el proceso de producción actual de la planta se estimó un tiempo total de 232,01 horas de las cuales 217,53 son las que agregan valor las mismas que representan un 93.75% del total de horas empleadas mientras que las actividades que no agregan ningún valor al proceso de producción son de 14,48 horas que representan un 6.25%.

4.3.2 Análisis de desperdicio

Para la identificación de los desperdicios existentes se realizó un check list (véase anexo 4) con la información proporcionada por la empresa como herramienta de apoyo al VSM, la lista de verificación está relacionada con las 8 mudas, en la lista la letra X representa la existencia de desperdicios.


Una vez elaborado el Check list de las MUDA'S que se encuentran presentes en la línea de producción con cada una de las secciones se procedió a elaborar una tabla resumen la cual cuenta con indicadores de colores los que tiene como objetivo la identificación del grado de problemas que existe de la siguiente manera:

Colores	Descripción
0-1	Criticidad baja
2	Criticidad media
3 o mas	Criticidad alta

De esta manera se consigue priorizar la sección y los desperdicios más crítico hasta el menos crítico.

A continuación, se presenta la tabla resumen:

Tabla 17. Resumen de estudio de desperdicios

	EXISTENCIAS DE DESPERDICIOS POR AREAS DE TRABAJO					Sección
	Realizado			Christian Alarcón		
	Revisado:			Ing. Israel Naranjo.		
Interrogante	Estructuras	Vestidura	Pintura	Acabados	Control de calidad	
Desperdicios por sobreproducción	3	2	1	2	1	9
Desperdicios por esperas	2	1	5	3	0	10
Desperdicios por movimientos innecesarios	3	2	3	4	1	13
Desperdicios por sobre procesos	1	1	2	2	3	9
Desperdicios por exceso de stock	0	0	1	1	0	2
Desperdicios por defectos	0	0	2	1	1	4
Desperdicios de talento humano	1	1	1	1	1	5
Total	10	7	15	14	7	

Al analizar la tabla se obtuvo como resultado que las secciones de la línea de producción con mayor incidencia de desperdicios son la sección o área de pintura al igual que la sección de acabados, también mediante el análisis de la tabla se denota que los desperdicios con mayor incidencia son por esperas, movimientos innecesarios seguidos de sobre procesos y sobre producción.

Análisis causa efecto mediante diagrama de Ishikawa

Además, se establece un análisis causa efecto de las secciones más críticas:

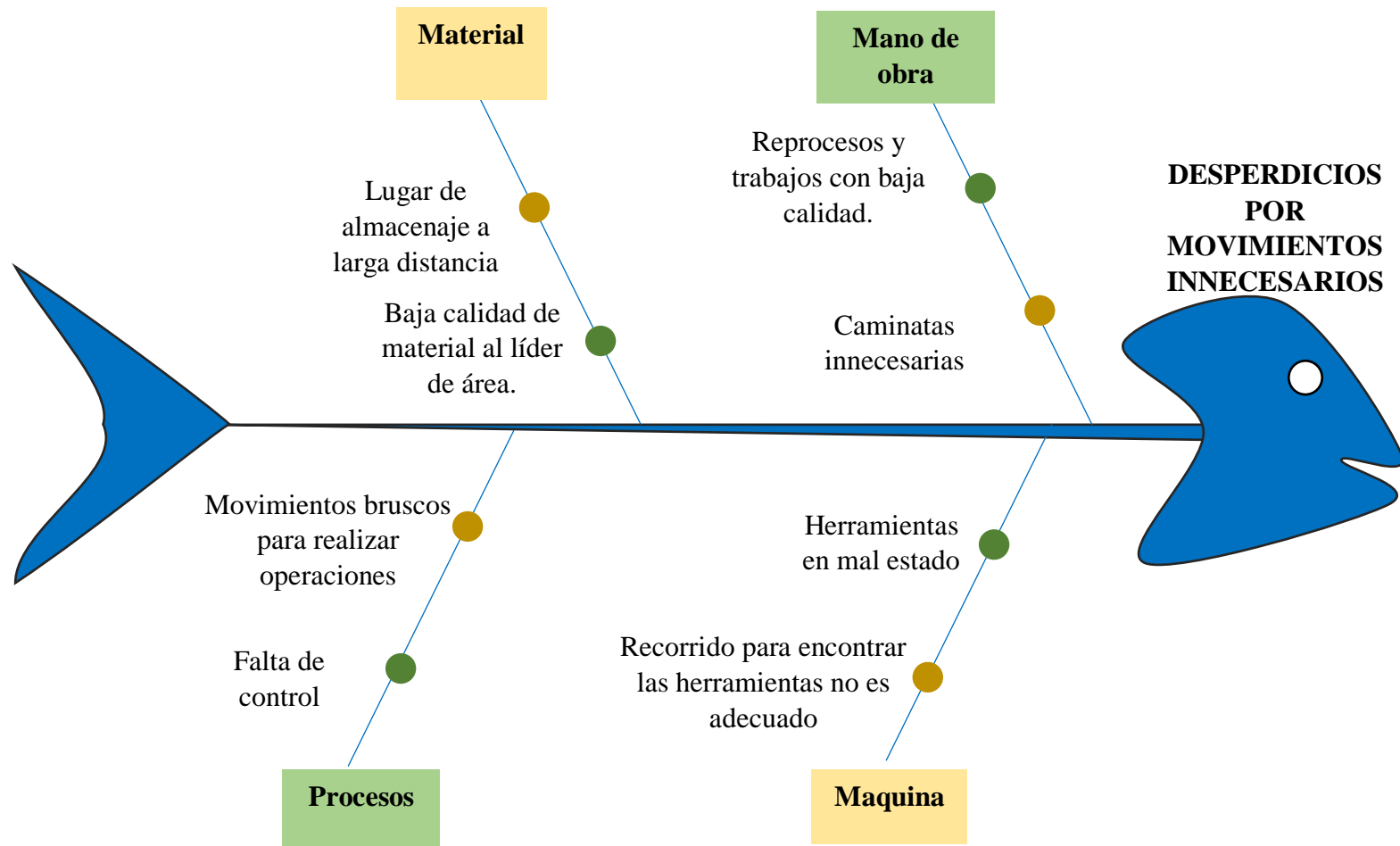


Figura 11. Diagrama Ishikawa sección acabados

Análisis

- **Mano de obra**

Al ser un trabajo repetitivo para cada operario y al no tener un control adecuado del almacenamiento de la materia prima una vez que sale de la bodega se generan desorden en la adecuación de los insumos lo que provoca caminatas innecesarias.

- **Material**

El material que se entrega en esta sección al ser abundante ya que aquí se arma los acabados del bus desde pisos ventanas asientos tortuga sistema de luces y demás, no está estandarizado por lo que en el área de bodega entrega los suministros a cada operario sin el control de un líder.

- **Maquinas**

Muchas de las herramientas y maquinas que se utilizan en el proceso de acabados de un bus se encuentran en mal estado o han pasado por procesos de mantenimiento inadecuados, además los recorridos para acceder a dichas maquinas no es el adecuado ya que se encuentra a larga distancia o a su vez pertenecen a otros operarios de otras secciones.

- **Procesos**

La falta de estandarización de los procesos principales para la ejecución de las actividades en esta sección denota la existencia de procesos manuales y mecánicos que requieren la capacitación del personal para su uso adecuado.

A continuación, se presenta el diagrama causa efecto para la sección de pintura con la misma metodología:

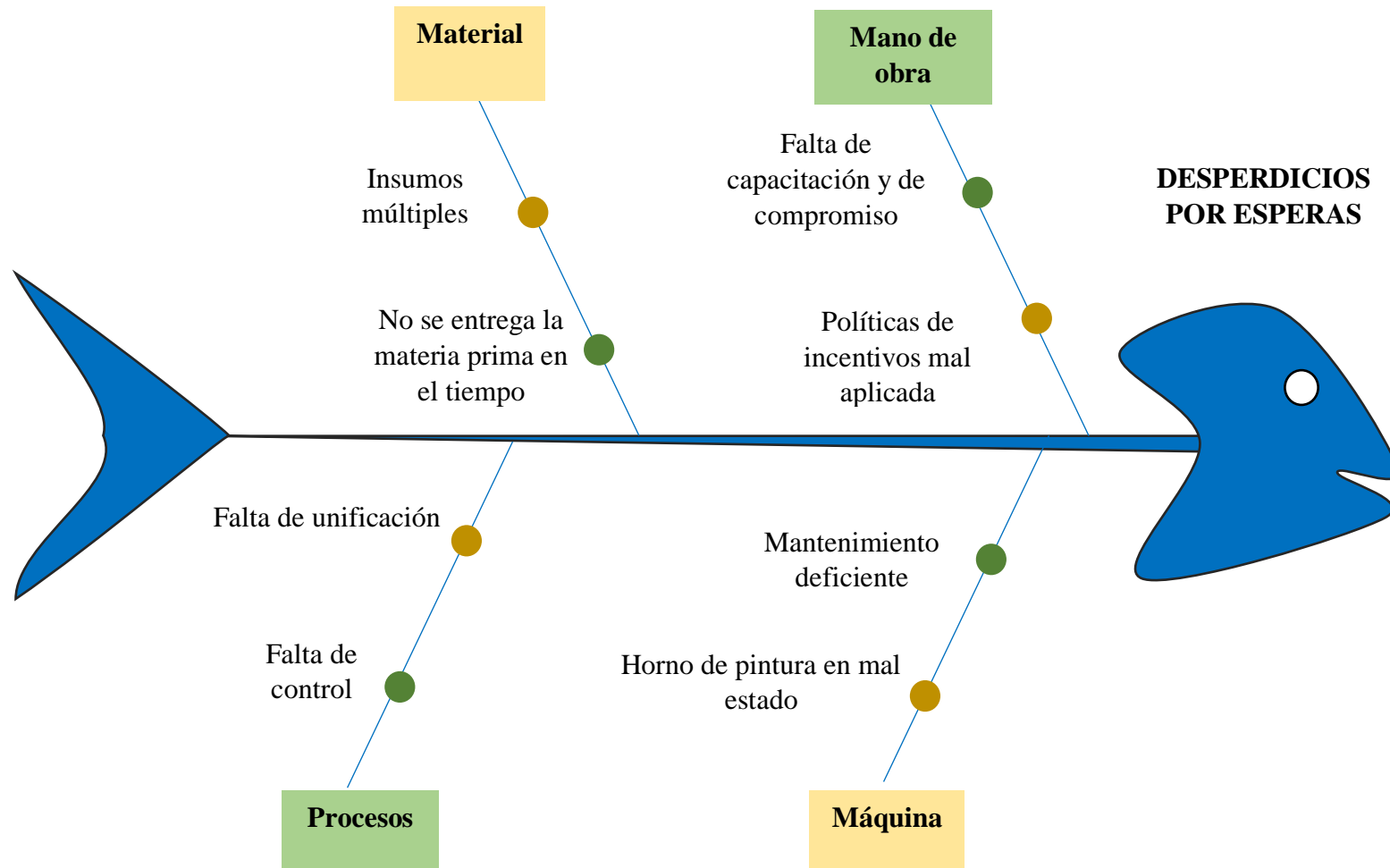


Figura 12. Diagrama Ishikawa sección pintura

Análisis

- **Mano de obra**

Debido a las características que posee este proceso de producción como lo es pintura el trabajo se establece como monótono, así también se observa que no existe una carga equilibrada en el trabajo que se lleva a cabo, por otro lado, se denota la falta de incentivos por el cumplimiento de metas lo que genera falta de compromiso del personal a cargo y esto a su vez genera el ausentismo, cumplimiento de metas establecidas y por ende retrasos en los tiempos de proceso de producción.

- **Material**

Debido a la falta de compromiso de los proveedores el material no es entregado en los tiempos establecidos así también no se ha estandarizado la cantidad exacta de insumos múltiples que se utilizan en este proceso, por lo que además de crear desperdicios de espera se genera acumulación de restos de materia prima (lijas, pintura, guaípe)

- **Maquinas**

Con respecto a las máquinas se denota la falta de mantenimiento del horno de pintura lo que provoca sin duda el retraso en los tiempos de secado del fondo y de la pintura. Además de eso no se establece un control para el mantenimiento preventivo generando deficiencia en el mantenimiento del horno.

- **Procesos**

La falta de unificación en los procesos ha provocado el retraso y la espera en los tiempos de producción, así como el deficiente control que se establece a los tiempos de producción con respecto a la colocación de masilla, fondo y posteriormente la espera para el pintado de la unidad.

Una vez realizado el análisis de desperdicios se procedió a resaltar las necesidades de mejora en base a las MUDA'S mediante relámpagos Kaizen para lograr un VSM futuro.

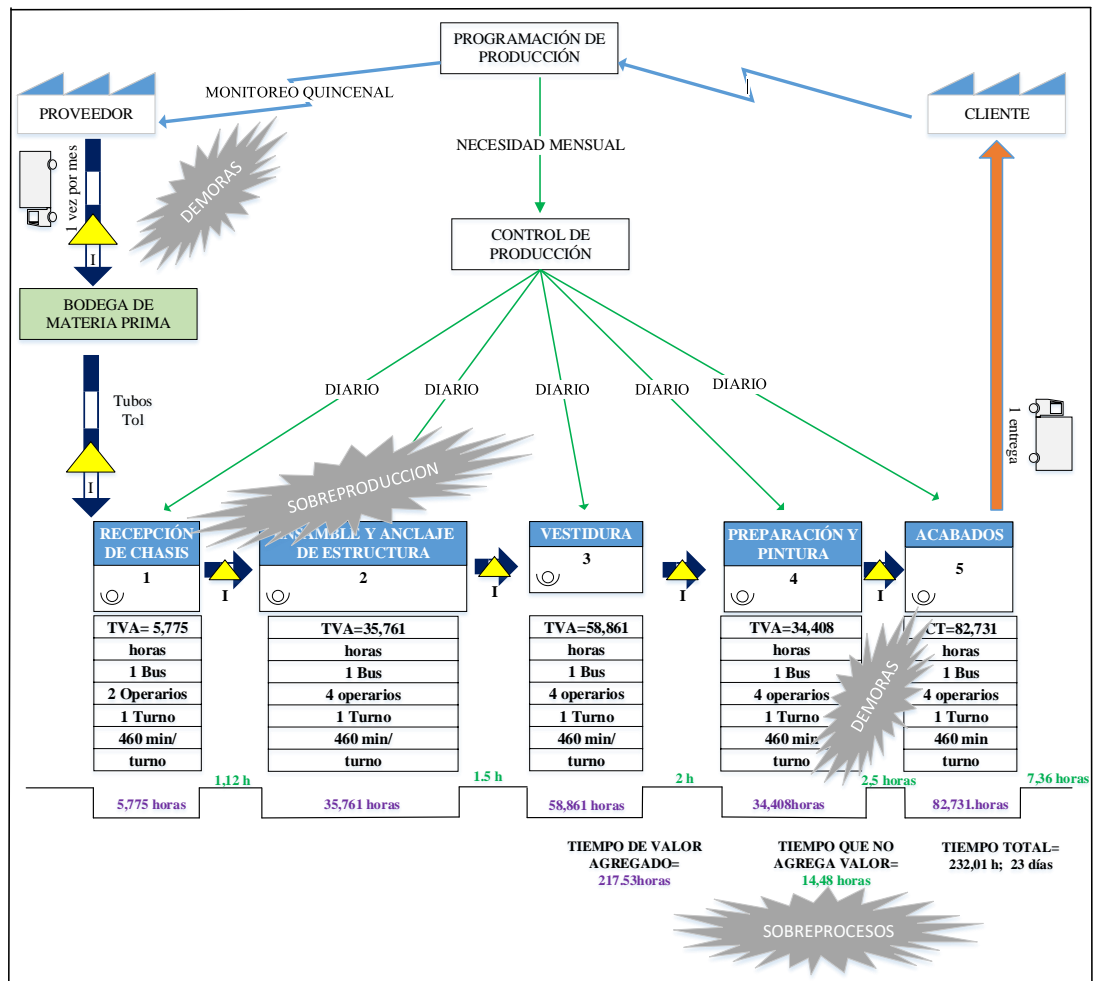


Figura 13. Análisis VSM.
Fuente: Autor

4.4 Relaciones causales entre desperdicios y herramientas de manufactura esbelta.

Del análisis realizado en el VSM y por ende en los desperdicios que se generan en la planta de producción se establece la utilización de una herramienta de manufactura esbelta, la misma que deberá tener un impacto significativo en su eliminación.

Cabe destacar que al ser una propuesta no se ha considerado algunos factores como son costos, tiempos, personal para la implementación, así como los beneficios

económicos que se verán reflejados una vez la propuesta sea implementada en el caso de así serlo.

Al referirse a movimientos innecesarios y tiempos de espera se hace un enfoque en los defectos y que al existir cualquier tipo de defecto el operario debe corregir la falla eso implica movimientos innecesarios y a su vez tiempos de espera ya que el producto no es liberado por control de calidad si no han sido corregidas las fallas.

Para la determinación de la relación que existe entre los desperdicios más críticos y las herramientas de manufactura esbelta se presenta el siguiente cuadro de análisis.

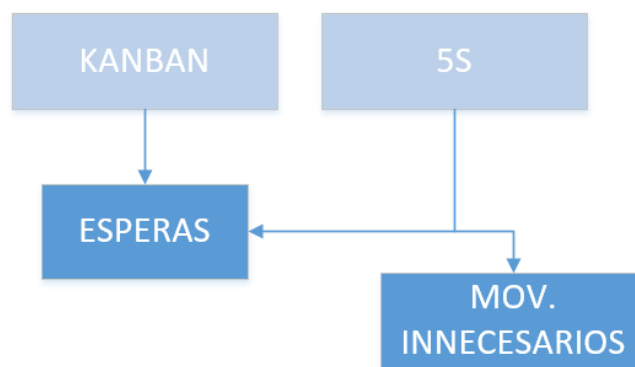


Figura 14. Análisis herramientas de manufactura y desperdicios
Fuente: Autor

Las herramientas adecuadas para eliminar estos desperdicios, se presentan en la figura ya que las 5'S eliminaran de forma directa tanto los movimientos innecesarios y esperas.

Tabla 18. Resumen de estudio de desperdicios

Desperdicios	Herramientas de solución	Relación existente
Movimientos innecesarios	5'S	Trasporte Esperas
Esperas	5'S	Ninguno
Defectos	Evento Kaizen JIDOKA Control visual	Esperas Reprocesos
Reprocesos	Control visual Evento Kaizen	Transporte excesivo Esperas

Debido a la ponderación que se realizó se determinó que la mejor herramienta para la eliminación de los movimientos innecesarios existentes son las 5'S por lo que se plantea esta herramienta para su eliminación.

4.5 Aplicación de las herramientas de manufactura esbelta

4.5.1 Manual 5 “S”

Para la eliminación de desperdicios por movimientos innecesario se desarrolló un manual 5'S que se presenta en el anexo 3.

4.6 Comparación situación actual vs. Propuesta.

4.6.1 Mejoramiento de los tiempos de producción en la sección acabados.

Al implementar un manual de 5 “S” se reduce de manera notable las caminatas innecesarias y los movimientos innecesarios que se realizan en cada área de sección, además en base al análisis mediante el VSM se propone la reestructuración de tres segmentos en la línea de acabados los cuales puedan trabajar de manera simultánea, y los procesos a combinarse se lleven a cabo al final de la línea; anticipando trabajos a realizarse dentro del mismo proceso.

Es necesario disminuir el tiempo de ciclo en las actividades críticas del proceso, a continuación, se presenta una tabla de dichas actividades:

Tabla 19. Actividades críticas del proceso.

ACTIVIDADES CRÍTICAS DEL PROCESO.		
#	Actividad	Tiempo (h)
3L	Pegado de tablonces en el piso	8,58
4L	Conexión lampara del pasillo lado Izquierdo	8,58
3M	Tapizado de la cabina	7
8M	Colocación de pasamanos	8,4
19M	Conexiones del tablero	7,3

(3L) Pegado de tablonces en el piso.

El aumento de tiempo se debe a la espera de curado del pegamento para la buena adherencia, se propone la adquisición de una pistola de calor, que disminuya en un 20%.



Figura 15. Pegado de tablonces del piso

(4L) Conexión lampara del pasillo lado Izquierdo.

El proceso no se puede disminuir en tiempos, pero su procedencia radica en que en el interior de la unidad mientras los tablonces del piso no estén colocados (3L) no se podrá entrar a realizar esta actividad; razón lo cual se propone la creación de andamios flotantes los cuales permitan trabajar de manera paralela 3L y 4L.



Figura 16. Lámparas del pasillo

(3M) Tapizado de la cabina.

El tiempo de curado y la dificultad operativa, para realizar esta actividad hace que su tiempo se incremente, por otro lado, al guardar estructuralmente las mismas medidas y la misma geometría nos permite pensar en la creación de una parte de fibra de vidrio que únicamente sea colocada, remachada sin necesidad de adhesivos.



Figura 17. Tapizado de la cabina.

(8M) Colocación de pasamanos. – Simular las partes del interior de un Bus nos permitirá, generar un Jep. En donde toda la tubería para la colocación de pasamanos sea cortada y perforada a medida y únicamente se necesite la unidad para la incorporación de elementos prefabricados.



Figura 18. Colocación de pasamanos.

(19M) Conexiones del tablero. - la zona delantera de la unidad al tener muchas partes de diferentes actividades concentra al grupo humano, la propuesta alrededor de este literal es generar un arnés eléctrico prefabricado, convirtiendo en un sistema de ensamblaje a la unidad en línea productiva.



Figura 19. Conexión de tablero.

Tabla 20. Propuesta para el proceso.

PROPUESTAS PARA EL PROCESO.				
#	Actividad	Tiempo (H)	Propuesta 5s	Tiempo Prop.
3L	Pegado de tablonos en el piso	8,58	Tiempos De Secado	7
4L	Conexión lampara del pasillo lado Izquierdo	8,58	Andamios Flotantes	8,58
3M	Tapizado de la cabina	7	Autopartes En Fibra	2,5
8M	Colocación de pasamanos	8,4	Jep Prefabricados	4,5
19M	Conexiones del tablero	7,3	Creación De Arnés Eléctrico	2,3

Por lo que se reduce los tiempos de producción en el área de acabados de 75.21 horas a 59.25h lo que resulta significativo para la reducción de tiempos totales del proceso de producción, se llegó a determinar estos tiempos gracias a:

Tiempo de secado. – Como referencia en las fichas técnicas se tiene una disminución del 20% debido al incremento de temperatura.

Tapizado de la cabina. - Se toma como referencia los tiempos de colocación.

