EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Matamoros

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

“Reducción de tiempos en línea de producción e incremento de productividad mediante la implementación de manufactura esbelta.”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

EDUARDO DE LA GARZA SUÁREZ

DIRECTOR DE TESIS

M.G.N.M. María Del Carmen Vázquez Martínez

H. Matamoros, Tamaulipas, México 18 de junio de 2025

Excelencia en Educación Tecnológica®
Tecnología es progreso®

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

“Reducción de tiempos en línea de producción e incremento de productividad mediante la implementación de manufactura esbelta.”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

EDUARDO DE LA GARZA SUÁREZ

DIRECTOR:

MGNM MARÍA DEL CARMEN VÁZQUEZ MARTÍNEZ

ASESORES

MII LUZ ORALIA PÉREZ CHARLES

MII JOSÉ JAVIER TREVIÑO URIBE

H. Matamoros, Tamaulipas, México 18 de junio 2025

Cesión de derechos

Cesión de derechos

AUTORIZACIÓN DE USO DE DERECHOS DE AUTOR OTORGADO POR

Eduardo De La Garza Suárez, mayor de edad, con domicilio ubicado en Jaumave #37 fracc. Victoria CP. 87390, H.Matamoros, Tamaulipas en mi calidad de titular y autor de la tesis denominada Reducción de tiempos en línea de producción e incremento de productividad mediante la implementación de manufactura esbelta, quien para todos los fines del presente documento se denominará EL AUTOR Y/O TITULAR, suscribo el presente documento de autorización de uso de derechos patrimoniales de autor a favor del Instituto Tecnológico de Matamoros el cual se regirá por clausulas siguientes:

PRIMERA – AUTORIZACIÓN: EL AUTOR Y/O TITULAR, mediante el presente documento autoriza la utilización de los derechos patrimoniales de autor al Instituto Tecnológico de Matamoros, de la tesis denominada Reducción de tiempos en línea de producción e incremento de productividad mediante la implementación de manufactura esbelta, a través del Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo TecNM) y en el Repositorio Nacional, que puede ser consultado en la liga electrónica: (https://www.repositorionacionalcti.mx/).

SEGUNDA - OBJETO: Por medio del presente escrito, EL AUTOR Y/O TITULAR Autoriza al Instituto Tecnológico de Matamoros, a través del Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo TecNM) y en el Repositorio Nacional para que de conformidad con la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, use los derechos del documento antes referido, con fines exclusivamente académicos.

TERCERA - TERRITORIO: Los derechos aquí Autorizados se dan sin limitación geográfica o territorial alguna.

CUARTA – ALCANCE: La presente autorización se da tanto para formato o soporte material, y se extiende a la utilización en medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar conocido o por conocer, del ejemplar o número respectivo de la publicación.

QUINTA – EXCLUSIVIDAD: La autorización de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Matamoros. Por lo tanto, EL AUTOR Y/O TITULAR en su carácter de autor de la obra objeto del presente documento se reserva el derecho de publicar directamente, u otorgar a cualquier tercero, autorizaciones de uso similares o en los mismos términos aquí acordados.

SEXTA - DERECHOS MORALES (Créditos y mención): La Autorización de los derechos antes mencionados no implica la cesión de los derechos morales sobre los mismos por cuanto en conformidad con lo establecido en los artículos 18, 19, 20, 21, 22 y 23 de la Ley Federal de Derechos de Autor, dada la cuenta que estos derechos son inalienables, imprescriptibles, irrenunciables e inembargables. Por lo tanto, los mencionados derechos seguirán radicados en cabeza de EL AUTOR Y/O TITULAR, y siempre deberá mencionarse su nombre cuando se utilice la obra.

SÉPTIMA - AUTORIA: EL AUTOR Y/O TITULAR, declara y ratifica que el material objeto de la presente y fue realizada por él (o ella) sin violar o usurpar derechos de Propiedad Intelectual de terceros.

H. Matamoros, Tamps. a 18 del mes de junio de 2025.



Autor de la Tesis

Eduardo De La Garza Suárez

CVU

1281471



Asesor de la Tesis

M.G.N.M. María Del Carmen Vázquez Martínez

VAMC730716MTSZRR08

Carta de No Plagio

Carta de No Plagio

Declaración de originalidad y no plagio

El, que suscribe y firma la presente carta de originalidad, Eduardo De La Garza Suárez, autor de la Tesis: "Reducción de tiempos en línea de producción e incremento de productividad mediante la implementación de manufactura esbelta" para obtener el Título de Maestro en Administración Industrial, declara que la tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual.

El trabajo terminado fue sometido al Software Turnitin, el cual mostró un porcentaje del 4.0% plagio, cumpliendo con el límite permitido por la institución.

Del mismo modo, asumo frente al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la falta de originalidad de su contenido.