Colocación de pasamanos. - Se toma como referencia los tiempos de colocación

Conexiones de tableros. - Se toma como referencia los tiempos de colocación

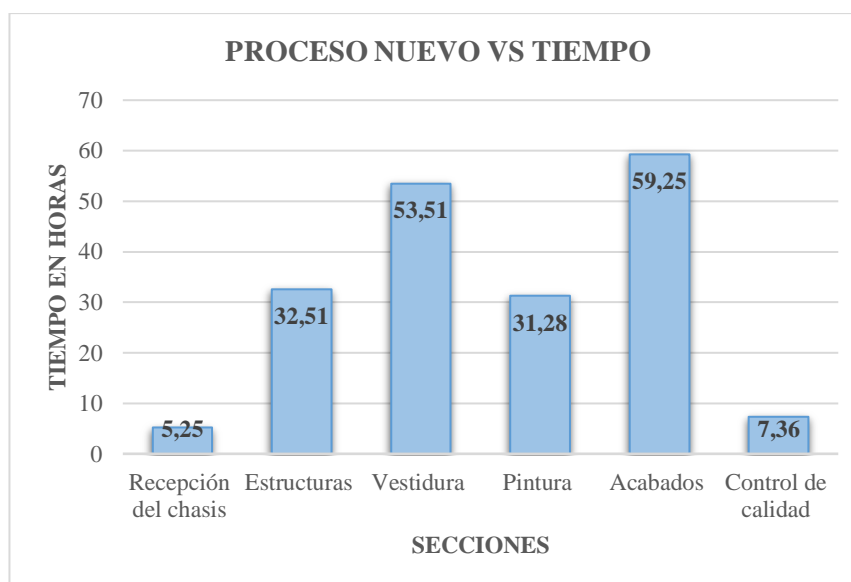


Figura 20. Proceso nuevo vs tiempos.

A continuación, se muestra el diagrama de precedencias del proceso con la propuesta y el traslape de los procesos llegando a un tiempo de 59,25 h que representan una reducción del 21.22%, además se puede observar en el anexo 5 el VSM futuro con un tiempo de 20,85 días para la fabricación de un bus urbano. Reduciendo un total 2.15 días en el proceso constructivo.

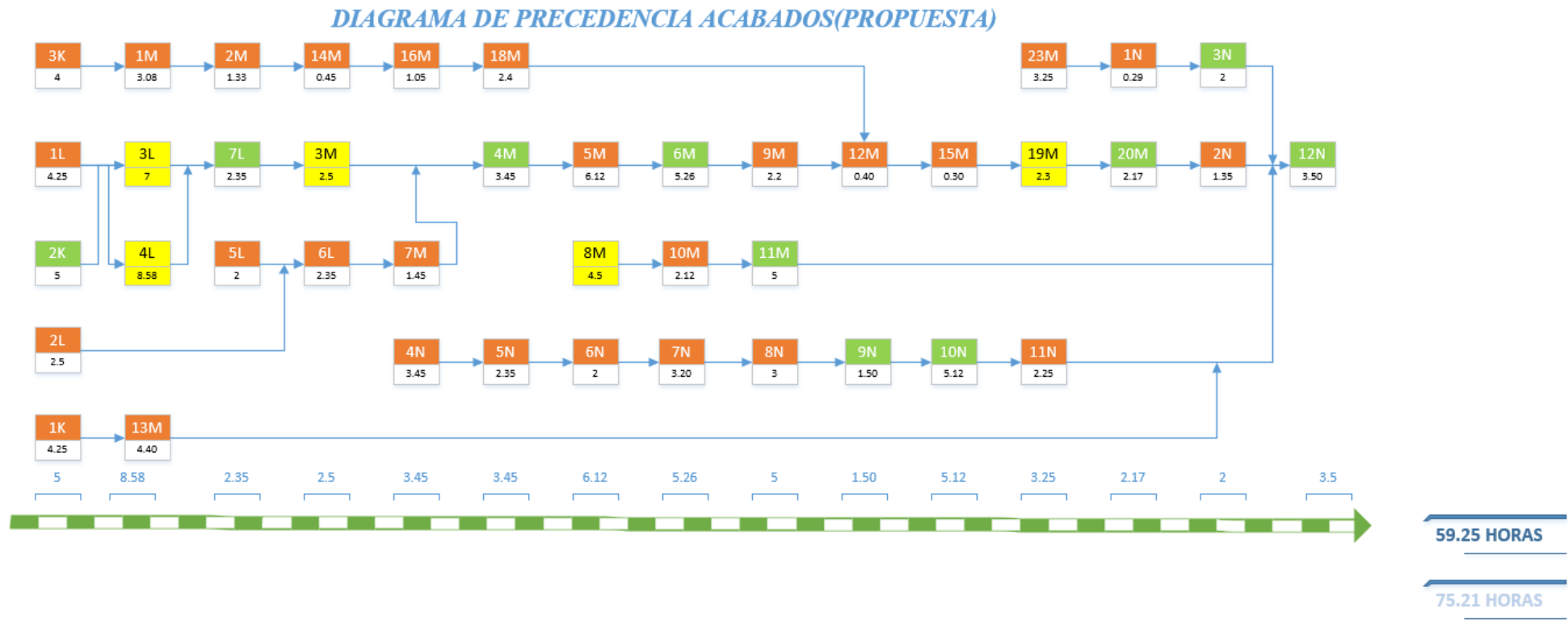


Figura 21. Diagrama de precedencias Acabados.

4.6.2 Mejoramiento del Volumen productivo.

En la sección estructuras se presenta un TT elevado por lo que se realizó el análisis para mejorar el tiempo y optimizar el volumen productivo de esta sección.

Descripción del proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO	RESPONSABLE	DESCRIPCION (FOTO)	DESCRIPCIÓN
	Colaboradores de Estructuras		Desengrasado de perfiles en piscina de Desengrasado un tiempo de 5 minutos secado, luego pasar a piscina de Fosfatizado 5 minutos, limpieza y secado para su posterior colocación de anticorrosivo
	Colaboradores de Estructuras		Preparación y alineación de chasis. corte de perfiles según medidas de planos para piso, laterales y techos, en tronadoras , corte a mano con sierras y doblado de perfiles para techo en dobladora de tubos
	Colaboradores de Estructuras		armado de estructura de pisos, laterales y techos según medida de planos en sus respectivos (jig)
	Colaboradores de Estructuras		Montaje de piso en chasis,ensamble laterales y colocación de techo alineado con sus respectivos templadores
	Colaboradores de Estructuras		Alineado proceder al rematado y colocación de curvas de ventanas si existiera en orden de producción
	Colaboradores de Estructuras		Elaborar estructura de cajuelas, Bóvedas y gradas en el esqueleto de la estructura, colocación de refuerzos para piso y lateral
	Colaboradores de Estructuras		Rematado y pulido de la estructura, sacado de puntales para la colocación de ángulos para vidrios (es opcional) - Control de Calidad

Figura 22. Diagrama de flujo sección estructura.

Análisis de datos de entrada (distribución de probabilidad, parámetros y pruebas)

Para el análisis se realizó pruebas de normalidad en un software especializado, con los datos tomados en segundos y a su vez se realizó la validación de KOLMOGOROV.

	PREPARA	EST. PISO	EST. LATE	EST. TECH	ENSAMBL	EMSAMBL	ENSAMBL	FRENTE Y	BOVEDAS
	19200	28800	42600	33000	10800	13500	22500	46800	80400
	19800	29400	44100	32400	11700	18600	21600	45000	76800
	21300	28500	45000	31800	11400	16800	21000	46200	75000
	21000	29700	42900	32700	11700	15600	21700	40800	74400
	20400	28900	42600	31200	11300	14400	22200	44400	77100
	21300	28500	43800	31500	10500	14400	21300	46200	75600
	21000	29400	42900	31200	11300	15000	22500	43500	76500
	19200	28900	44100	32100	11300	14400	22200	43200	77700
	19700	29700	43200	33000	10800	17700	21600	45000	78300
	22200	29100	43800	32700	11400	15600	21900	42000	77100
	21000	28200	44100	32700	11100	14400	21900	43200	75300
	19800	29100	43320	33300	11300	15600	21300	44100	74400
	21900	29400	43500	32200	11300	15220	21000	42000	75300
	21900	29000	44400	33000	10800	14400	21600	43200	77700
	18900	29100	42600	31800	10800	16500	22200	44400	77400
	21000	28500	43200	33300	11100	16500	21300	45000	75900
	21300	28800	44400	32400	11700	16800	21890	42600	76800
	19700	28800	43800	32400	11700	15600	21900	44100	75900
	18000	29000	43320	31800	11100	14400	22500	44400	76500
	20000	28800	43320	31500	10800	17400	22200	45000	76200
	19700	29100	42000	33300	11300	15000	21300	44100	76500
	18300	29000	43500	32200	11100	13800	22800	45000	76200
	20000	29400	43320	33000	11400	15300	22200	44100	77100
	19800	29700	43200	33300	11700	15000	21890	44400	75600
	18900	29700	43200	32100	11700	15000	21900	43500	76800
	19000	29100	44100	32700	11400	16200	22800	42000	77700
	18300	29400	43500	33300	11100	13800	20700	42900	78900
	18600	28500	42000	33000	11100	13500	21700	44400	76500
	20400	29400	41400	31200	12000	14700	21900	44400	76500
	18300	29700	43500	33600	11400	15300	22500	43200	76500
MEDIA	19997	29087	43356	32457	11270	15347	21866	43970	76620
DESVEST	1191,49	417,49	776,99	715,20	352,48	1260,94	535,80	1338,59	1269,37

Figura 23. Análisis de variables de entrada, tiempos sección estructuras.

Preparación del chasis

MEDIA	19996,67
DESVEST	1191,48

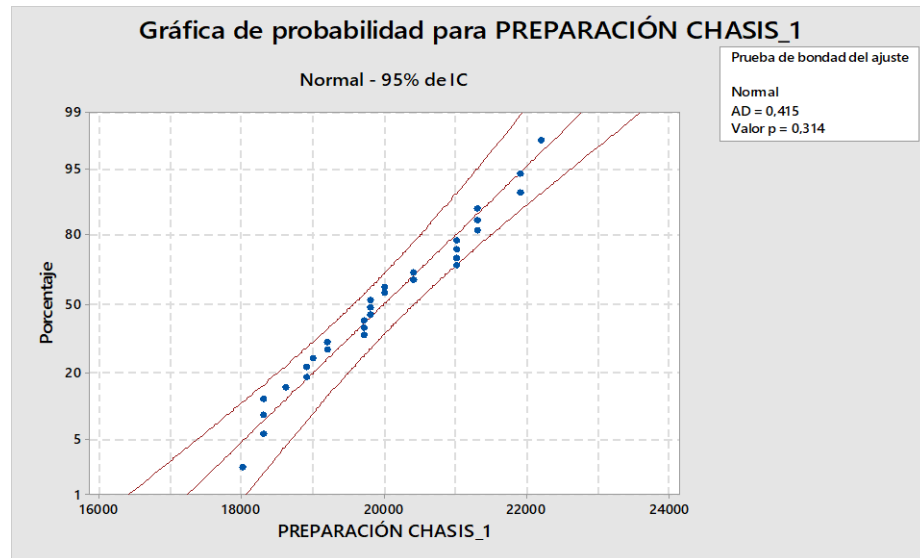


Figura 24. Análisis de variables preparación del chasis

KOLMOGOROV

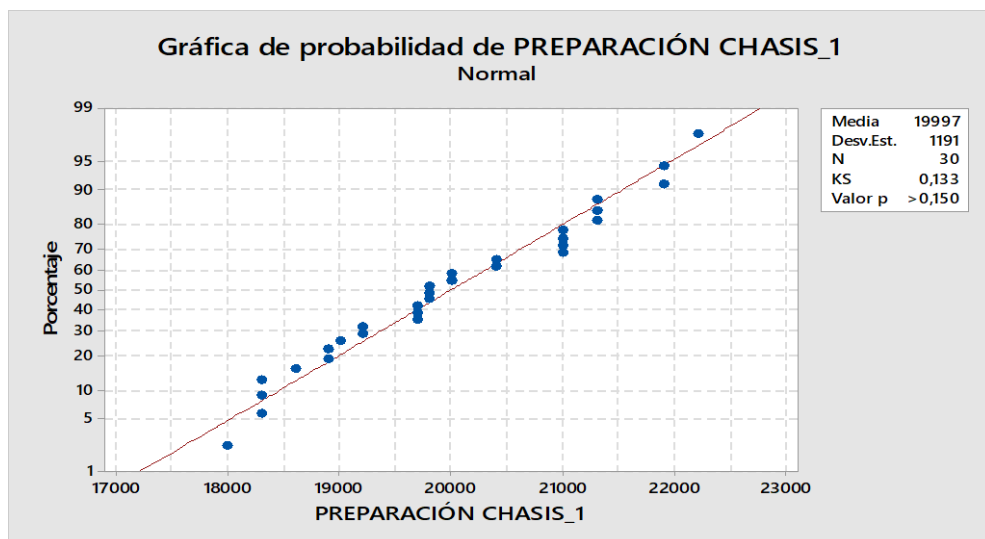


Figura 25. KOLMOGOROV preparación del chasis

Piso

MEDIA	29086,6667
DESVEST	417,491138

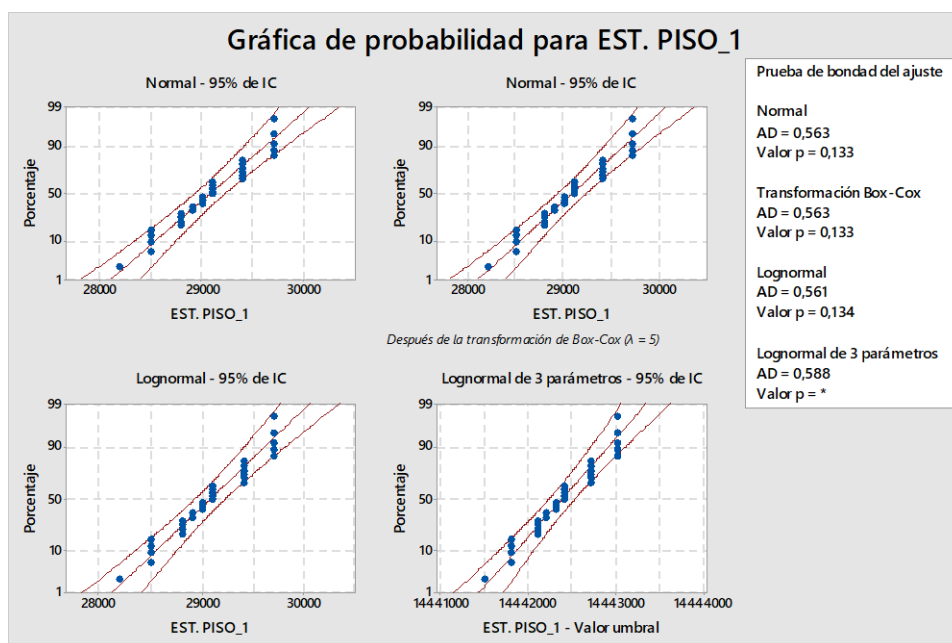


Figura 26. Análisis de variables estructura piso.

KOLMOGOROV.

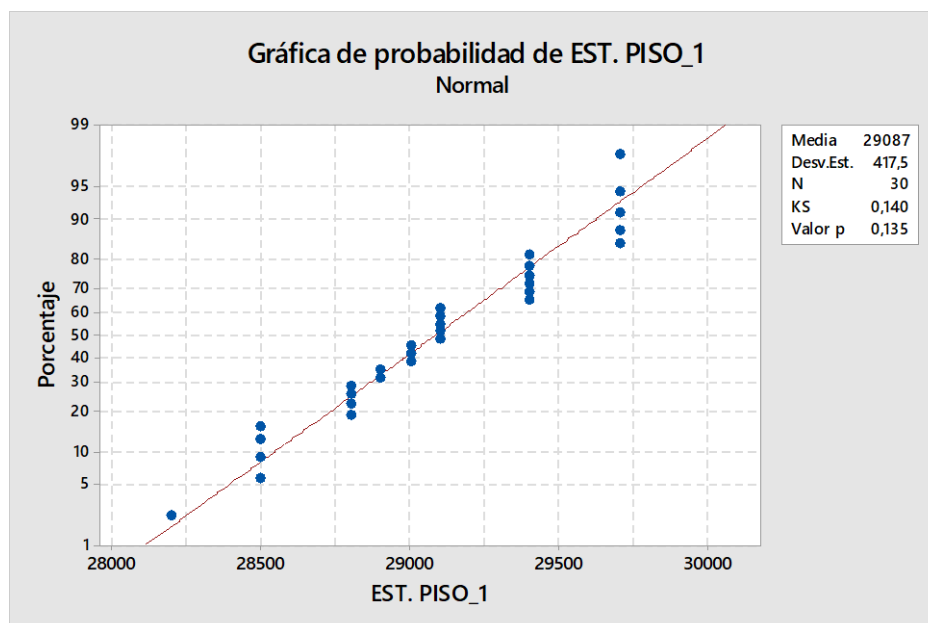


Figura 27. KOLMOGOROV piso

Laterales

MEDIA	43356
DESVEST	776,98622

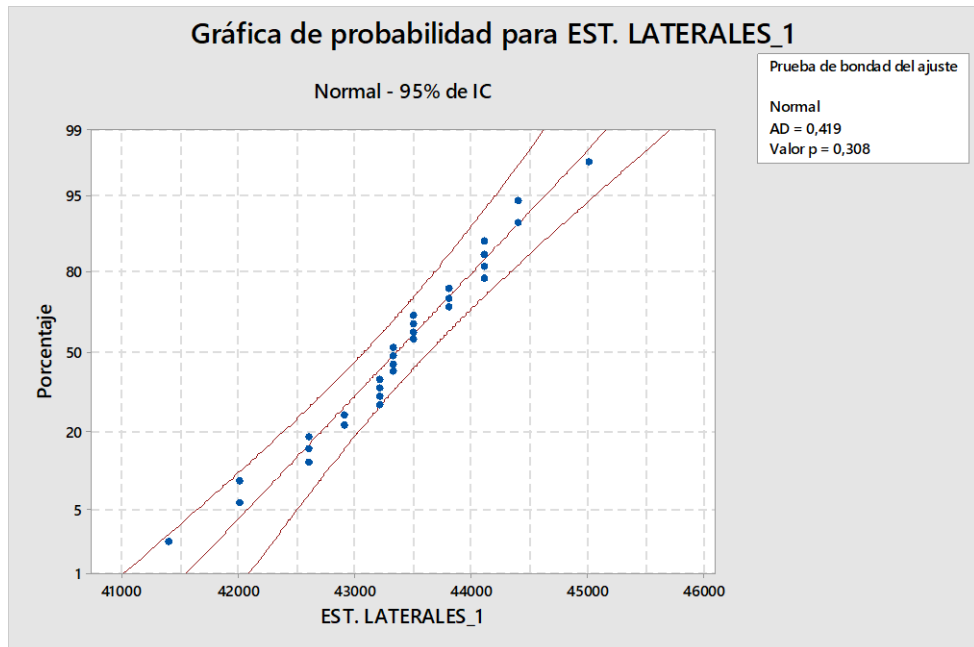


Figura 28. Análisis de variables estructura laterales.

KOLMOGOROV.

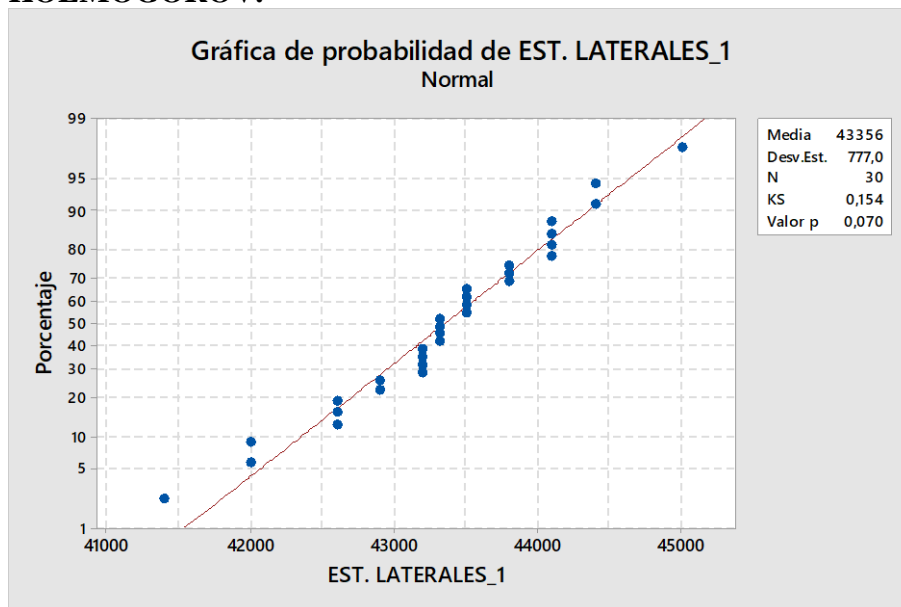


Figura 29. KOLMOGOROV laterales.

Techo

MEDIA	32456,6667
DESVEST	715,1963

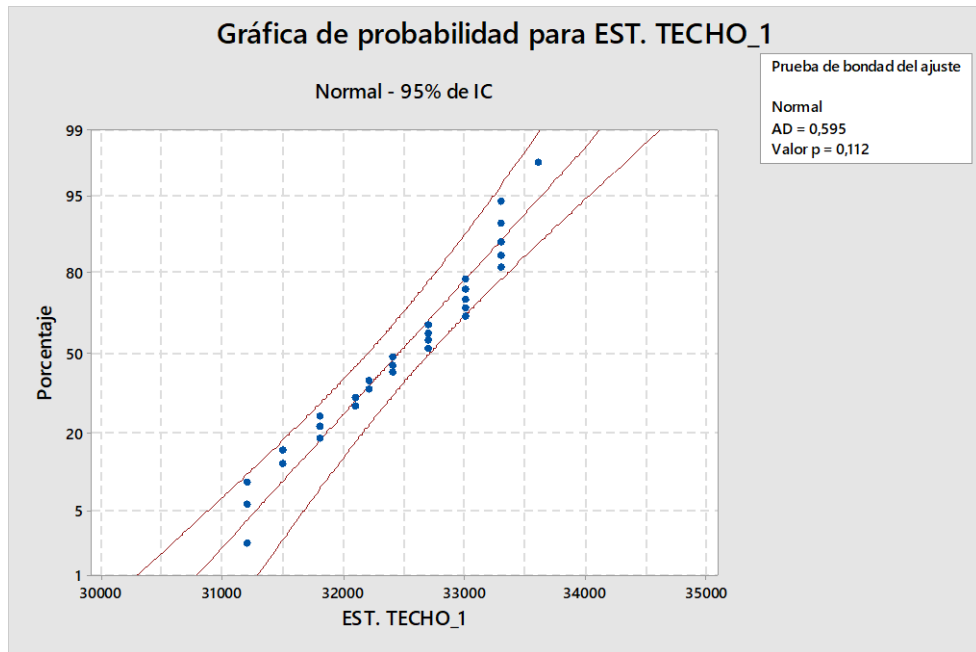


Figura 30. Análisis de variables estructura techo

KOLMOGOROV.

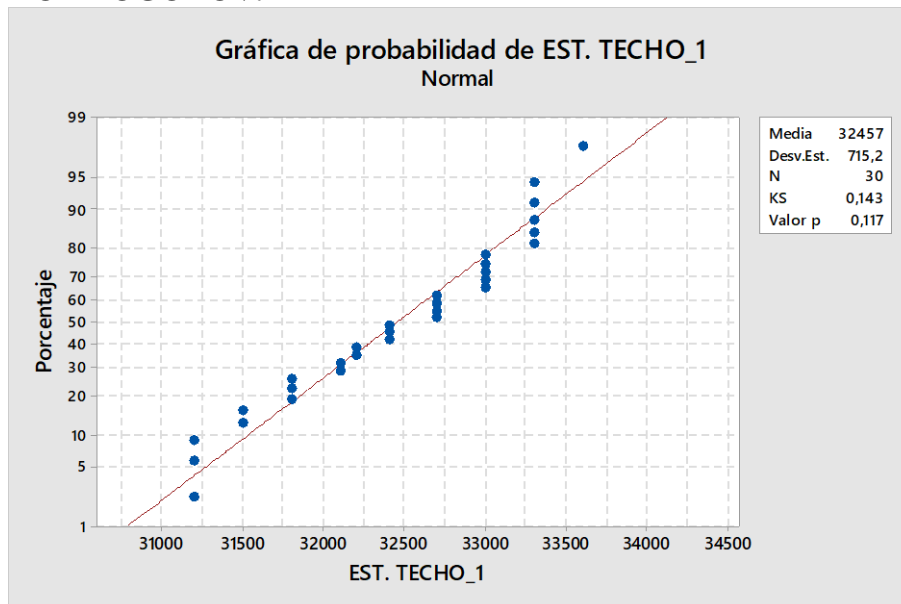


Figura 31. KOLMOGOROV techo.

Montaje del piso.

MEDIA	11270
DESVEST	352,48

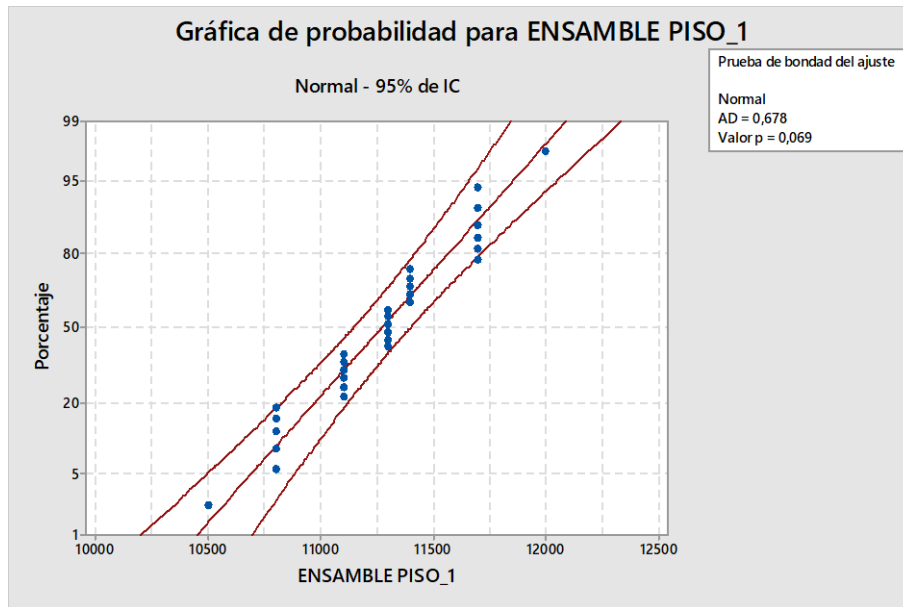


Figura 32. Análisis de variables montaje piso

KOLMOGOROV.

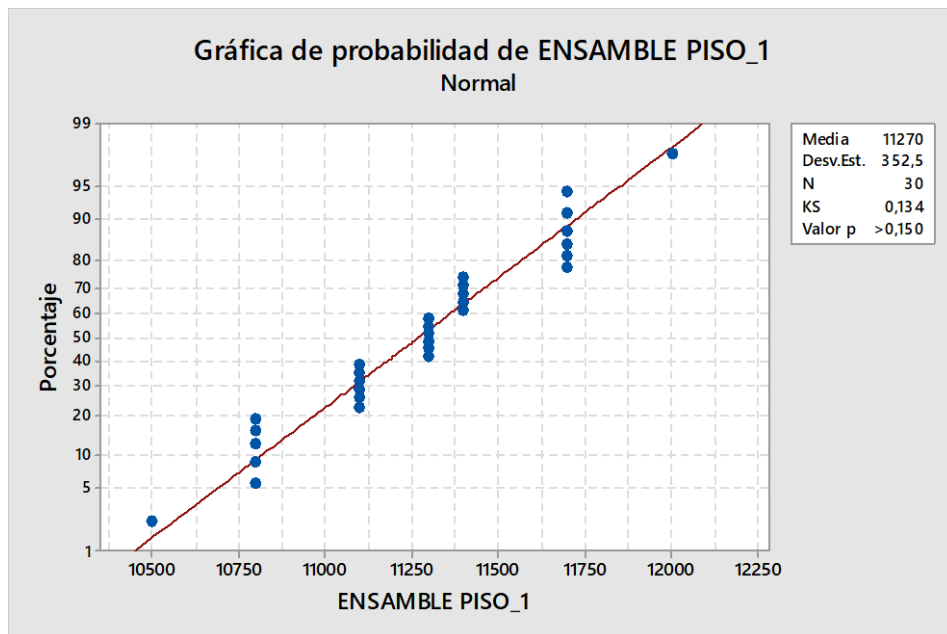


Figura 33. KOLMOGOROV montaje piso.

Ensamblajes laterales

MEDIA	15347
DESVEST	1260,94

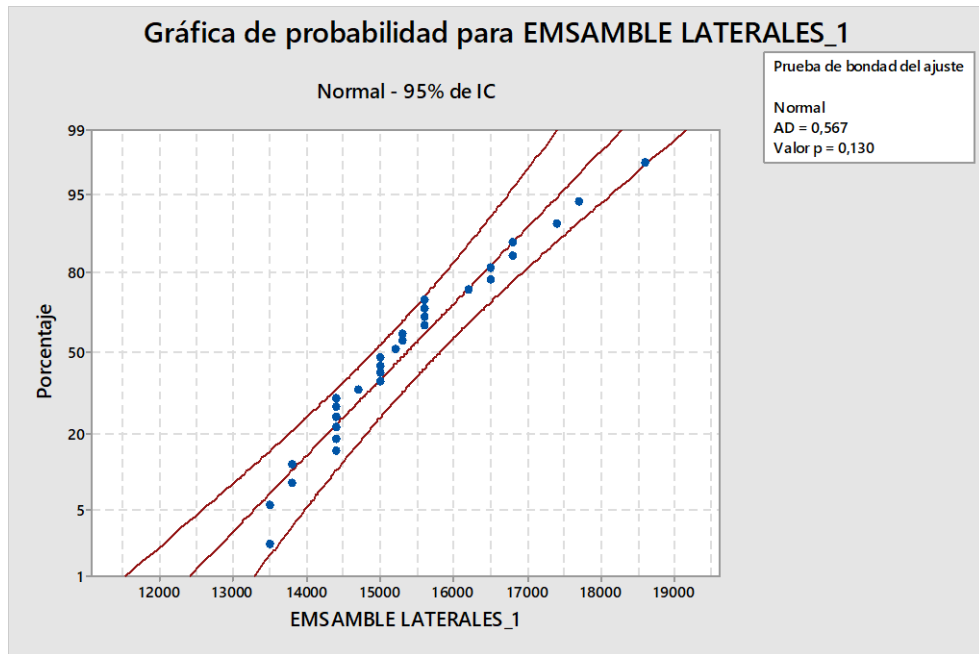


Figura 34. Análisis de variables montaje laterales.

KOLMOGOROV.

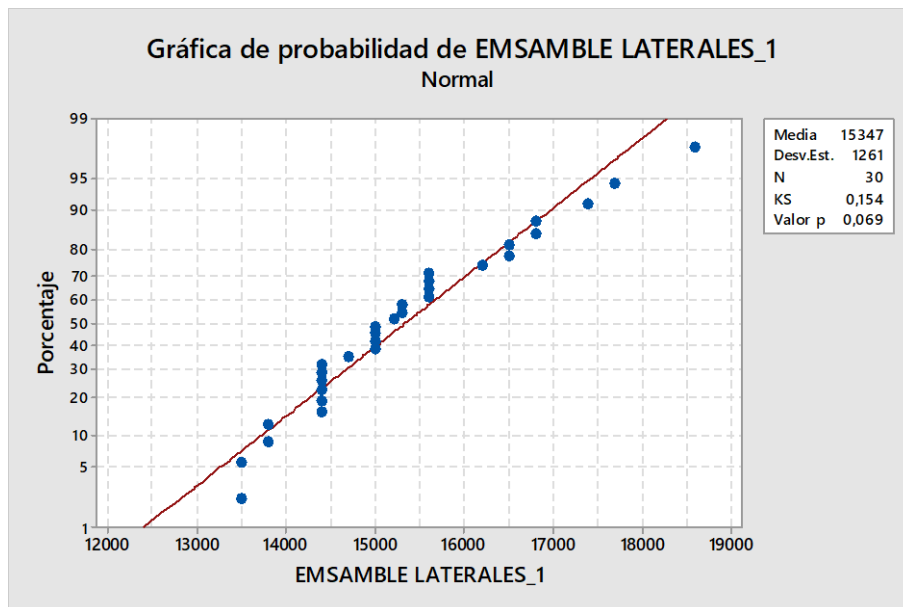


Figura 35. KOLMOGOROV montaje laterales.

Montaje techo.

MEDIA	21866
DESVEST	535,80

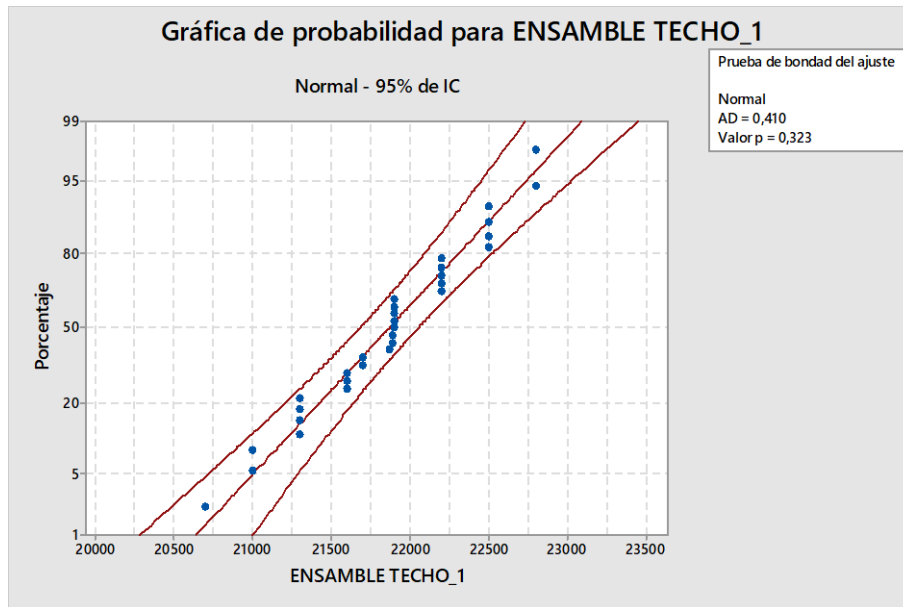


Figura 36. Análisis de variables montaje laterales.

KOLMOGOROV.

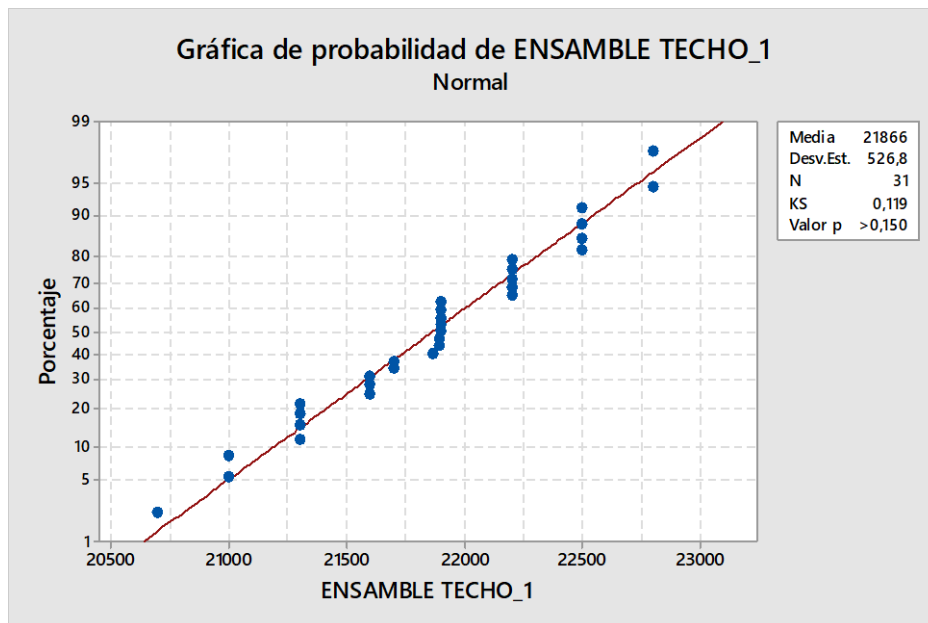


Figura 37. KOLMOGOROV montaje techo.

Frente y complementos (Aumento piso)

MEDIA	43970
DESVEST	1338,59

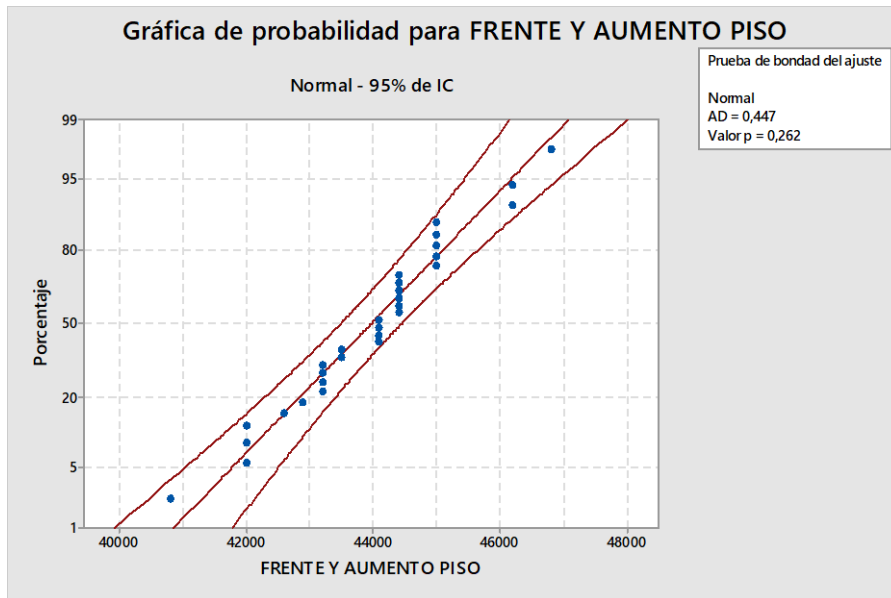


Figura 38. Análisis de variables frente y complementos

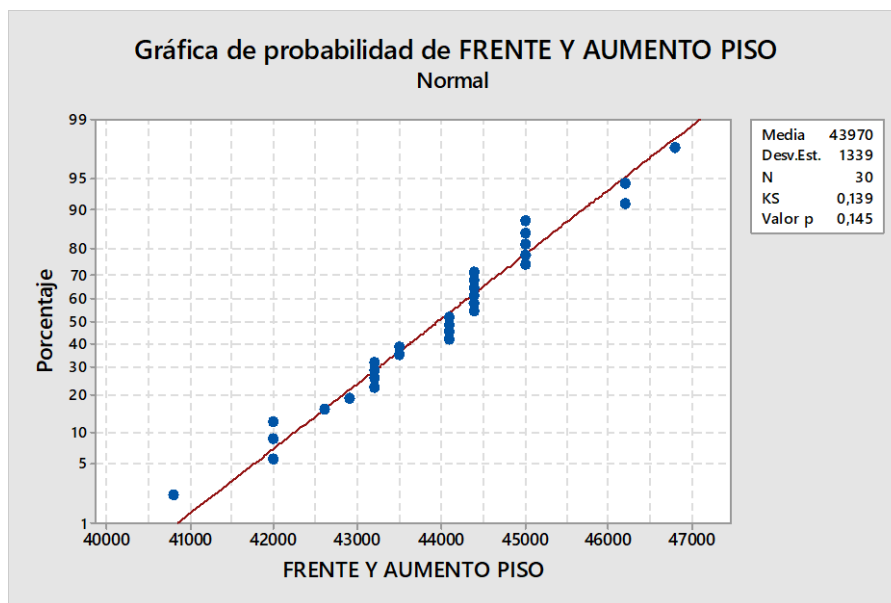


Figura 39. KOLMOGOROV frente y complementos.

Complementos (bóvedas, faldones, barrederas)

MEDIA	76620
DESVEST	1269,37

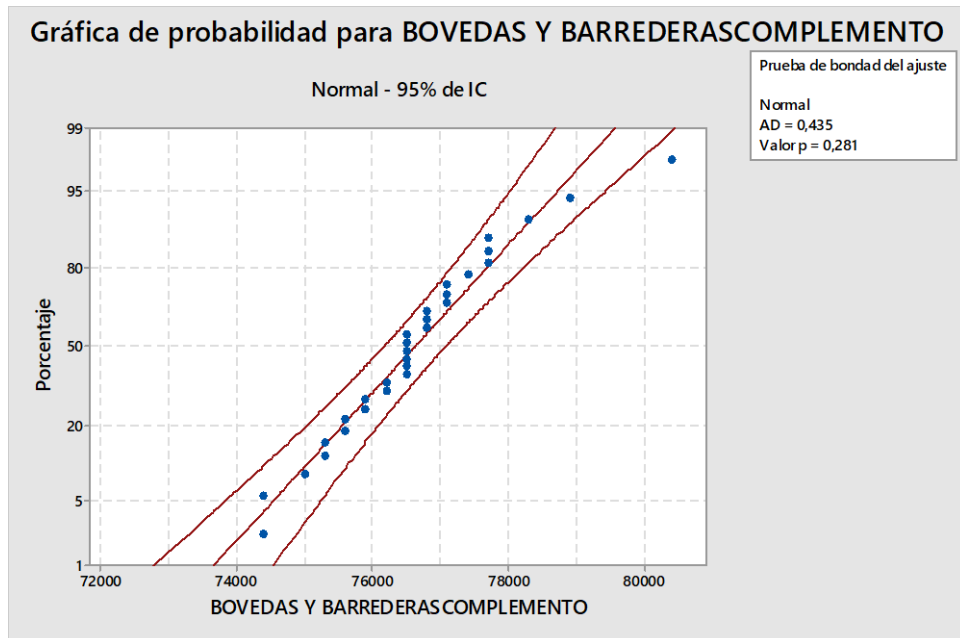


Figura 40. Análisis de variables frente y complementos

KOLMOGOROV.

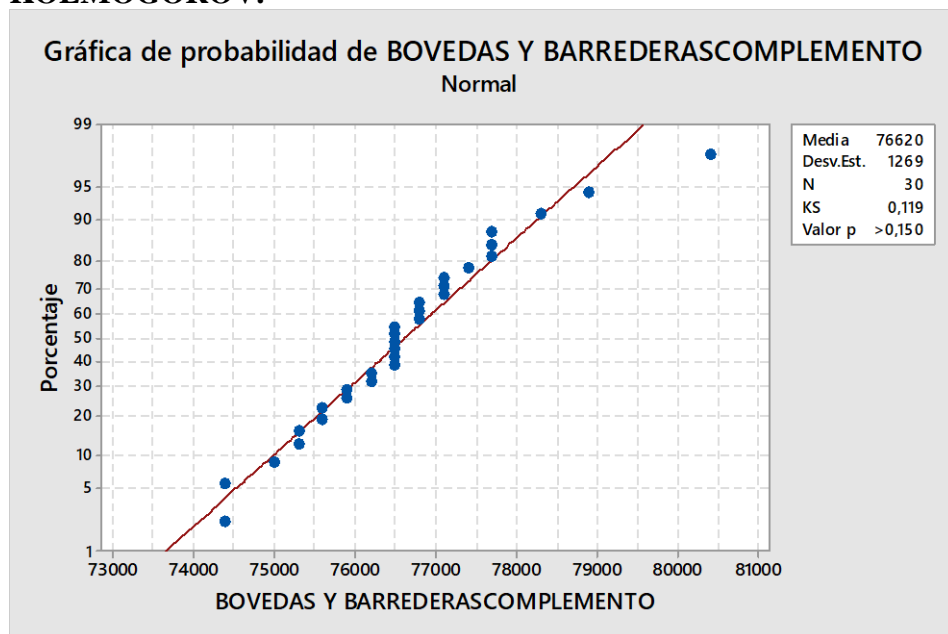


Figura 41. KOLMOGOROV complementos

Validación de la prueba de KOLMOGOROV.

Se realizó la validación mediante dos softwares para la distribución normal y exponencial.

Como se muestra a continuación:

Xi	frecuencia	frecuencia acumulada	frecuencia acumulada percentage i/N	exponencial distribución probabilidad F(xi)	abs i/n - F(xi)	abs (i-1)/n - F(xi)
18000	1	1	0,0333	0,5935	0,5602	0,5935
18300	3	4	0,1333	0,5995	0,4662	0,5662
18600	1	5	0,1667	0,6055	0,4388	0,4722
18900	2	7	0,2333	0,6114	0,3781	0,4447
19000	1	8	0,2667	0,6133	0,3467	0,3800
19200	2	10	0,3333	0,6172	0,2838	0,3505
19700	3	13	0,4333	0,6266	0,1933	0,2933
19800	3	16	0,5333	0,6285	0,0952	0,1952
20000	2	18	0,6000	0,6322	0,0322	0,0989
20400	2	20	0,6667	0,6395	0,0272	0,0395
21000	4	24	0,8000	0,6501	0,1499	0,0165
21300	3	27	0,9000	0,6553	0,2447	0,1447
21900	2	29	0,9667	0,6655	0,3011	0,2345
22200	1	30	1,0000	0,6705	0,3295	0,2962
μ	19996,66667				max	max
λ	0,0001				0,5602	0,5935
e	2,7183					

Figura 42. Datos para simulación estructuras.

Simulación del proceso actual (verificación y validación)

Se realizó la simulación del proceso productivo actual, el proceso de ensamblado de estructura de un autobús empieza con:

- Preparación de chasis.

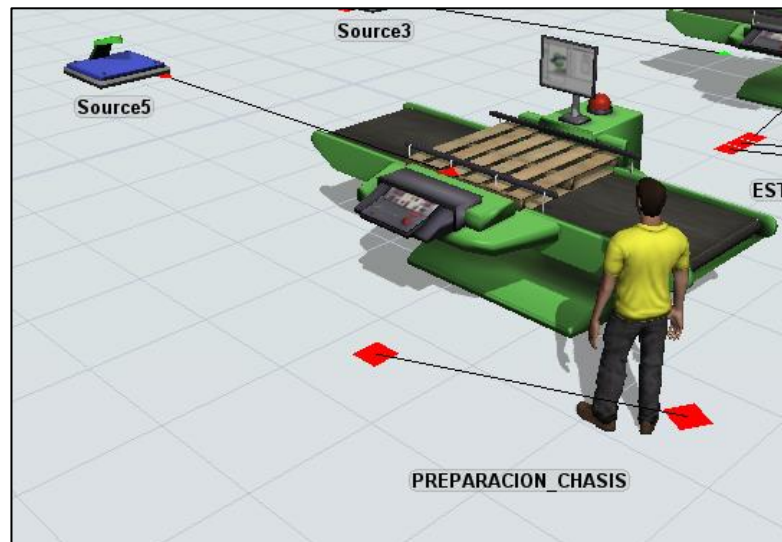


Figura 43. Software preparación del chasis

- Una vez termina, esta etapa inicia la construcción de estructura de piso, construcción de estructura de laterales, construcción de estructura de techo; las tres simultáneamente.

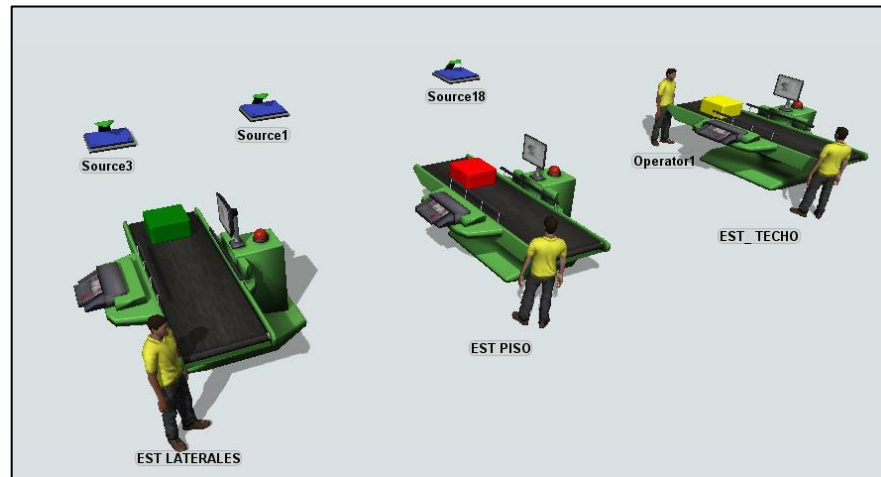


Figura 44. Software estructura primer ensamble

- De esta manera el siguiente paso es el ensamblado de las partes (piso, laterales) sobre el chasis ya preparado.

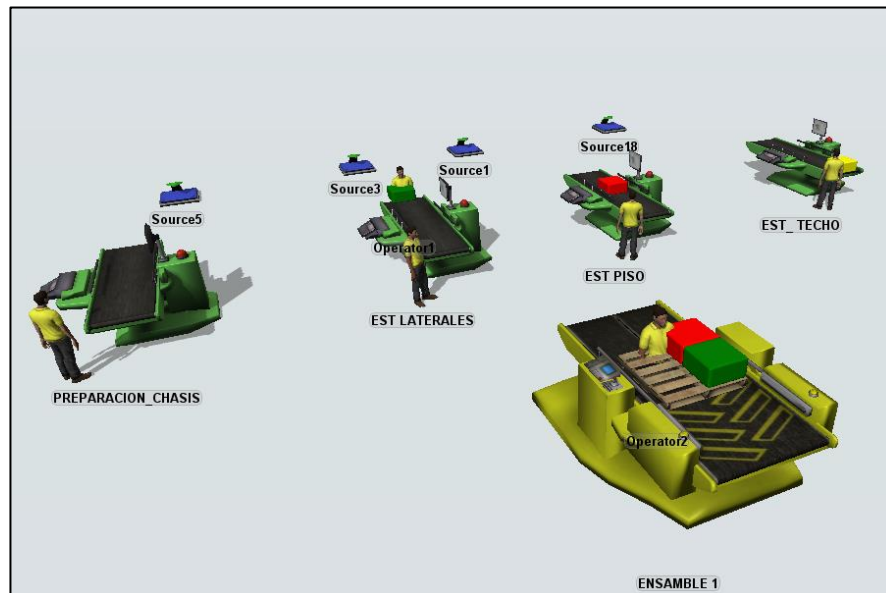


Figura 45. Software estructura primer ensamble

- Ya obtenido el primer ensamblaje, continuamos con la incorporación del techo a nuestro ensamblaje que se denomina segundo ensamblaje.

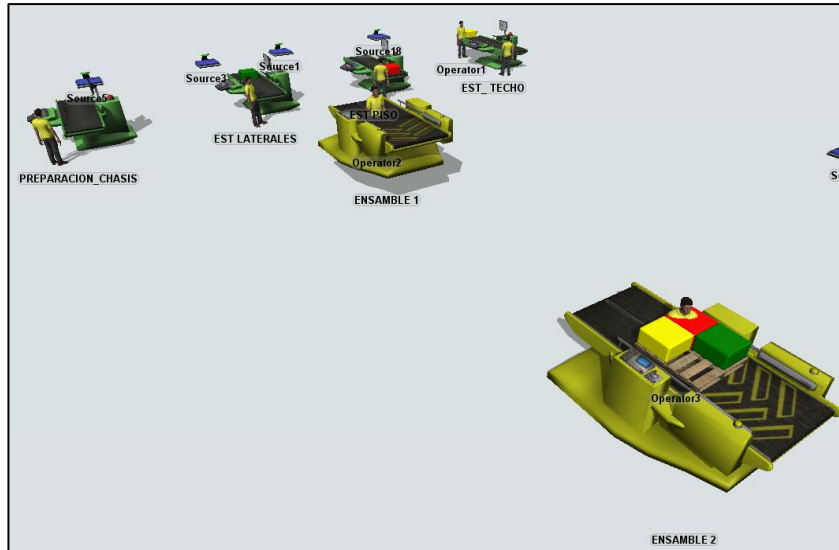


Figura 46. Software estructura segundo ensamble
Fuente: Autor

- Para finalizar la etapa de estructura adherimos los complementos (frente, bóvedas, barrederas) para terminar con el ensamblaje.

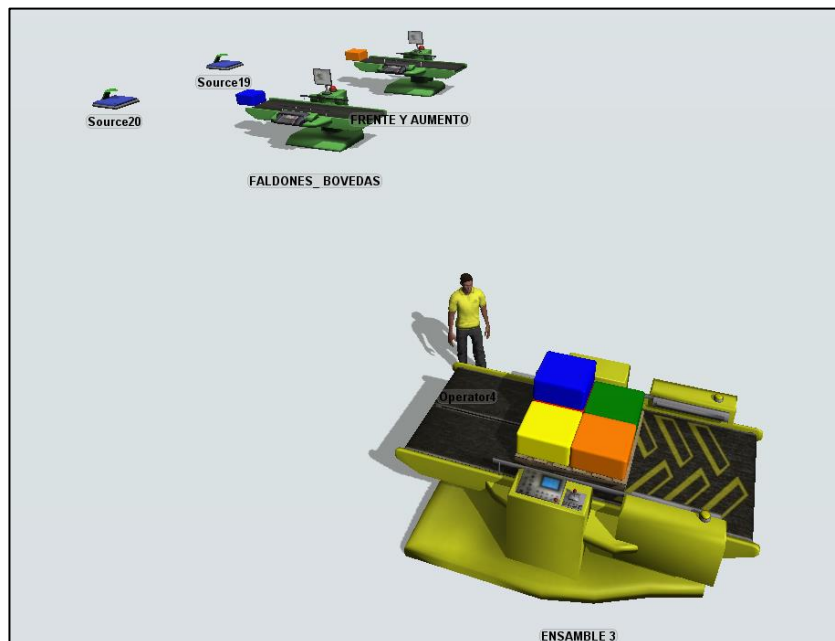


Figura 47. Software estructura tercer ensamble

Una vez realizado el ensamble total de la estructura de un autobús, esta pasara al siguiente proceso VESTIDURA.

Finalizando el análisis como proceso de estructuras.



Figura 48. Software estructura total.

El proceso de armado de estructura se realizó en el software especializado en simulación de procesos en el cual se añadió todos los datos necesarios para que el proceso se asemeje a la toma de datos realizada en pasos anteriores.

Obteniendo un tiempo de 32.51 horas.

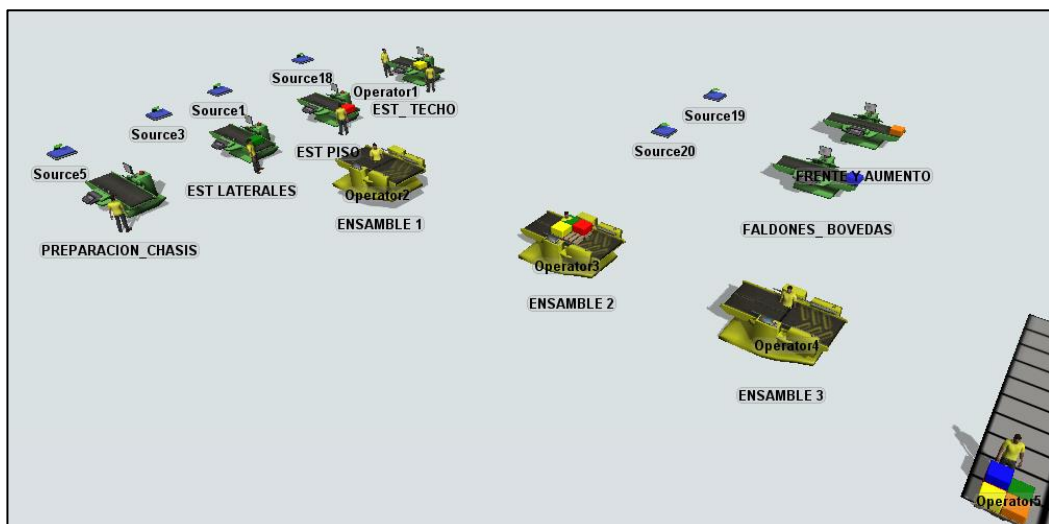


Figura 49. Línea de producción sección estructuras.

Verificación y validación

Para tener un punto de partida tomamos el tiempo inicial como dato comparativo, teniendo en cuenta que el tiempo de análisis (Ideal) tomado del diagrama inicial es de 35.51 horas

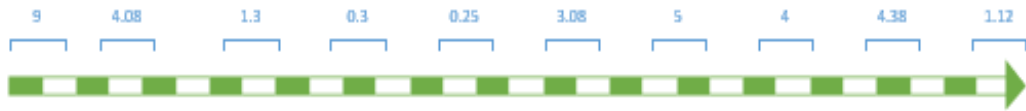


Figura 50. Línea de tiempo actividades simultáneas estructuras.

Después de análisis de datos de entrada los tiempos (Real) tomados y verificados 30 datos se tiene como resultado, un tiempo promedio de 35,90 horas.

Los datos de simulación se experimentaron con un promedio de 40 horas dándonos como resultados.

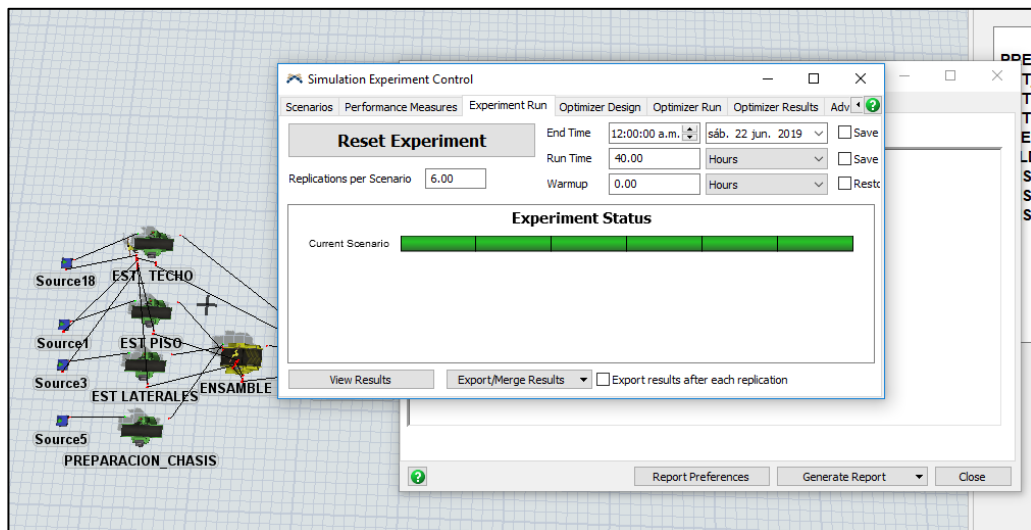


Figura 51. Datos de simulación inicial

Verificación y validación de la simulación.

El modelo fue desarrollado en base a la toma de tiempos de cada estación y representado el tiempo total la sumatoria de cada estación, en la estructuración de la carrocería:

Para la validación: Los resultados reales se recolectaron en el periodo de tiempo de una semana como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 21. Toma de tiempos reales

n	Tiempo (horas)
1	36,67
2	35,31
3	35,50
4	35,25
5	34,69
6	35,50
Media	35,49
Desviación estándar	0,65

Los datos de la simulación se obtuvieron de la aplicación de un software con 6 corridas, como se presente a continuación:

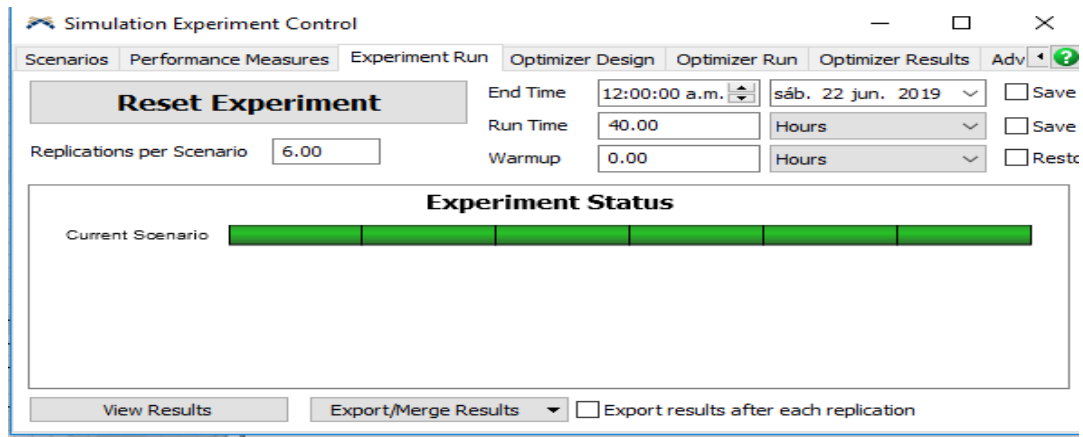


Figura 52. Numero de corridas

Lo cual nos permite visualizar los resultados obtenidos con un nivel de confianza del 90%:

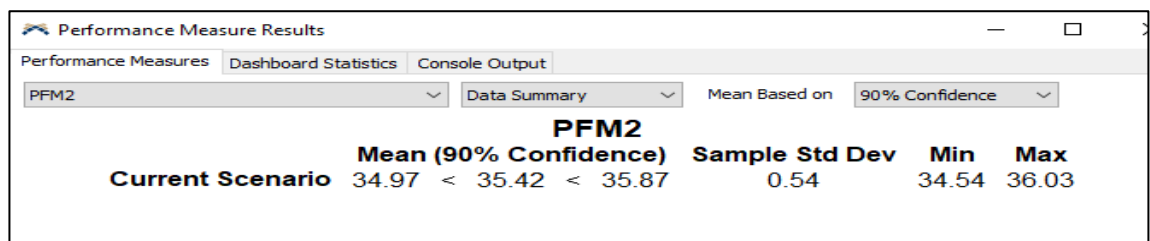


Figura 53. Parámetros obtenidos de la simulación con 95% de significancia

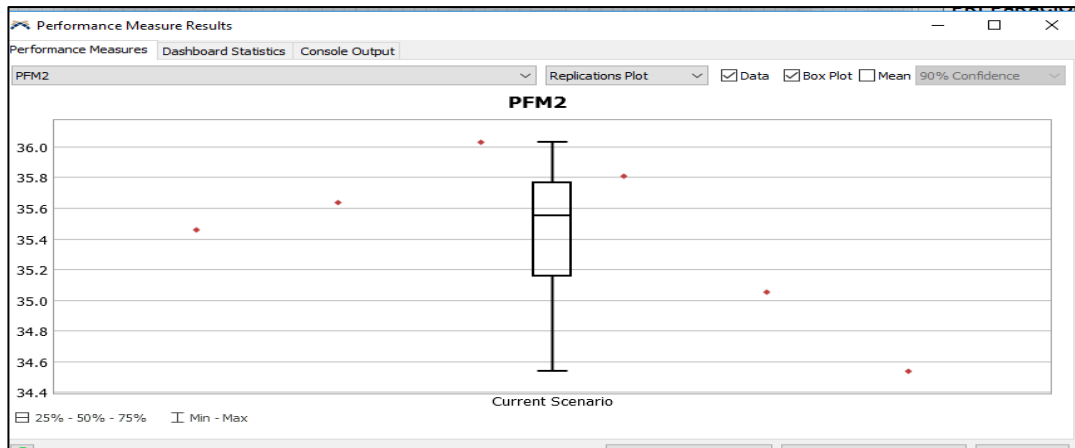


Figura 54. Réplicas de los valores-simulación.

	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6
Current Scenario	35.46	35.64	36.03	35.81	35.05	34.54

Figura 55. Datos obtenidos de la simulación.

Se utilizaron los datos reales y simulados con el propósito de aplicar la fórmula de t de students:

Datos:

$$\bar{Y}_2 = 35,59$$

$$\mu_0 = 35,49$$

$$S = 0.3$$

$$n = 6$$

$$|t_0| = \left| \frac{\bar{Y}_2 - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \right|$$

$$|t_0| = 0.8$$

Tabla 22. Tiempo real vs simulación

n	Tiempo (horas)	Tiempo (horas)
1	36,67	35,46
2	35,31	35,64
3	35,50	36,03
4	35,25	35,81
5	34,69	35,05
6	35,50	35,54
Media	35,49	35,59
Desviación estándar	0,65	0,33

Prueba de la hipótesis nula:

Medición de resultados:

$$H_0: E(Y_2) = 0,65 \text{ segundos}$$

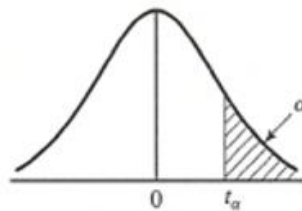
$$H_1: E(Y_2) \neq 0,65 \text{ segundos}$$

Conducción de la prueba t:

$$\alpha = 0.05$$

$n = 6$ número de corridas

Table A.5 Percentage Points of The Student's t Distribution with ν Degrees of Freedom



ν	$t_{0.005}$	$t_{0.01}$	$t_{0.025}$	$t_{0.05}$	$t_{0.10}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.08
2	9.92	6.92	4.30	2.92	1.89
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.64
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38

Figura 56. Distribución T-student

Fuente: [3]

$$t = 2.57$$

Validación:

$$|t_0| = 0,8 < t_{\alpha, n-1} = 2.57$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , se demuestra que el modelo es adecuado, sin embargo, no se tiene conocimiento si el modelo es fuerte o débil, por tal motivo se realiza la prueba de potencia.

Prueba de potencia.

El modelo utilizará el error tipo II (β):

- Error de aceptar un modelo como valido cuando es invalido.

Consideraciones:

- La probabilidad de detectar un modelo invalido= $1 - \beta$
- Si la potencia de prueba tiende a 1, es mejor.
- El modelador debe buscar un β pequeño.

Desarrollo.

Cálculo de β :

$$Pp = 90\% = 0.9 \text{ Prueba de Potencia}$$

$$Pp = 1 - \beta$$

$$\beta = 1 - Pp = 1 - 0.9 = 0.1$$

Cálculo de δ :

$$\delta = \frac{|E(Y) - \mu|}{\sigma}$$

Datos:

$|E(Y) - \mu| = 1$ se condisera 1 hora de tolerancia

$\sigma = 0,33$ desviación estandar – simulación

$$\delta = \frac{|E(Y) - \mu|}{\sigma} = \frac{0,16}{0,33} = 0,1$$

Utilizamos un $\alpha = 0.05$ y las Curvas Características de Operación (OC curve), Tabla A10 y A.11.

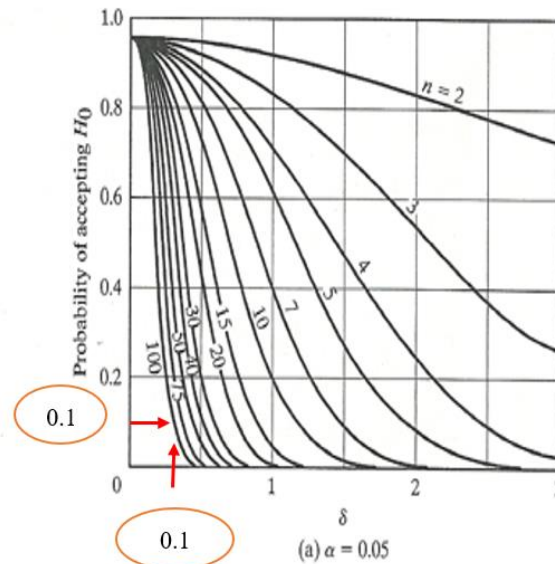


Figura 57. Curva de caracterización de operaciones tabla A10
Fuente: [3]

En función de la Curvas Características de Operación se realizó 100 observaciones, previamente se realizó 30, por lo cual nos resta 70 observaciones.

Justificación de propuesta de mejora para la sección estructuras.

Después de la ejecución del proceso original se tiene como resultado un tiempo promedio de 35,42 horas (software) el cual será la base para la mejora de dicha sección. Por lo cual después de revisar el proceso de estructuración de carrocerías para autobuses se presenta dos mejoras propuestas a continuación.

- En base a lo estudiado se observa que se lo óptimo es traslapar procesos que se muestran a continuación.
 - Preparación de chasis
 - Estructurado de piso
 - Estructurado de laterales
 - Estructurado de techo
- Otra de las maneras en que el tiempo del proceso puede ser mejorado es analizando el cuello de botella, sabiendo que el tiempo que interrumpe el proceso de cierta forma es el de estructurado del techo, se pretende aumentar el número de operarios en este proceso y disminuir a la mitad, por el mismo

hecho de aumentar a dos el número de operarios, cabe destacar que los tiempos de construcción de los laterales se les ha tomado individual.

Simulación del proceso mejorado

Caso 1

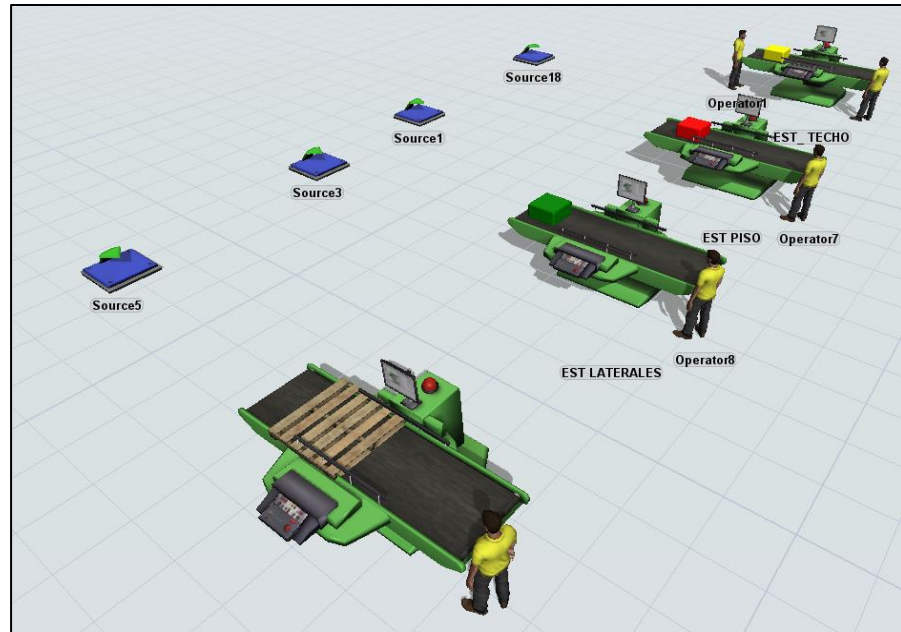


Figura 58. Proceso mejorado caso 1

Los datos de simulación se experimentaron con un promedio de 40 horas dándonos como resultados.

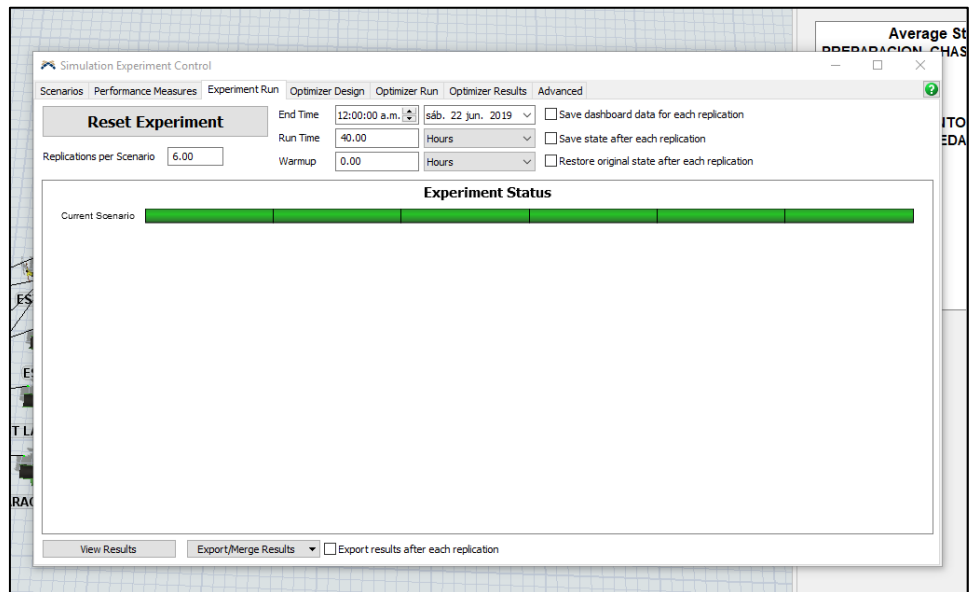


Figura 59. Datos de simulación

Lo cual nos permite visualizar los resultados obtenidos con un nivel de confianza del 90%:

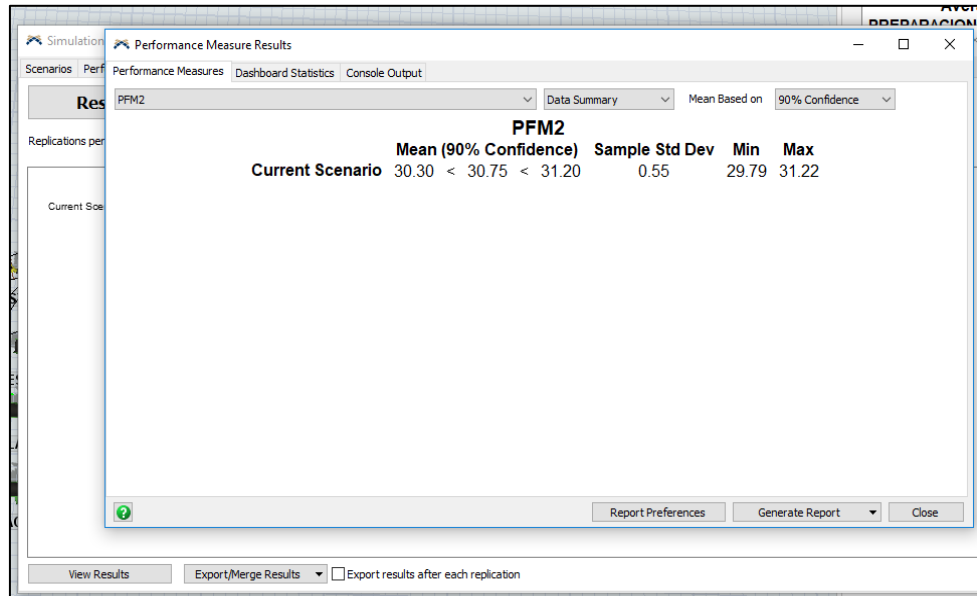


Figura 60. Resultados proceso mejorado caso 1.

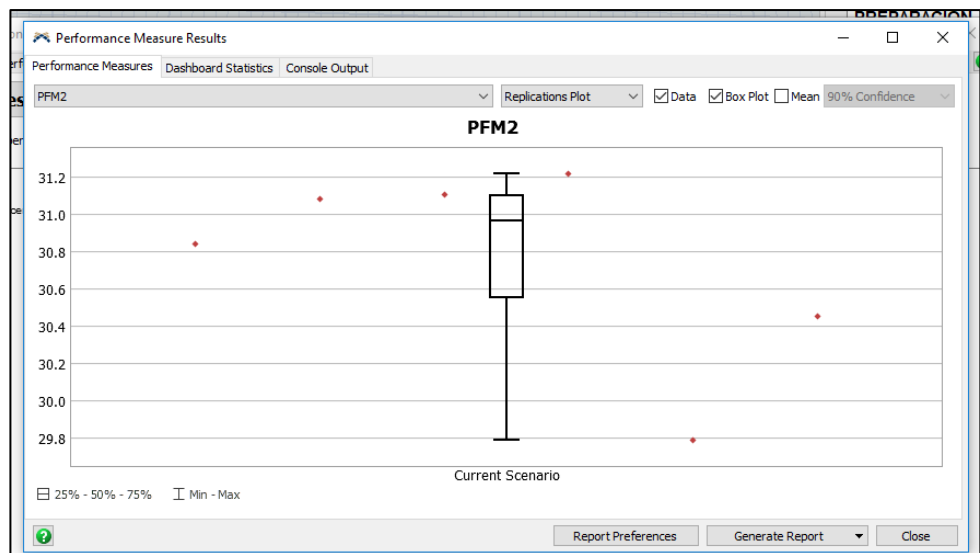


Figura 61. Resultados proceso mejorado caso 1.

Se tiene como resultado que el tiempo disminuyo a **30.45** horas como se muestra a continuación.

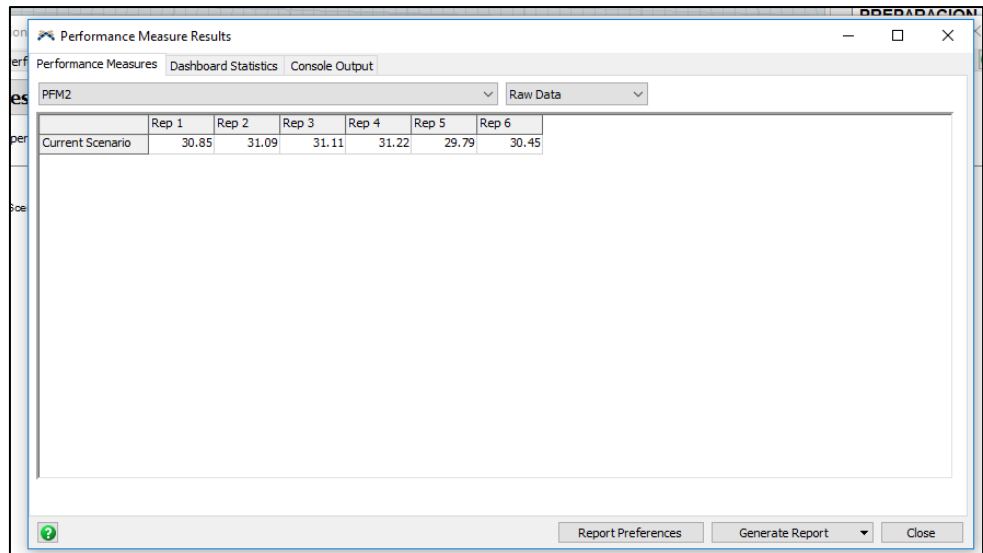


Figura 62. Resultados proceso mejorado caso 1.

Caso 2

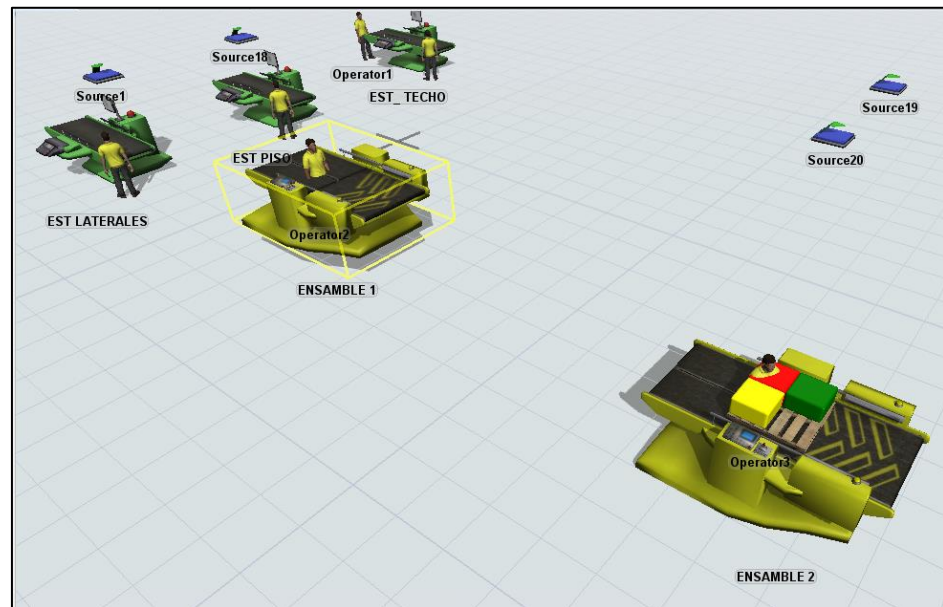


Figura 63. Proceso mejorado caso 2

Los datos de simulación se experimentaron con un promedio de 40 horas dándonos como resultados.

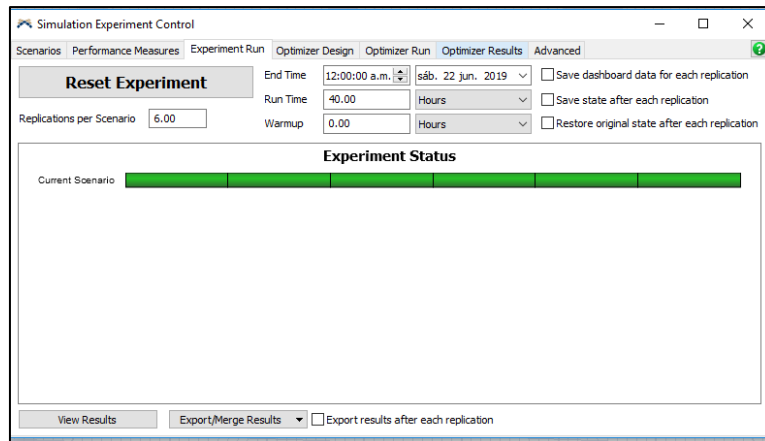


Figura 64. Datos de simulación

Lo cual nos permite visualizar los resultados obtenidos con un nivel de confianza del 90%:

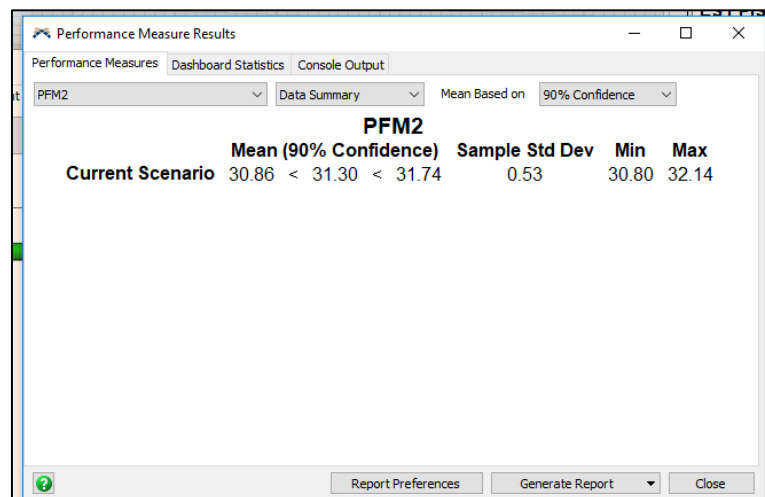


Figura 65. Resultados simulación caso 2

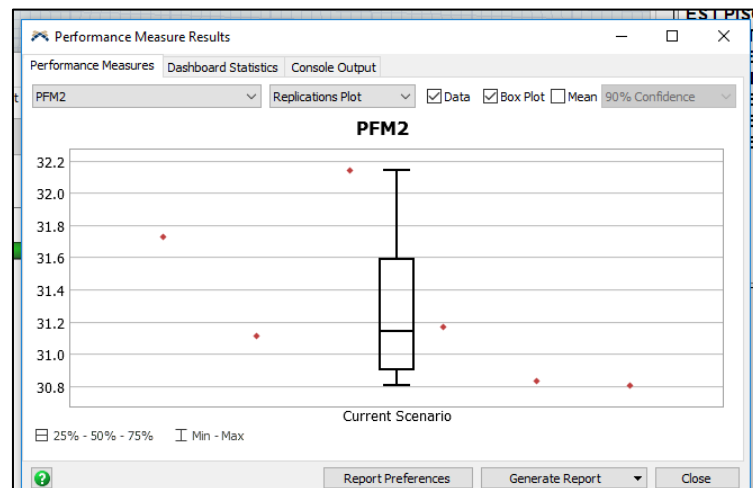


Figura 66. Resultados simulación caso 2

Se tiene como resultado que el tiempo disminuyo a **31.30** horas como se muestra a continuación.

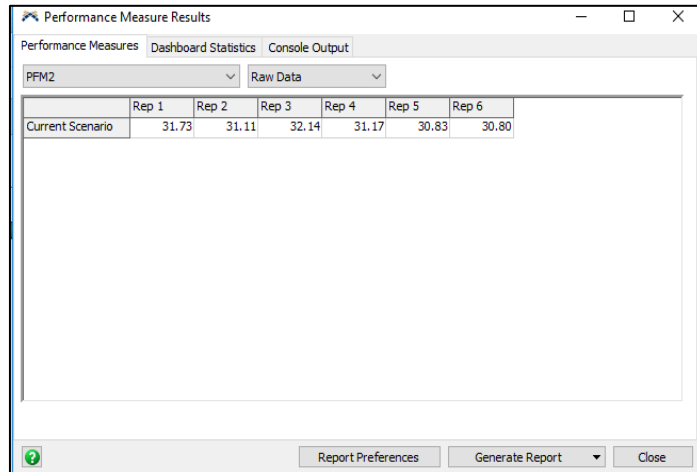


Figura 67. Resultados simulación caso 2

Comparación de modelos

Sabiendo que los tiempos a comportar están en horas se tiene como resultado que el tiempo es mejorado en ambos casos, teniendo en cuenta que en una de las mejoras fue al proceso y la otra hacia al personal a trabajar.

Tabla 23. Tiempo real vs simulación

n	Original	Caso 1	Caso 2
Prueba 1	35,46	30,85	31,73
Prueba 2	35,64	31,09	31,11
Prueba 3	36,03	31,11	32,14
Prueba 4	35,81	31,22	31,17
Prueba 5	35,05	29,79	30,83
Prueba 6	34,54	30,45	30,8
Promedio	35,42	30,75	31,30

Como se observa en la tabla presentada en el caso 1 se tiene un tiempo de 30.75 horas mientras que en el caso dos con el aumento de un obrero más a la línea de producción se tiene un tiempo de 31.30 horas.

4.7 Análisis financiero de la propuesta.

Para el análisis financiero se tomó en consideración la línea crítica del proceso por lo que se evidenció los costos que se resumen a continuación, además las proformas se evidencian en el anexo 6.

Tabla 24. Tiempo real vs simulación

Propuesta	Costo
Adquisición de dos pistolas de calor (Tiempos De Secado)	\$ 80
Adquisición de un juego de Andamios Flotantes	\$ 900
Tercerización de Autopartes En Fibra (juego por unidad)	\$ 1700
Jep Prefabricados (pasamanos)	\$ 1500
Creación De Arnés Eléctrico	\$ 1100
Total	\$ 5280
Total con IVA	\$ 5913.60

Fuente: Autor

Tomando en cuenta los beneficios que conlleva la aplicación de la propuesta resulta una inversión viable, ya que genera beneficio a corto plazo porque gracias a esto se disminuye el tiempo de producción de 23 días a 20,85 días, además los costos del juego de fibras son por unidad fabricada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.8 Conclusiones.

- Se ha establecido una propuesta de mejora sobre la línea de producción gracias al análisis de tiempos y movimientos, con la propuesta y el traslape de los procesos de la sección acabados, llegando a un tiempo de 59,25 h que representan una reducción del 21.22%, por lo que en la totalidad del proceso de producción se ha disminuido de 23 días a 20,85 días para la fabricación de un bus urbano VM6 lo que conlleva a la reduciendo un total 2.15 días en el proceso constructivo, lo que resulta sin duda una herramienta de aplicación fundamental.
- Se verificó después del estudio de tiempos y movimientos que el proceso productivo actual, además de contener actividades que se realizan en forma secuencial existen procesos simultáneos que engloban las actividades por lo cual después del análisis de precedencias en cada uno de los macroprocesos se pudo constatar que el proceso cuello de botella fue la sección acabados por desperdicios en ciertas áreas de trabajo.
- Se identificaron los desperdicios en los procesos de procesos de producción para la fabricación de una carrocería mediante una matriz (Anexo 4) aplicando las 7 MUDAS (sobreproducción, esperas, movimientos innecesarios, sobre procesos, exceso de stock, defectos, talento humano) en donde se determinó que la sección acabados por movimientos innecesarios, a su vez con el análisis del VSM actual (Anexo 5) se evidencia el tiempo mejorado.
- Se seleccionó una herramienta de manufactura esbelta en base al análisis de los desperdicios siendo el mayor desperdicio los movimientos innecesarios por lo que se elaboró un manual 5 “S” (Anexo 3) el mismo que detalla cómo se debe aplicar en la plata de producción cada una de las “S” mediante registros y pasos a seguir.
- Después del desarrollo del modelo del proceso actual se hace posible la simulación del mismo, incorporando todos los datos recolectados y

validados en el área de estructuras ya que el Takt Time que genera es de 9 horas.

- Se propone dos mejoras al proceso productivo, analizando en el primer caso la adaptabilidad del proceso, a traslaparse con líneas paralelas, comprobando una reducción del tiempo final, y el segundo caso añadiendo obreros a la parte más crítica considerada cuello de botella teniendo también una reducción en el tiempo final de carrozado como se muestra en la tabla de comparación de modelos.
- Después de la ejecución de modelos con base a las mejoras propuestas se evidencia que si existe disminución de tiempos y que se tiene dos posibles mejoras que se detallan en el apartado 4.6.2 mejoramiento del volumen productivo, en base al estudio determinado.
- Además, se consideró que la implementación de la propuesta tendrá un costo de \$5.913 dólares americanos sin embargo el beneficio a corto plazo contribuye con la mejora de productividad en la planta, ya que al disminuir los tiempos de producción de una unidad se podrá incrementar la utilidad de la empresa en un 1.5%. Es decir, con un promedio de producción anual alrededor de 120 unidades, se logrará un beneficio neto de \$84.087 dólares americanos.

4.9 Recomendaciones

- Capacitar al personal de la empresa sobre los beneficios que se conseguirían al implementar cada una de las propuestas, además sobre los desperdicios presentes en el proceso productivo de modo que puedan colaborar en su reducción y minimización.
- Implementar cada una de las herramientas propuestas en el proceso productivo para así ver reflejado los beneficios positivos que con lleva dicha implementación, debido a que se reduce el tiempo de fabricación de un bus urbano 3 puertas.
- Cada vez que se presenten tiempos o procesos que no contengan el tiempo crítico y que además caminen paralelamente a estos; podrían ser aislados del proceso principal.

- Al analizar un proceso productivo alrededor de carrocerías, tener en cuenta que la construcción de esta se realice en forma lineal, para mejorar el tiempo de manera considerable.
- Tener en cuenta los obreros dueños de las actividades está distribuidos para cada sección o ejecutar diferentes actividades en el mismo proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Jiménez, L. Romero, M. Domínguez, y M. del M. Espinosa, «5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school», *Saf. Sci.*, vol. 78, pp. 163-172, oct. 2015, doi: 10.1016/j.ssci.2015.04.022.
- [2] Z. G. dos Santos, L. Vieira, y G. Balbinotti, «Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry», *Procedia Manuf.*, vol. 3, pp. 5947-5954, ene. 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.687.
- [3] S. A. M. Elmoselhy, «Hybrid lean–agile manufacturing system technical facet, in automotive sector», *J. Manuf. Syst.*, vol. 32, n.º 4, pp. 598-619, oct. 2013, doi: 10.1016/j.jmsy.2013.05.011.
- [4] «The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations - ScienceDirect». <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527318301555> (accedido jun. 28, 2020).
- [5] B. A. Oliveros, A. D. Granja, y S. R. Dionisio, «An initial evaluation of a method for adopting kaizen events in the construction sector Evaluación inicial de un método para adoptar eventos kaizen en el sector de la construcción», vol. 33, p. 10, 2018.
- [6] S. M. Sutharsan, M. Mohan Prasad, y S. Vijay, «Productivity enhancement and waste management through lean philosophy in Indian manufacturing industry», *Mater. Today Proc.*, abr. 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.976.
- [7] G. Marodin, A. G. Frank, G. L. Tortorella, y T. Netland, «Lean product development and lean manufacturing: Testing moderation effects», *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 203, pp. 301-310, sep. 2018, doi: 10.1016/j.ijpe.2018.07.009.
- [8] G. M. Ramachandran y S. Neelakrishnan, «An approach to improving customer on-time delivery against the original promise DATE», *South Afr. J. Ind. Eng.*, vol. 28, n.º 4, dic. 2017, doi: 10.7166/28-4-1766.
- [9] F. E. Meyers, *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura gil*. Pearson Educación, 2000.
- [10] R. Sundar, A. N. Balaji, y R. M. S. Kumar, «A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques», *Procedia Eng.*, vol. 97, pp. 1875-1885, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.341.

- [11] G. Tortorella y P. A. Cauchick-Miguel, «An initiative for integrating problem-based learning into a lean manufacturing course of an industrial engineering graduate program», *Production*, vol. 27, n.º spe, 2017, doi: 10.1590/0103-6513.224716.
- [12] C. J. Fourie y N. E. Umeh, «Application of lean tools in the supply chain of a maintenance environment», *South Afr. J. Ind. Eng.*, vol. 28, n.º 1, may 2017, doi: 10.7166/28-1-1507.
- [13] I. A. Ferreira, F. O. de Araujo, y M. E. S. Echeveste, «Change management practices to support the implementation of lean production systems: a survey of the scientific literature», *Gest. Produção*, vol. 27, n.º 2, p. e4019, 2020, doi: 10.1590/0104-530x4019-20.
- [14] F. Castro, P. S. Figueiredo, C. Pereira-Guizzo, y F. U. Passos, «Effect of the motivational factor on lean manufacturing performance: the case of a multinational consumer goods company», *Gest. Produção*, vol. 26, n.º 3, p. e4850, 2019, doi: 10.1590/0104-530x4850-19.
- [15] B. K. Jeong y T. E. Yoon, «Improving IT process management through value stream mapping approach: A case study», *J. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 13, n.º 3, dic. 2016, doi: 10.4301/S1807-17752016000300002.
- [16] Kosandal, P. & Farris, J. (2004), “The Strategic Role of the Kaizen Event in Driving and Sustaining Organizational Change,” Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Management Conference, Alexandria, VA, pp. 517-526.
- [17] R. A. Dondofema, S. Matope, y G. Akdogan, «lean applications: a survey of publications with respect to south african industry», *South Afr. J. Ind. Eng.*, vol. 28, n.º 1, may 2017, doi: 10.7166/28-1-1660.
- [18] R. Coetzee, K. Van der Merwe, y L. Van Dyk, «Lean implementation strategies: how are the toyota way principles addressed? », *South Afr. J. Ind. Eng.*, vol. 27, n.º 3, nov. 2016, doi: 10.7166/27-3-1641.
- [19] Bicheno, J. (2001), “Kaizen and Kaikaku.” Manufacturing Operations and Supply Chain Management: The LEAN Approach, Taylor, D, and Brunt, D., eds., London, UK: Thomson Learning,
- [20] Chopra S. Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation. México: Pearson Educación; 2015. p. ISBN 9781292093567.

ANEXOS


Anexo 1

ESTRUCTURAS

Recepción del chasis

Una vez que se recibe la orden de trabajo en planta se procede con la preparación del chasis es decir la nivelación, perforaciones, colocación de placas y empernado en base a los planos constructivos que son entregados por el departamento de diseño.

Tabla 25. Estudio de tiempos preparación de chasis


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción		Estudio N:	1
Sección		Estructuras		Página N:	1
Proceso		Preparación del chasis		Horario de observación	
				Inicio	7:30 am.
Cronometraje		Vuelta a cero		Fin	18:00 pm.
Obreros:		2		Fecha:	21/09/2020
Sexo:		Masculino		Elaborado por: Christina Alarcón	
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo horas	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1A	Preparación del chasis	5,25	Productiva	X	
TOTAL		5,25			

Fuente: Autor

Estructura primer ensamble.

En el proceso de estructura primer ensamble se procede con la construcción de las estructuras metálicas de los laterales del piso y del techo, tomando en cuenta que estos procesos se llevan a cabo en jep de construcción para posteriormente ser montados en el chasis.

Tabla 26. Estudio de tiempos estructura primer ensamble


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área	Producción	Estudio N:	1		
Sección	Estructuras	Página N:	1		
Proceso	Estructura primer ensamble	Horario de observación			
		Inicio	7:30 am.		
Cronometraje	Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.		
Obreros:	2	Fecha:	21/09/2020		
Sexo:	Masculino	Elaborado por:			
CARROCERIAS VARMA S.A.		Christina Alarcón			
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1B	Construcción estructura metálica techo	9	Productiva	X	
2B	Montaje de la estructura del piso	4,08	Productiva	X	
3B	Construcción estructura metálica lateral izquierdo	7	Productiva	X	
4B	Construcción estructura lateral derecho	7	Productiva	X	
5B	Construcción estructura metálica piso	8,58	Productiva	X	
TOTAL		35,66	Horas		

Fuente: Autor

Estructura segundo ensamble.

En proceso de estructura segundo ensamble se da inicio al montaje de las estructuras metálicas con los siguientes tiempos operativos.

Tabla 27. Estudio de tiempos estructura segundo ensamble.


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Sección		Estructura	Página N:	1	
Proceso		Estructura 2do ensamble	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		3	Fecha:	22/09/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1C	Armado de conjunto piso laterales	1,30	Productiva	X	
2C	Instalación de diagonales	0,30	Productiva	X	
3C	Montaje de techo	0,25	Productiva	X	
4C	Construcción de la estructura metálica del frente	4	Productiva	X	
5C	Construcción de complementos	3,08	Productiva	X	
6C	Ajuste de estructura	4	Productiva	X	
7C	Soldadura de uniones y partes	4,08	Productiva		
TOTAL		17.01	Horas		

Fuente: Autor

Estructura tercer ensamble.

En el proceso de estructura del tercer ensamble se realiza los procesos de soldadura, pulido y resoldado además de las estructuraciones de posterior y cajuelas.

Tabla 28. Estudio de tiempos estructura tercer ensamble

		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Estructura	Página N:	1	
Proceso		Estructura 3do ensamble	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		2	Fecha:	23/09/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por:		
CARROCERIAS VARMA S.A.			Christian Alarcón		
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1D	Soldadura de partes de la estructura techo, pulido	3,08	Productiva	X	
2D	Estructura inferior complemento piso cajuelas.	3,08	Productiva	X	
3D	Soldadura de láminas en cada esquina	5	Productiva	X	
4D	Estructura de cajuelas porta llantas	3,45	Productiva	X	
5D	Rematado	4,38	Productiva	X	
6D	Control de calidad	1,12	Productiva	X	
TOTAL		20,11	Horas		

Fuente: Autor

A continuación, se muestra un diagrama de precedencias en donde se tallo el flujo de las actividades que se enumeran con sus respectivos tiempos con el fin de obtener el tiempo en la sección estructuras tomando en cuenta las actividades que se realizan de manera simultánea (en paralelo).

DIAGRAMA DE PRECEDENCIA ESTRUCTURAS

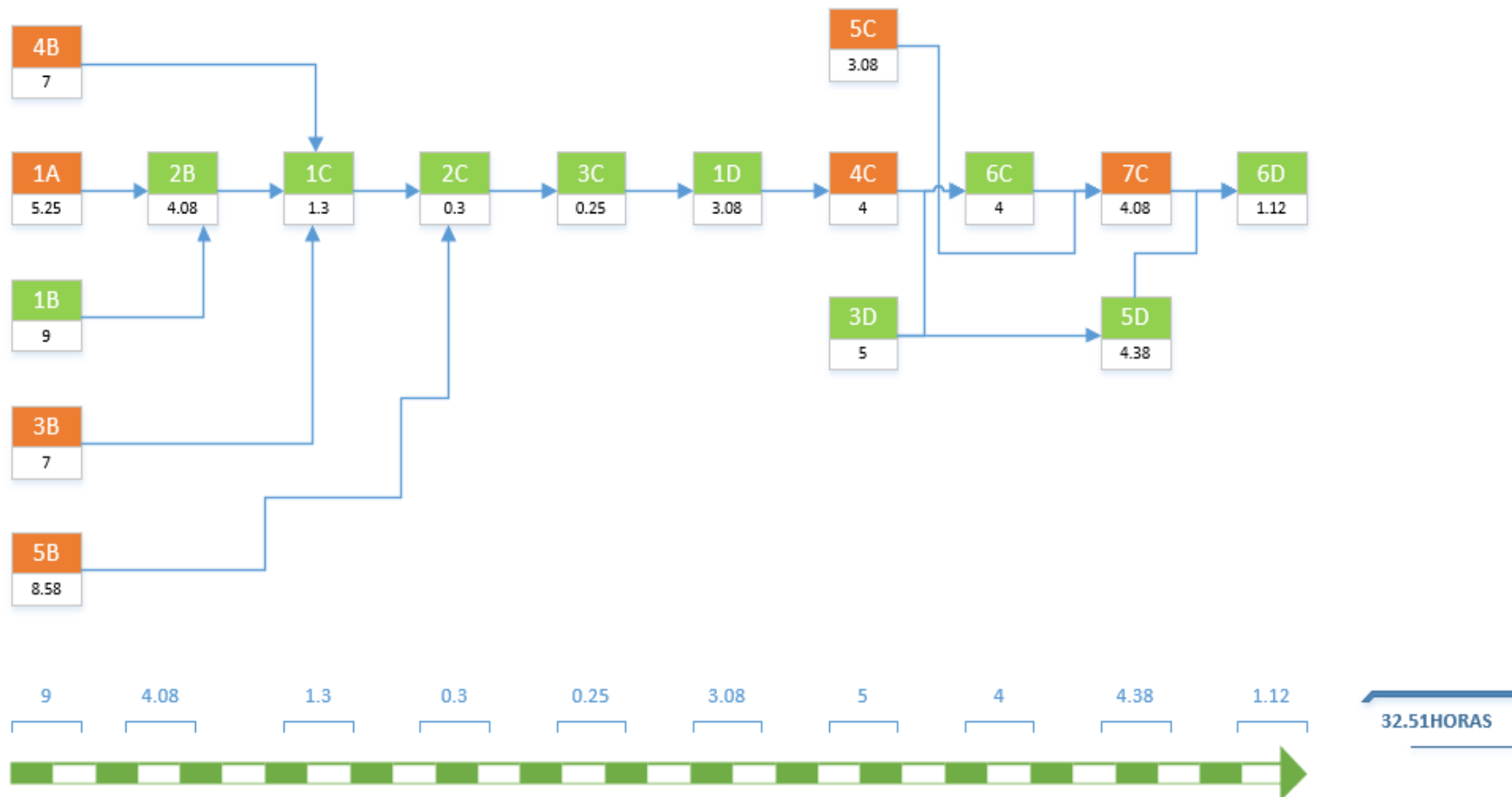


Figura 68. Diagrama de precedencias estructuras.


Fuente: Autor

VESTIDURA

Vestidura fase 1

Una vez culminada la estructuración de la carrocería de la unidad se procede con el proceso de vestidura primera fase con las siguientes actividades y tiempos.

Tabla 29. Estudio de tiempos vestidura fase 1


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Fase 1	Página N:	1	
Proceso		Vestidura	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		7	Fecha:	24/09/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1E	Soldadura de plancha en la parte delantera exterior de la cabina del bus ambos	7,25	Productiva	X	
2E	Soldadura y pulido de la estructura lateral interior e interior	7,41	Productiva	X	
3E	Soldadura de planchas de soporte en los tubos transversales de la estructura	2,08	Productiva	X	
4E	Soldadura y pulido de complementos delanteros, laterales.	0,58	Productiva	X	
5E	Construcción de gradas para las tres puertas.	2,13	Productiva	X	
TOTAL		19,45	Horas		

Fuente: Autor

Vestidura fase 2

Una vez culminado el proceso de vestidura fase 1 de la unidad se procede con el proceso de vestidura segunda fase con las siguientes actividades y tiempos.

Tabla 30. Estudio de tiempos vestidura fase 2


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Fase 2	Página N:	1	
Proceso		Vestidura	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		11	Fecha:	25/09/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1F	Forado de estructura lateral	7,08	Productiva	X	
2F	Forado de estructura del techo	5,55	Productiva	X	
3F	Pulido de soldaduras en el forrado de los laterales y en el techo	0,46	Productiva	X	
4F	Montaje del forro de fibra de vidrio delantera y posterior para construcción de la estructura de soporte	0,35	Productiva	X	
5F	Forado de laterales parte baja ambos lados de la carrocería.	7,33	Productiva	X	
6F	Construcción de estructura de soporte en la parte posterior para la fibra de	2,50	Productiva	X	
7F	Colocación de refuerzos en la cabina para la fibra de vidrio	3	Productiva	X	
TOTAL		26,27	Horas		

Fuente: Autores

Vestidura fase 3

Una vez culminado el proceso de vestidura fase 2 de la unidad se procede con el proceso de vestidura tercera fase con las siguientes actividades y tiempos.

Tabla 31. Estudio de tiempos vestidura fase 3

		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Fase 3	Página N:	1	
Proceso		Vestidura	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		11	Fecha:	28/09/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1G	Construcción de las tres puertas	8,58	Productiva	X	
2G	Montaje definitivo del forro de fibra de vidrio delantera y posterior	0,40	Productiva	X	
3G	Pegado del forro de fibra de vidrio delantera y posterior	3,08	Productiva	X	
4G	Construcción compuerta para el tanque de combustible	5,50	Productiva	X	
5G	Colocación de pistones neumáticos en cada puerta	2,42	Productiva	X	
6G	Construcción y montaje de las tapas de cajuelas	3,40	Productiva	X	
7G	Construcción de la Mascarilla	5,50	Productiva	X	
8G	Montaje de claraboyas	2,58	Productiva	X	
9G	Control de calidad	1,50	Productiva	X	
TOTAL		32.96	Horas		

Fuente: Autores

DIAGRAMA DE PRECEDENCIA VESTIDURA

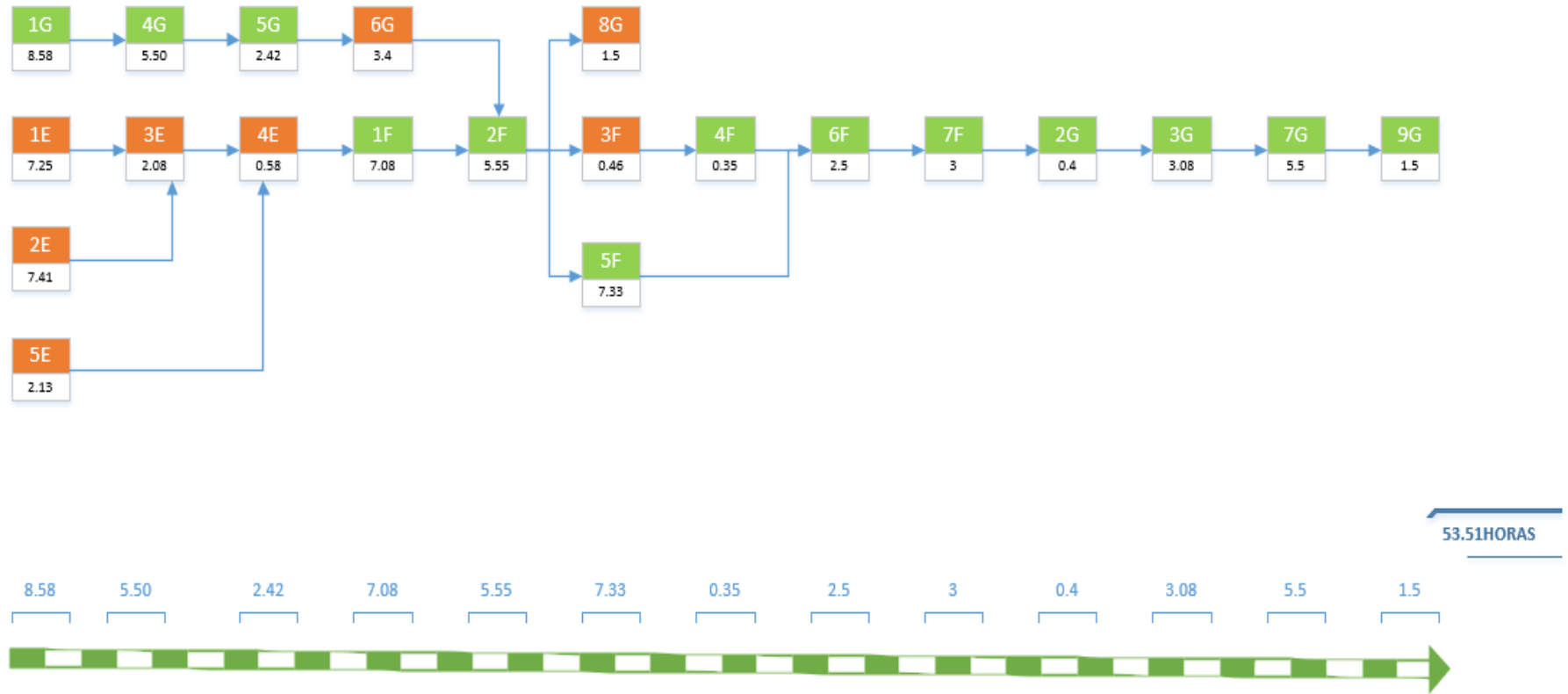



Figura 69. Diagrama de precedencias vestidura
Fuente: Autor

PINTURA

Preparación.

En el proceso de preparación de la unidad se tiene las siguientes actividades y tiempos, además en la línea de producción se destaca que dicho proceso se realiza en la cabina de preparación para posteriormente pasar al horno de pintura, por lo que se destaca la calidad del proceso.

Tabla 32. Estudio de tiempos preparación.


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Preparación	Página N:	1	
Proceso		Pintura	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		14	Fecha:	29/09/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1H	Pulido de partes para proceder al masillado	3	Productiva	X	
2H	Masillado de laterales y partes de fibra de vidrio	4	Productiva	X	
3H	Masillado y pulido de laterales y lugares sin uniformidad	5,30	Productiva	X	
TOTAL		12,30	Horas		

Fuente: Autor

Fondeado

En el proceso de fondeado de la unidad se tiene las siguientes actividades y tiempos, además en este punto del proceso existe una inmersión de parte del proceso de electricidad.

Tabla 33. Estudio de tiempos fondeado


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Preparación	Página N:	1	
Proceso		Pintura	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		14	Fecha:	29/09/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1I	Pintado con fondo de poliuretano en toda la carrocería	5,50	Productiva	X	
2I	Pegado de arcos de fibra en el lugar de las llantas (con SIKA 560 y remachado)	0,36	Productiva	X	
3I	Ubicación de pequeñas fallas y relleno con masilla poliéster	0,35	Productiva	X	
4I	Colocación del cableado en tubos plásticos	3,50	Productiva	X	
5I	Pulido del fondeado de poliuretano en todas las partes de la carrocería	4,57	Productiva	X	
TOTAL		14,28	Horas		

Fuente: Autor

Pintura

En el proceso de pintura de la unidad se tiene las siguientes actividades y tiempos, además el proceso es realizado en un horno de pintura, lo que garantiza un acabado perfecto, reduciendo los tiempos de pintado y los posibles errores durante el proceso.

Tabla 34. Estudio de tiempos pintura

		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Pintura	Página N:	1	
Proceso		Pintura	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Vuelta a cero	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		14	Fecha:	30/09/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1J	Limpiar con desengrasante el fondeado que fue pulido	0,32	Productiva	X	
2J	Preparación para pintar	3	Productiva	X	
3J	Pintado de color según requerimiento	1,48	Productiva	X	
4J	Secado de la pintura al horno	1,40	Productiva	X	
5J	Control de calidad	2	Productiva	X	
TOTAL		8,2	Horas		

Fuente: Autor

A continuación, se muestra un diagrama de precedencias en donde se tallo el flujo de las actividades que se enumeran con sus respectivos tiempos con el fin de obtener el tiempo en la sección pintura tomando en cuenta las actividades que se realizan de manera simultánea (en paralelo), cabe destacar que al ser un proceso riguroso solo existen dos actividades simultaneas como son la colocación del cableado mientras se realiza el masillado de los laterales.

DIAGRAMA DE PRECEDENCIA PINTURA

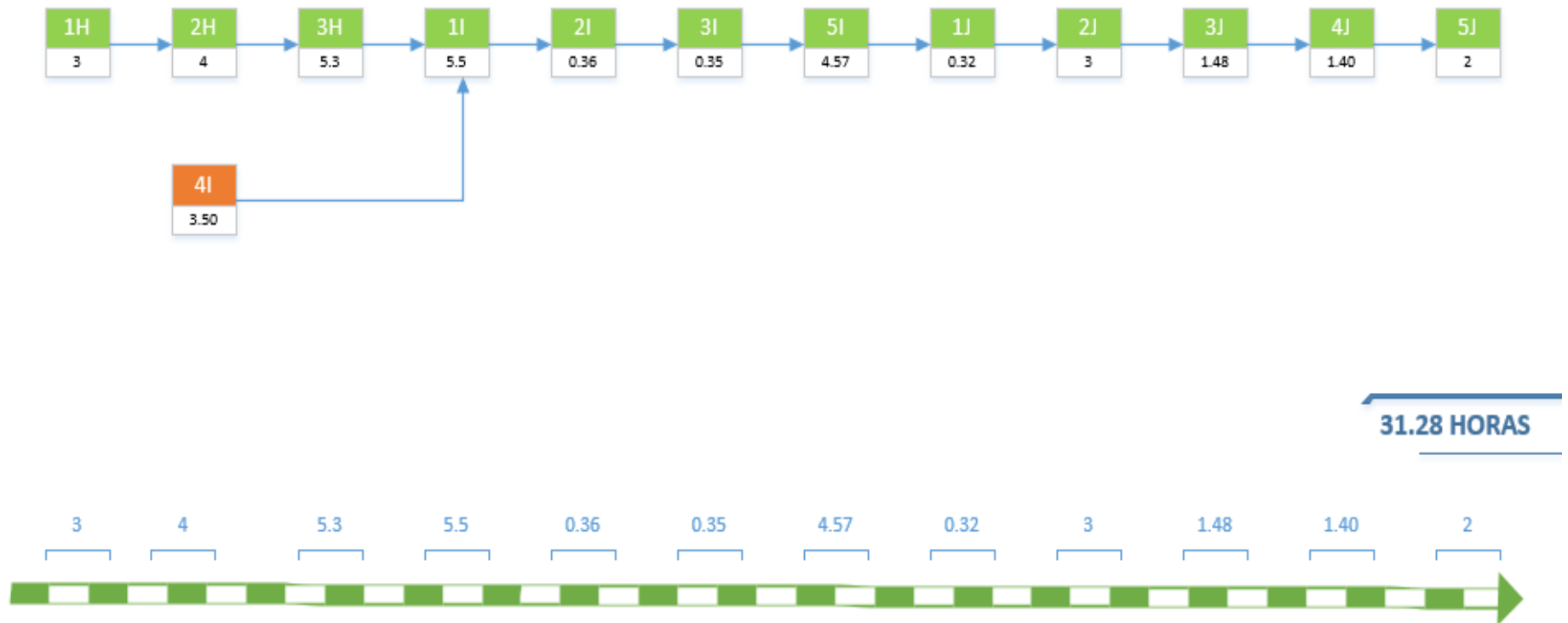



Figura 70. Diagrama de precedencias pintura
Fuente: Autor

ACABADOS

Forro interno 1

Una vez el bus se encuentre seco de la pintura se procede con el siguiente proceso el cual detalla las siguientes actividades y tiempos:

Tabla 35. Estudio de tiempos forro interno 1


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área	Producción	Estudio N:	1		
Operación	Forado	Página N:	1		
Proceso	Acabados	Horario de observación			
		Inicio	7:30 am.		
Cronometraje	Cronometraje continuo	Fin	18:00 pm.		
Obreros:	9	Fecha:	01/10/2020		
Sexo:	Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón			
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1K	Montaje estructura de fibra de vidrio en el motor (tortuga)	4,25	Productiva	X	
2K	Cableado, envolturas y amarras en la parte inferior del piso	5	Productiva	X	
3K	Pegado de partes de fibra de vidrio parte posterior	4	Productiva	X	
	TOTAL	13,25	Horas		

Fuente: Autor

Forro interno 2

En el proceso de forrado 2 de la unidad se tiene las siguientes actividades y tiempos, además en este punto del proceso existe una inmersión de parte del proceso de electricidad.

Tabla 36. Estudio de tiempos forro interno 2


		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N°:	1	
Operación		Forado 2	Página N°:	1	
Proceso		Acabados	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Cronometraje continuo	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		9	Fecha:	02/10/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1L	Pegado de forro interior de fibra de vidrio, parte superior y lateral.	4	Productiva	X	
2L	Pegado parte de fibra de vidrio en la cabina	2,50	Productiva	X	
3L	Pegado de tablonces en el piso	8,58	Productiva	X	
4L	Conexión lampara del pasillo lado Izquierdo	8,58	Productiva	X	
5L	Adaptación complemento del tubo de escape	2	Productiva	X	
6L	Conexión de lámparas, cámaras y parlantes en el pasillo y en las puertas	2.35	Productiva	X	
7L	Colocación de forro en los refuerzos de las ventanas	2,35	Productiva	X	
	TOTAL	32,01	Horas		

Fuente: Autor

Forro interno 3

En el proceso de forrado 3 de la unidad se tiene las siguientes actividades y tiempos, además en este punto del proceso existe una inmersión de parte del proceso de electricidad.

Tabla 37. Estudio de tiempos forro interno 3

		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Forrado 3	Página N:	1	
Proceso		Acabados	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Cronometraje continuo	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		9	Fecha:	06/10/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1M	Pegado de planchas corrugadas en las bodegas	3,08	Productiva	X	
2M	Pegado del vidrio en la parte posterior	1,33	Productiva	X	
3M	Tapizado de la cabina	7	Productiva	X	
4M	Tapizado del piso	3,45	Productiva	X	
5M	Conexión eléctrica en la cabina	6,12	Productiva	X	
6M	Tapizado partes faltantes del piso	5,26	Productiva	X	
7M	Pegado de forro lateral inferior	1,45	Productiva	X	
8M	Colocación de pasamanos	8,40	Productiva	X	
9M	Montaje tortuga	2,20	Productiva	X	
10M	Pegado de planchas antideslizantes en el pasillo	2,12	Productiva	X	

Fuente: Autor

Tabla 38. Continuación, Estudio de tiempos forro interno 3


Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
11M	Pegado de planchas antideslizantes en las gradas	5	Productiva	X	
12M	Montaje de fibra de vidrio en la parte superior de la cabina	0,40	Productiva	X	
13M	Instalación de electroválvulas	4,40	Productiva	X	
14M	Pegado de planchas corrugadas en las bodegas	0,45	Productiva	X	
15M	Colocación de martillos y señalética	0,30	Productiva	X	
16M	Subir los asientos	1,05	Productiva	X	
17M	Pegado y montaje de parabrisas	5,17	Productiva	X	
18M	Empernado de los asientos	2,40	Productiva	X	
19M	Conexiones del tablero	7,30	Productiva	X	
20M	Sellado de la cabina	2,17	Productiva	X	
21M	Remachado de las tapas de los compartimientos y sellado interior	3,20	Productiva	X	
22M	Colocación de leds en las gradas	3,25	Productiva	X	
23M	Colocación de basureros, corrales y cinturones de seguridad	3,25	Productiva	X	
	TOTAL	78,75	Horas		

Fuente: Autor

Apoyo

En el proceso de apoyo de la unidad se tiene las siguientes actividades y tiempos, además en este punto del proceso existe una inmersión de parte del proceso de electricidad y neumática.

Tabla 39. Estudio de tiempos apoyo

		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área		Producción	Estudio N:	1	
Operación		Apoyo	Página N:	1	
Proceso		Acabados	Horario de observación		
			Inicio	7:30 am.	
Cronometraje		Cronometraje continuo	Fin	18:00 pm.	
Obreros:		9	Fecha:	12/10/2020	
Sexo:		Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón		
Número	Operación	Tiempo	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1N	Aplicación de anticorrosivo en la estructura inferior del bus	0,29	Productiva	X	
2N	Conexión del tablero digital en la cabina	1,35	Productiva	X	
3N	Calafateado	2	Productiva	X	
4N	Colocación de ventanas	3,45	Productiva	X	
5N	Colocación de espejos retrovisores en el interior del bus	2,35	Productiva	X	
6N	Colocación del asiento del conductor	2	Productiva	X	
7N	Colocación de botiquín, cinturón de seguridad del conductor, placas de	3,20	Productiva	X	
8N	Colocación de puertas	3	Productiva	X	
9N	Conexión de pistones neumáticos a las puertas	1,50	Productiva	X	
10N	Montaje de retrovisores externos de la cabina	5,12	Productiva	X	
11N	Pegado de etiquetas, sellos distintivos, logotipos.	2,25	Productiva	X	
12N	Control de calidad	3,50	Productiva	X	
TOTAL		30,01	Horas		

Fuente: Autor

DIAGRAMA DE PRECEDENCIA ACABADOS



Figura 71. Diagrama de precedencias pintura
Fuente: Autor

Control de calidad

El proceso de control de calidad se lleva a cabo una vez la unidad haya culminado su proceso constructivo, cabe destacar que a su vez en cada una de las secciones se libera el producto en conformidad con la orden de trabajo, el reglamento y normativas que rigen la construcción de este tipo de unidades así también con planimetrías y procesos llevados a cabo de manera correcta.

Se tiene las siguientes actividades y tiempos:

Tabla 40. Estudio de tiempos control de calidad

		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área	Producción	Estudio N:	1		
Operación	Control	Página N:	1		
Proceso	Control de calidad	Horario de observación			
		Inicio	7:30 am.		
Cronometraje	Cronometraje continuo	Fin	18:00 pm.		
Obreros:	4	Fecha:	13/09/2020		
Sexo:	Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón			
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo estándar	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
10	Corregir fallas de pintura	5,38	Productiva	X	
20	Inspección final	0,35	Productiva	X	
30	Prueba de agua (estanqueidad)	1,18	Productiva	X	
40	Prueba de ruta	0,45	Productiva	X	
	TOTAL	7,36	Horas		

Fuente: Autor

Con la identificación de los tiempos de las secciones con sus respectivas actividades engloban el proceso de producción de una carrocería completa para un bus urbano VM6, además en cada uno de estos tiempos se denota en un tiempo de descanso en el transcurso del día 30 minutos correspondientes al almuerzo y 10 minutos en la mañana correspondientes a la pausa activa.

A continuación, se detalla la tabla de resumen de los tiempos de producción por cada una de las secciones.

Tabla 41. Estudio de tiempos control de calidad

		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Área	Producción	Estudio N:	1		
Operación	Producción	Página N:	1		
Proceso	Producción	Horario de observación			
		Inicio	7:30 am.		
Cronometraje	Cronometraje continuo	Fin	18:00 pm.		
Obreros:	4	Fecha:	14/09/2020		
Sexo:	Masculino	Elaborado por: Christian Alarcón			
CARROCERIAS VARMA S.A.					
Número	Operación	Tiempo horas	Actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo
1	Recepción del chasis	5,25	Productiva	X	
2	Estructuras	32,51	Productiva	X	
3	Vestidura	53,51	Productiva	X	
4	Pintura	31,28			
5	Acabados	75,21	Productiva	X	
6	Control de calidad	7,36	Productiva	X	
TOTAL		205,12	Horas		

Fuente: Autor

Anexo 2

- Contantes de habilidad esfuerzo consistencia condiciones

Criterios	Habilidad o	Esfuerzo o empeño		
A1	+ 0.15	Extrema	+ 0.13	Excesivo
A2	+ 0.13		+ 0.12	
B1	+ 0.11	Excelente	+ 0.10	Excelente
B2	+ 0.08		+ 0.08	
C1	+ 0.06	Buena	+ 0.05	Bueno
C2	+ 0.03		+ 0.02	
D	0.00	Regular	0.00	Regular
E1	- 0.05	Aceptabl e	- 0.04	Aceptable
E2	- 0.10		- 0.08	
F1	- 0.15	Deficient e	- 0.12	Deficiente
F2	- 0.22		- 0.17	

CONSISTENCIA		
+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Regular
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Deficient e

CONDICIONES		
+0.06	A	Ideales
+0.04	B	Excelentes
+0.02	C	Buenas
0.00	D	Regulares
-0.03	E	Aceptables
-0.07	F	Deficiente s

Figura 72. Habilidad, esfuerzo, condiciones
Fuente: Sistema Westinghouse

ANEXO 3

MANUAL 5 “S”

1. Objetivo

Eliminar los desperdicios de movimientos innecesarios en la sección de acabados en el proceso de producción de buses urbanos VM6 con la finalidad de mejorar los tiempos de producción.

2. Alcance

El alcance de la herramienta de manufactura esbelta 5'S es desde la recepción del chasis hasta el control de calidad de la unidad terminada.

3. Definiciones.

5's.- Es una técnica de origen japones que permite mejorar y mantener la organización, orden y limpieza del lugar de trabajo.

Seiri (eliminar). - Identificar aquellos objetos que resultan innecesarios para el buen desempeño laboral en determinada área de trabajo

Seiton (ordenar). - Una vez retirados los objetos innecesarios se procede a mantener todo en orden, para lo que se de ubicar los elementos de acuerdo a su frecuencia de utilización

Seiso (limpiar). – Etapa en la que se debe eliminar la suciedad de los lugares de trabajo, así también identificar las causas y el origen de este hecho.

Seiketsu (Estandarizar). – Mantener las condiciones de trabajo que se han logrado en las primeras 3S.


Shitsuke (Disciplinar). - La autodisciplina no es visible ni medible, pero resulta fundamental para todo proceso de mejora continua. Lo que implica convertir en habito cada uno de los métodos establecidos.

4. Desarrollo

a. Análisis actual.

Para el análisis de la situación actual se toma en cuenta el siguiente check list:

Tabla 42 Lista de verificación herramienta 5'S.

		Lista de verificación 5'S	
		Elaborado:	Christian Alarcón
		Revisado:	
		Aprobado:	
SEIRI (eliminar)			
Nota: Marque con una X la respuesta que considere adecuada según la situación actual de la empresa			
N°	PREGUNTA	SI	NO
1	¿Todas las maquinas herramientas son necesarios en el área de trabajo? ¿Se encuentran en óptimas condiciones?		X
2	¿Los pasillos se encuentran libres para el tránsito de obreros en la línea de producción?	X	
3	En caso de haber objetos dañados, ¿Existe un plan de acción para repararlos?	X	
4	¿Existe una señalética clara de las condiciones inseguras dentro del área de trabajo?	X	
5	¿Existe un plan de acción para ser descartados?	X	
6	¿Los objetos observados pertenecen al puesto de trabajo?		X
7	En caso de haber objetos que no pertenecen al puesto de trabajo. ¿Existe un plan de acción para ser transferidos al área que se requiera?		X
TOTAL SEIRI		4	3
SEITON (ordenar)			
N°	PREGUNTA	SI	NO
1	¿Existe un lugar adecuado para ubicar cada objeto necesario?	X	
2	¿Se encuentran debidamente señalizados los lugares que se utilizan para almacenaje de objetos?		X
3	¿Se cuenta con los elementos de aseo necesario? ¿Están en buen estado?		X
4	¿Existe un orden específico de los objetos según la frecuencia de uso?		X
5	¿Existe stock de máquinas herramientas?		X
6	¿El entorno de trabajo está correctamente iluminado?	X	
7	¿Hacen uso de herramientas como códigos, señalización, hojas de verificación?	X	
TOTAL, SEITON		3	4
SEISO (limpiar).			
1	¿Se considera el área como limpia? (pasillos, pisos)		X
2	¿Los operarios se encuentran limpios de acuerdo a la actividad que desempeñan?		X
3	¿Las fuentes de contaminación o fuentes de suciedad han sido eliminadas?	X	
4	¿Los operarios tienen una rutina de limpieza dentro del área de trabajo?	X	
5	¿Se dispone de basureros en buen estado y debidamente ubicados?	X	
6	¿Las medidas tomadas son suficientes para mantener un puesto de trabajo limpio?		X
TOTAL, SEISO		3	3
SEIKETSU (Estandarizar).			
1	¿Utiliza la empresa herramientas que estandaricen las tres primeras "S": seiso, seiri y seitón?		X
2	¿Los operarios utilizan los equipos de protección personal adecuados, específico para su área de trabajo y en buenas condiciones?		X
3	¿Existe señalética preventiva adecuada referente a la seguridad en cada área de trabajo?	X	
4	¿La empresa dispone de un cronograma de análisis de utilidad, obsolescencia y estado de los equipos y herramientas?		X

5	¿Emplean normas de seguridad a la hora de realizar las actividades?	X	
6	¿Se cuenta con una ficha técnica en cada puesto de trabajo para una mejor realización de las operaciones?		X
TOTAL, SEIKETSU		2	4
SHITSUKE (Disciplinar)			
1	¿Existe una cultura de respeto por los parámetros establecidos por la empresa enfocados a la organización, orden y limpieza?		X
2	¿Los trabajadores respetan las áreas designadas para la toma e ingesta de alimentos?		X
3	¿Se desarrolla proyectos de acciones de mejora continua dentro de las instalaciones de limpieza?		X
4	¿Utilizan la vestimenta adecuada y en condiciones limpias en el puesto de trabajo?	X	
TOTAL, SHITSUKE		1	3

Fuente: Autor

En base a las interrogantes planteadas por cada una de las S se presenta la tabla resumen de resultados con su porcentaje de cumplimiento, siendo el número total de preguntas el 100%.

Tabla 43. Lista de verificación herramienta 5´S

Descripción	SI	NO	% Cumplimiento
Seiri	4	3	57,14%
Seiton	3	4	42,85%
Seiso	3	3	50%
Seiketsu	2	4	33,3%
Shitsuke	1	3	25%
Total	13	17	-

Fuente: Autor

A continuación, se detalla en una gráfica tipo embudo el nivel de cumplimiento que existe sobre cada una de las S que conforman esta herramienta.

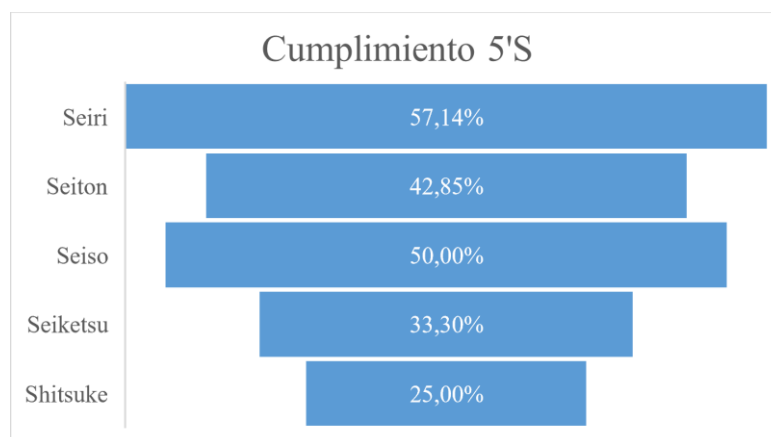


Figura 73. Análisis herramientas de manufactura y desperdicios

Fuente: Autor

Interpretación

La figura 1 muestra el nivel de cumplimiento que posee cada “S”, con respecto a la primera “S” Seiri tenemos un cumplimiento del 57, 14% lo que determina que parte de las herramientas o ya sea materiales no son necesarios dentro de los puestos de trabajo por lo que Seiri propone la eliminación de estos, Carrocerías Varma al implementar esta herramienta deberá tener un enfoque claro y preciso de lo que se desea conseguir en cada puesto de trabajo, además al presentarse este tipo de inconvenientes se generan la disminución del rendimiento del personal ya que impide la realización de actividades que forman parte del proceso, incluso llegando a provocar posibles accidentes.

Con respecto a la segunda “S” Seiton se tiene un cumplimiento de 42,85% , se encarga de identificar el orden que existe en el puesto de trabajo al tener un porcentaje por debajo de la media representa que las áreas de trabajo no se encuentra del todo en el orden que se deberían estar para la realización correcta de las actividades que se desarrollan en el entorno, sin embargo se destaca la existencia de lugares adecuados para la ubicación de objetos y la iluminación que posee la planta de producción, además de la codificación de las herramientas y sus fichas técnicas.

La tercera “S” correspondiente a Seiso que regula la limpieza que existe en el lugar de trabajo tiene un cumplimiento del 50% lo que señala que los operarios no cumplen con las exigencias de limpieza así también sus uniformes no se encuentran en las condiciones óptimas de operación, cabe destacar que los basureros y las rutinas de limpieza están en conformidad a este ítem, sin embargo, las medidas tomadas no son suficientes para mantener el puesto de trabajo limpio, por lo que resulta de suma importancia la realización de un proyecto de planificación de limpieza.

Así mismo la cuarta “S” Seiketsu que determina las 3 primeras “S” y su estandarización posee un cumplimiento del 33,33% ya que la empresa no posee la implementación de las ni las herramientas que estandaricen, además de esto se menciona la no utilización adecuada de los EPP por parte de los operarios ya sea por la falta de capacitaciones o por la falta de EPP adecuados y en

óptimas condiciones, sin embargo se destaca que la señalética se encuentra ubicada en los lugares correctos con respecto a la distribución de la planta. Finalmente la quinta “S” Shitsuke que evalúa el nivel de disciplina personal por parte del personal que forma parte de la empresa tiene un cumplimiento del 25% relativamente bajo lo que indica que no existe una cultura de respeto con respecto al orden la organización y la limpieza de las áreas de trabajo por lo que tampoco se ha tomado en cuenta la posibilidad de una mejora continua dentro de las instalaciones, con respecto a la vestimenta al no estar en óptimas condiciones se destaca la falta de limpieza en las mismas.

Por lo que en base al análisis mediante la lista de verificación se determina que para aplicar la herramienta de manufactura esbelta 5 “S” se deben seguir una serie de pasos, considerando que es una propuesta para la empresa y para la mejora de sus tiempos de producción.

Pasos:

- Como primera instancia se debería capacitar a los operarios que forman parte de la empresa sobre las actividades que se van a llevar a cabo dentro de la planta y los procesos productivos, además de mejorar la productividad y la calidad del producto final evitando reprocesos por fallas.
- Esta herramienta como primera instancia está enfocada al área de acabados, además como punto de partida se debe seleccionar un puesto de trabajo.
- Los siguientes pasos están enfocados en el cumplimiento de un objetivo aplicado a las 5 “S”

SEIRI (Eliminar)

Consiste en la identificación de aquellos elementos u objetos que resultan innecesarios

En la primera “S” a los operarios se debe asignar un área específica por lo general será el puesto de trabajo que corresponde al operario, después de la asignación del área

específica el operario debe analizar cada una de sus herramientas y seleccionar las que son útiles para realizar sus actividades y las que no son necesarias.

Al analizar cada objeto (herramienta) y determinar la utilidad o funcionalidad del mismo, las herramientas u objetos que no agregan valor se les asigna una tarjeta roja lo que indica automáticamente que el objeto es inservible por lo que deberá ser eliminado o a su vez reubicados en un área que sean de utilidad.

Tarjeta roja.

TARJETA ROJA 5 "S"			
Código:			
Artículo		Fecha:	
Cantidad		Área:	
Propietario:			
Categoría		Razón	
Maquina		No es necesaria	
Herramienta		Defectuoso	
Material		Uso desconocido	
Producto Terminado		Otros	
Destino			
Eliminar			
Vender			
Ordenar			
Trasladar			
Otros:			

Figura 74. Formato de tarjeta roja

Fuente: Autor

Instructivo

En la parte de código se debe colocar la numeración correspondiente a la codificación de la herramienta, seguido del tipo de artículo, la cantidad el área a la que pertenece la fecha y el propietario según la misma codificación de la herramienta.

Posteriormente se debe marcar con una X la categoría a la que pertenece, la razón por la cual se etiqueta y el destino o la acción que se tomara sobre este objeto.

Una vez que todos los objetos sean identificados y las tarjetas estén colocadas en cada uno de ellos se procede a registrar y analizar las acciones que se tomaran para cada objeto en caso de tomar la decisión de eliminarlos deben ser colocados en tachos

ecológicos, en caso de tomar la decisión de trasladar se deberá ubicar en su puesto de trabajo adecuado, además de eso se debe ubicar las herramientas y materiales de forma adecuado en el puesto de trabajo.

Tabla 44 Registro de tarjetas rojas 5 “S”

			REGISTRO DE TARJETAS ROJAS.			
			Realizado		Christian Alarcón	
			Revisado:		Ing. Israel Naranjo.	
Código	Elemento	Motivo	Fecha	Aplicó	Destino	Fecha de cierre

Fuente: Autor

SEITON (Ordenar)

Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar

Con Seiton se debe organizar y ordenar todos los objetos, herramientas, materiales, insumos, que se encuentren regados en el puesto de trabajo con la finalidad de mantener el lugar en orden además de eso se da la facilidad al operario de encontrar cada objeto en menor tiempo y sobre todo en eliminar los movimientos innecesarios que se general al tratar de buscar las herramientas en desorden, también los traslados innecesarios a otros puestos de trabajo en busca de un objeto o herramienta, para su aplicación se considera los siguientes pasos a seguir:

- Determinar la funcionalidad que cumple cada herramienta para poder ubicarla lo más cerca al lugar de trabajo.
- Estimar con qué frecuencia son utilizados dichas herramientas o materiales.

- Regular y conocer la cantidad de material que se utiliza por actividad para que el área de bodega pueda entregar los insumos necesarios.

A su vez una herramienta que se utiliza para aplicar esta “S” es el registro de ubicación que conjuntamente con las tarjetas rojas permiten la ubicación adecuada de cada objeto, así también permite conocer su código y su propietario.

A continuación, se presenta el formato:

Tabla 45. Registro de ubicación 5 “S”

		REGISTRO DE UBICACIÓN TARJETAS ROJAS.		
		Realizado	Christian Alarcón	
		Revisado:	Ing. Israel Naranjo.	
Elemento		Ubicación		
Descripción	Código	Destino	Sector	Código

Fuente: Autor

SEISO (Limpiar)

Mas importante que limpiar es no ensuciar

La tercera “S” consiste en la limpieza del área de trabajo desde las partículas de polvo que se encuentren inherentes en el área de trabajo hasta los residuos de tornillos, tubos, materiales, insumos.

Una vez que haya sido puesto en práctica las dos primeras “S” se procede con la limpieza ya que una vez eliminado lo que no es necesario y ordenado es mucho más coherente limpiar.

Además de esto se deberá identificar todas aquellas fuentes que estén generando la suciedad en el área de trabajo ya que son duda genera afecciones de manera negativa a la maquinaria que se encuentra en la planta de producción con respecto a su funcionamiento y rendimiento.

Para aplicar Seiso se deberán seguir los siguientes pasos:

- Dar a conocer a todos los operarios que forman parte de la empresa que la limpieza es fundamental para la realización de sus actividades así mismo que el aseo es parte de sus actividades laborales.
- Inducir a los operarios sobre la manera adecuada de limpieza con respecto a la maquinaria.
- Asignar un tiempo prudente de limpieza una vez terminada la jornada laboral, ya que no existe personal de limpieza, por ende, cada operario debe realizar esta labor.

Los residuos generados en el área de acabados con frecuencia en la fabricación de un bus se destacan a continuación:

- Residuos de guape
- Residuos de Sika Flex
- Residuos de cinta
- Residuos de tubería y perfilería
- Residuos de vinil
- Residuos de forros interiores
- Residuos tubería
- Residuos de madera contrachapada

Estos residuos producen que el operario tenga que realizar movimientos adicionales y transporte innecesario, por lo que se propone que cada vez que se culmine una actividad

el área de trabajo sea limpiada completamente en un lapso de 5 minutos y al final de la jornada laboral con 10 minutos de anticipación que se realice una limpieza general y la ubicación de las herramientas utilizadas en los lugares adecuados.

Además, los basureros deberán ser ubicados en lugares estratégicos que permitan desechar con facilidad los residuos que se van generando a lo largo de la realización de las actividades.

SEIKETSU(Estandarizar)

Mantener las condiciones de trabajo en las 3 “S”

Seiketsu integra las tres primeras “S” en la rutina de trabajo diario, generando procedimientos y actividades que involucren a todos los operarios para su participación activa en cada una de las actividades. A su vez al estandarizar la empresa entra en una mejora continua de sus procesos ya que avanza constantemente, por lo que resulta de suma importancia estandarizar lo mencionado de una manera fácil y clara para que el operario acceda con facilidad y pueda cumplir con las metas que la empresa desee alcanzar a través de la implementación de esta herramienta.

La cuarta “S” está estrechamente relacionada con la creación de hábitos en los operarios, por lo que se lleva a cabo bajo dos pasos:

Paso 1:

Cada uno de los trabajadores debe estar al tanto de la implementación de esta herramienta en base a capacitaciones e inducciones para mantener las tres primeras “S”. el operario deberá adquirir las capacidades y habilidades necesarias para saber cómo manejar cada situación de trabajo. La perseverancia es un factor clave para que la implementación de dicha herramienta tenga un avance significativo y los movimientos innecesarios desaparezcan.

Es clave las instrucciones e inducciones al operario o continuación se detallan:

- Entrega de un manual de limpieza
- Generar políticas de orden y limpieza
- Colocar señalética correspondiente a la implementación de la herramienta.

- Incentivar a los operarios y cultivar en ellos cultura de respeto hacia las normas de limpieza orden y eliminación.

Paso 2:

Cambiar la cultura de pensamiento en donde la organización implante las 3 primeras “S” como un hábito en las actividades y como un comportamiento natural, lo que implica crear controles visuales como:

- Marcación de la ubicación de cada herramienta
- Identificación de contornos
- Identificación de áreas de limpieza
- Identificación de puestos de trabajo organizados y limpios.

Estos controles son supervisados por el jefe del departamento de seguridad y salud ocupacional, a su vez del jefe de producción.

Este cambio de cultura en los operarios implica acciones que a largo plazo deberán convertirse en hábitos y comportamientos habituales como:

- Registro fotográfico del antes y después
- Aplicación de las 3 “S”
- Estandarizar rutinas de Seiri, Seiton y Seiso
- Limpieza
- Orden
- Control de desperdicios
- Limpieza de las áreas de trabajo
- Selección de herramientas adecuadas.

A continuación, se muestra la colocación de tarjetas rojas en un área de trabajo específica de la sección acabados donde se evidencio lo siguiente:


Tabla 46. Colocación de las tarjetas rojas 5 “S”

	COLOCACION DE TARJETAS ROJAS.	
	Realizado	Christian Alarcón
	Revisado:	Ing. Israel Naranjo.
ELIMINAR		ORDENAR
		
<p>Tarjeta roja en los objetos que no son parte del área o a su vez que no son utilizados dentro de la actividad de esta sección.</p>		<p>Colocación de la tarjeta roja en los lugares donde se debe colocar cada cosa en su respectivo lugar.</p>
LIMPIAR		ESTANDARIZAR
		
<p>Colocación de la tarjeta roja en las áreas donde se debe limpiar.</p>		<p>Colocación de la tarjeta roja en las áreas donde se debe estandarizar.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado este proceso en cada una de las áreas que forman parte de cada sección se procede a registrar las tarjetas rojas que han sido colocadas en los registros que se detallan en el anexo 1 del manual.

Tabla 47 Registro de tarjetas rojas 5 “S”

			COLOCACION DE TARJETAS ROJAS.			
			Realizado		Christian Alarcón	
			Revisado:		Ing. Israel Naranjo.	
Código	Elemento	Motivo	Fecha	Aplicó	Destino	Fecha de cierre
5S-TR-01	Galones de desengrasante	Desorden puesto de trabajo	01/02/21	Jefe de producción	Eliminar	04/05/21
5S-TR-02	Sikas, cajas de material, extensiones	Desorden puesto de trabajo	01/02/21	Jefe de producción	Ordenar	04/05/21
5S-TR-03	Tubería, herramientas.	Desorden puesto de trabajo	01/02/21	Jefe de producción	Limpiar	04/05/21
5S-TR-04	Herramientas	Desorden puesto de trabajo	01/02/21	Jefe de producción	Estandarizar	04/05/21

Fuente: Autor

SHITSUKE (Diciplinar)

El ejemplo es el mejor maestro

A diferencia de las etapas anteriores esta S, se encarga de un valor intangible como es la autodisciplina por lo que no se puede medir, sin embargo, resulta fundamental para todo proceso de mejora continua, ya que implica convertirlo en un hábito cada uno de los métodos anteriores.

Para la ejecución de la 5 “S” se deben seguir los pasos que se detallan a continuación:

Paso 1

Instruir al personal en base a la visión y los beneficios que se adoptaran una vez conseguida esta etapa, entendiendo que sin la 5 “S” la implementación de este método será casi imposible. La organización debe tener bien definido el objetivo y como lograrlo.

Cabe destacar que la formación y capacitación resulta de suma importancia para mantener la operación del método.

Paso 2

Establecer normas y reglas simples que se puedan cumplir en un periodo corto y puedan ser mantenidas, además designar un tiempo determinado para la realización de estas actividades sin perder la costumbre de realizarlas.

Paso 3

Aplicar un tiempo determinado para realizar las actividades que se han propuesto tomando en cuenta el orden y limpieza de cada área de trabajo, es necesario realizar registros y controles de limpieza (anexo 2), además después de cada jornada laboral o en el transcurso de mover la línea de producción se deberá establecer la limpieza total del área o sección.

Además, gracias a la estandarización y a la redistribución de herramientas se tendrá en cuenta el lugar de cada material herramienta lo que reducirá sin duda los movimientos innecesarios y el traslado en busca de dichas herramientas.

A continuación

Tabla 48. Registro de tarjetas rojas 5 “S”

			COLOCACION DE TARJETAS ROJAS.			
			Realizado		Christian Alarcón	
			Revisado:		Ing. Israel Naranjo.	
Código	Elemento	Motivo	Fecha	Aplicó	Destino	Fecha de cierre
5S-TR-01	Galones de desengrasante	Desorden puesto de trabajo	01/02/21	Jefe de producción	Eliminar	04/05/21
5S-TR-02	Sikas, cajas de material, extensiones	Desorden puesto de trabajo	01/02/21	Jefe de producción	Ordenar	04/05/21
5S-TR-03	Tubería, herramientas.	Desorden puesto de trabajo	01/02/21	Jefe de producción	Limpiar	04/05/21
5S-TR-04	Herramientas	Desorden puesto de trabajo	01/02/21	Jefe de producción	Estandarizar	04/05/21

Fuente: Autor

ANEXOS

Anexo 1

			COLOCACION DE TARJETAS ROJAS.			
			Revisado:		Ing. Israel Naranjo.	
Código	Elemento	Motivo	Fecha	Aplicó	Destino	Fecha de cierre

Anexo 2


 CALENDARIO PARA EL ASEO MARZO 2021 VESTIDORES Y BAÑOS												
SEMANA	FECHA	SITIO	NOMBRE	LUGAR	CUMPLE							
					8	9	10	11	12			
		VESTIDORES		PISO-ESC.								
				PISO-ESC.								
				LAVAB-ESP								
				BAÑ-DUCHA								
		BAÑOS		PRINCIPAL								 LAVAMANOS, GRIFERIA,ESPEJOS BAÑOS, BASUREROS PISO,PAREDES TODO EL BAÑO TODO EL BAÑO
				PRINCIPAL								
				PRINCIPAL								
				COMEDOR								
				PIT-FIBRA								

COMUNICADO

Persona que no realice el aseo será sancionada.


Anexo 4

Tabla 49. Estudio de desperdicios

		DESPERDICIOS POR SOBREPDUCCION				
		Realizado:		Christian Alarcón		
		Revisado:		Ing. Israel Naranjo		
Sección	Interrogante	Estructuras	Vestidura	Pintura	Acabados	Control de calidad
	Se observa acumulacion inecesaria de productos y procesos	X			X	
	Se observan herramientas en stock sin usar	X	X			
	La capacidad de los equipos de trabajo esta sobredimensionada					
	Se observa acumulacion de materia prima en las estaciones de trabajo	X			X	
	El programa de produccion esta basado en las ordenes de produccion		X	X		X
	Existe un sistema de comunicación que no sea documentos formales para la produccion de unidades					
	Se observa que el Número de operarios es mayor a la demanda					
	Total	3	2	1	2	1


Fuente: Autor

Tabla 50. Estudio de desperdicios

		DESPERDICIOS POR ESPERAS				
		Realizado:		Christian Alarcón		
		Revisado:		Ing. Israel Naranjo.		
Sección	Interrogante	Estructura	Vestidura	Pintura	Acabados	Control de calidad
	Existe tiempo de espera debido a la falta de planificacion					
	Existen tiempos de espera por falta de operarios				X	
	Se dan tiempos de espera por herramientas y maquinas en uso	X		X		
	Se dan tiempos de espera por fallos en las maquinas			X		
	Se presentan tiempos de espera por mantenimientos.	X	X	X		
	Se observa operarios de pie esperando para realizar alguna actividad			X	X	
	Se observa operarios esperando materia prima				X	
	Existen paradas de produccion por reprocesos			X		
	Existen espera debido a la falta de especificaciones en las ordenes de trabajo.					
	Total	2	1	5	2	0

Fuente: Autor

Tabla 51. Estudio de desperdicios

		DESPERDICIOS POR MOVIMIENTOS INNECESARIOS				
		Realizado		Christian Alarcón		
		Revisado:		Ing. Israel Naranjo.		
Sección	Interrogante	Estructur	Vestidura	Pintura	Acabados	Control de calidad
	La distancia entre la línea de producción y bodega no es adecuada	X	X	X	X	
	El layout de la empresano es adecuado					
	El recorrido para encontrar las herramientas es adecuado					
	La distancia entre estaciones es la correcta				X	
	La distancia entre las maquinas es adecuada es decir un metro					
	Los medios de transporte de materia prima son los adecuados					
	Se detecta la necesidad de movimientos bruscos para fabricar una parte de la unidad	X			X	
	Es posible acceder a botones o mandos sin girarse			X		
	Las piezas materiales son faciles de ubicar					
	Los operarios utilizan ambas manos para realizar sus funciones	X	X	X	X	X
	Los operarios se abastecen por si mismo de materia prima desde la bodega					
	Total	3	2	3	4	1


Fuente: Autor

Tabla 52. Estudio de desperdicios

		DESPERDICIOS DE TALENTO HUMANO				
		Realizado		Christian Alarcón		
		Revisado:		Ing. Israel Naranjo.		
Sección	Interrogante	Estructuras	Vestidura	Pintura	Acabados	Control de calidad
	La empresa no a implementado un programa para que los obreros puedan ser parte de las ideas y proyectos					
	No existe un plan de formacion para los empleados.					
	La empresa no posee un programa de reconocimientos al esfuerzo	X	X	X	X	X
	La empresa cuenta con un proceso para la evaluacion y analisis de clima laborar.					
	La empresa no cuenta con un plan de mejoramiento de competencias personales.					
	Total	1	1	1	1	1


Fuente: Autor

Tabla 53. Estudio de desperdicios

	DESPERDICIOS POR SOBREPROCESOS				
	Realizado		Christian Alarcón		
	Revisado:		Ing. Israel Naranjo.		
Sección	Estructuras	Vestidura	Pintura	Acabados	Control de calidad
Interrogante					
Se exagera el control o inspeccion del producto durante la fabricacion				X	
Se observa que se le da demaciada corrección al producto terminado			X		
Existen estandares de control					X
No existen ni se aplican procedimientos e intructuctivos que detallen como realizar la actividad.					
La liberacion del producto es responsabilidad de un solo funcionario					X
La orden de trabajo no es clara y puede causar confuciones					
Excesiva documentacion en la OP para realizar determinado trabajo					
No existe disciplina en el personal para cumplir con los requisitos del producto			X		
Los niveles de calidad no estan en base a lo requerido por el cliente					
Existen operaciones que se pueden eliminar o agrupar	X	X		X	X
Total	1	1	2	2	3

Fuente: Autor

Tabla 54. Estudio de desperdicios

	DESPERDICIOS POR EXCESO DE STOCK				
	Realizado		Christian Alarcón		
	Revisado:		Ing. Israel Naranjo.		
Sección	Estructura	Vestidura	Pintura	Acabados	Control de calidad
Interrogante					
Existen materiales o materia prima que no se han dado de baja en el inventario anual				X	
El espacio de almacenaje no es suficiente					
Productos acabados se dejan en espera con la finalidad de esperar a otro proceso					
No se puede confiar en los proveedores externos para elaborar la planificacion de produccion.					
Se evidencia material execivo en bodega.			X	X	
No se adquiere el material con un regimen en base a la velocidad en la que se utiliza					
Total	0	0	1	1	0

Fuente: Autor

Tabla 55. Estudio de desperdicios

	DESPERDICIOS POR DEFECTOS				
	Realizado		Christian Alarcón		
	Revisado:		Ing. Israel Naranjo.		
Sección	Estructuras	Vestidura	Pintura	Acabados	Control de calidad
Interrogante					
Se evidencia productos liberados con reprocesos adicionales.			X	X	
Se han asignado personas, espacio y tiempos extras para realizar retrabajos					X
Se observa devoluciones del producto por trabajos mal realizados.			X		
Total	0	0	1	1	1

Fuente: Autor

Anexo 5

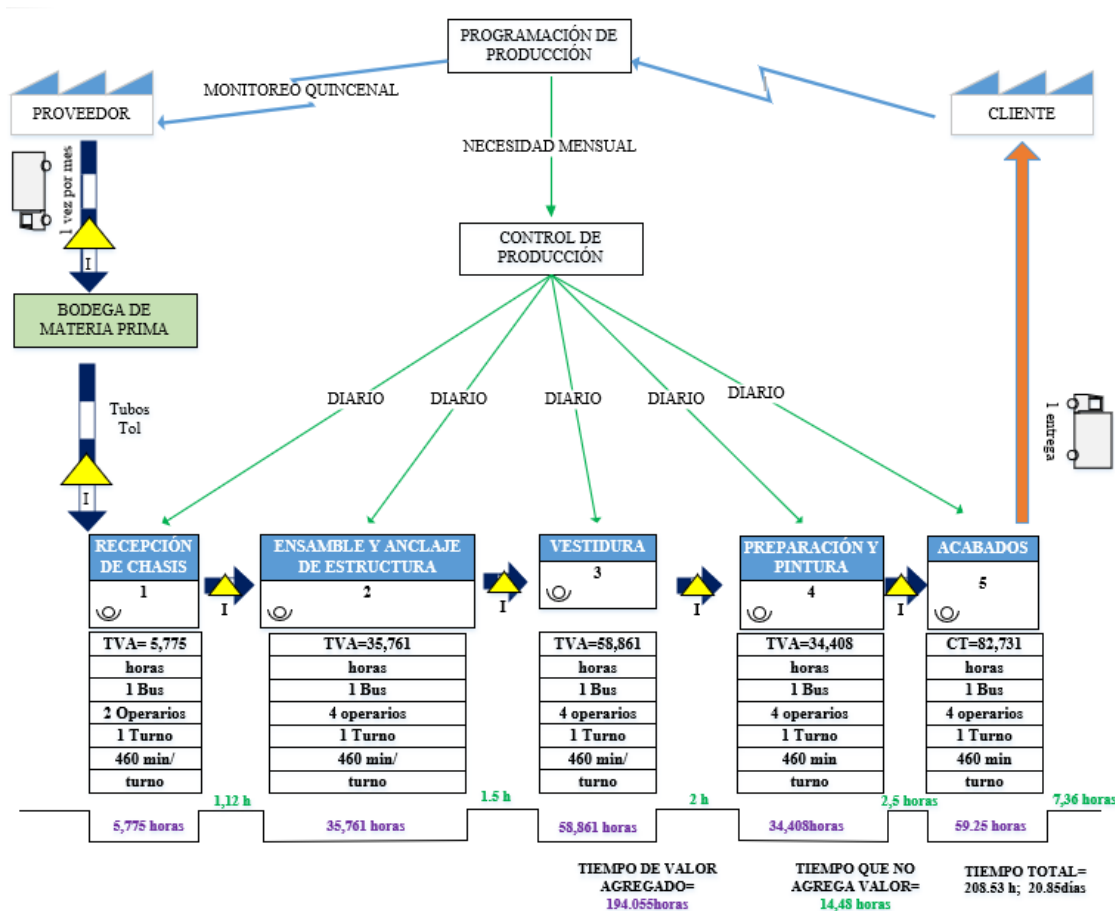


Figura 75. VSM futuro(propuesta)

Fuente: Autor

Anexo 6



PROFORMA

No. 000272

EMPRESA: VARMA S.A.
 Fecha: 26/05/2021
 DETALLE: IMPLEMENTACION LEAN MANUFACTURING


ITEM	DESCRIPCIÓN	P. Unitario	Total
1	Adquisición de una pistola de calor (Tiempos De Secado)	80,00	\$ 80,00
1	Adquisición de Andamios Flotantes	900,00	\$ 900,00
1	Tercerización de Autopartes En Fibra (por carrocería)	1.700,00	\$ 1.700,00
1	Jep Prefabricados (pasamanos)	1500	\$ 1.500,00
1	Creación De Arnés Eléctrico	1100	\$ 1.100,00

SUMA	\$	5.280,00
IVA 12%	\$	633,60
TOTAL	\$	5.913,60

RECIBE CONFORME _____

NOMBRE _____

C.I.: _____



Ing. J. P. Varma

Calle Pisacha (Sector Langua) / Lanza - Ambato - Ecuador
 Telf.: (593-3) 2854422 - 2854708 - 2450496 - Fax: 2450496 P.O. Box 18-01-0500

Figura 76. Proforma de análisis financiero.
Fuente: Autor