Atentamente

Eduardo De La Garza Suárez

Nombre y firma del alumno

H. Matamoros, Tamaulipas a 18 de junio de 2025

Oficio de liberación

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Matamoros
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Heroica Matamoros, Tamaulipas, 05/junio/2025
Oficio No.: 102/2024 D.E.P.I.

M.C. CLAUDIO ALEJANDRO ALCALÁ SALINAS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

Por este conducto, le comunicamos que una vez efectuada la revisión individual del trabajo de tesis del **C. EDUARDO DE LA GARZA SUÁREZ**, cuyo título es: **"REDUCCIÓN DE TIEMPOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN E INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA"**, y habiendo realizado las observaciones pertinentes nos reunimos en la Sala de Juntas de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), para emitir **DICTAMEN**, el cual es **APROBADO**. Por lo cual nos permitimos autorizarla para que proceda a la impresión de la misma y pueda continuar con los trámites correspondientes, para la obtención del grado de Maestro en Administración Industrial.

A T E N T A M E N T E

M.G.N.M. MARIA DEL CARMEN VÁZQUEZ MARTÍNEZ
DIRECTORA DE TESIS

M.I.I. LUZ ORALIA PÉREZ CHARLES
MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR

M.I.I. JOSÉ JAVIER TREVIÑO URIBE
MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR

c.c.p. Interesado(a).
c.c.p Servicios Escolares
c.c.p. Comité Revisor
c.c.p. Div. Est. de Posgrado/ Coordinación



2025 Año de La Mujer Indígena

Av. Lauro Villar, km 6.5, C.P. 87490, A.P. 339
Heroica Matamoros, Tamaulipas.
Tels. 86881490952, 8688140953, ext. 398
e-mail: depi_matamoros@tecnm.mx

SGI · 100% Espacio Libre de Plástico · Ahorra con TecNM · RMUPS

Resumen

La presente tesis tiene como objetivo abordar la problemática de baja productividad en la línea de ensamble de asientos automovilísticos de una empresa de manufactura en H. Matamoros, Tamaulipas. Se propone la implementación de la manufactura esbelta como solución para reducir los tiempos de operación y aumentar la eficiencia.

El estudio busca evaluar el impacto de la implementación de la manufactura esbelta, con el objetivo de reducir los tiempos de ciclo y los defectos en un 40%. Se justifica la relevancia de este estudio debido a los beneficios económicos, sociales, tecnológicos y ambientales que la manufactura esbelta puede generar.

En el marco teórico, se explorarán los conceptos teóricos y herramientas asociadas a la manufactura esbelta. Se espera proporcionar una guía práctica para la empresa, además de contribuir al conocimiento académico sobre la implementación de la manufactura esbelta en la industria automotriz.

La investigación se llevará a cabo mediante un enfoque metodológico que incluirá la recolección de datos, análisis de procesos y la aplicación de herramientas de manufactura esbelta. Se espera que los resultados obtenidos puedan ser aplicados en la empresa de estudio, así como servir de referencia para otras organizaciones que busquen mejorar su productividad en la línea de ensamble de asientos automovilísticos.

Abstract

The present thesis aims to address the issue of low productivity in the automotive seat assembly line of a manufacturing company in H. Matamoros, Tamaulipas. The implementation of lean manufacturing is proposed as a solution to reduce operation times and increase efficiency.

The study seeks to evaluate the impact of lean manufacturing implementation, with the objective of reducing cycle times and defects by 40%. The relevance of this study is justified due to the economic, social, technological, and environmental benefits that lean manufacturing can generate.

The theoretical framework will explore the theoretical concepts and tools associated with lean manufacturing. It is expected to provide a practical guide for the company, as well as contribute to academic knowledge regarding the implementation of lean manufacturing in the automotive industry.

The research will be carried out through a methodological approach that includes data collection, process analysis, and the application of lean manufacturing tools. The obtained results are expected to be applied in the company under study and serve as a reference for other organizations seeking to improve productivity in the automotive seat assembly line.

Introducción

En esta tesis se aborda la problemática de baja productividad en la línea de ensamble de asientos automovilísticos de una empresa de manufactura en H. Matamoros, Tamaulipas. Se plantea la posibilidad de implementar la manufactura esbelta como solución para reducir los tiempos de operación y aumentar la eficiencia. El objetivo general es evaluar el impacto de esta implementación, buscando reducir los tiempos de ciclo y los defectos en un 40%. Se justifica el estudio por los beneficios económicos, sociales, tecnológicos y ambientales que la manufactura esbelta puede generar. Se mencionan los conceptos teóricos y herramientas que se explorarán en el marco teórico, y se espera proporcionar una guía para la empresa y contribuir al conocimiento académico sobre la implementación de la manufactura esbelta en la industria automotriz.

Índice

Contenido

Cesión de derechos 3
Carta de No Plagio 5
Oficio de liberación 6
Resumen 7
Abstract 8
Introducción 9
Índice 10
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA 17
1.1. Descripción del problema 17
1.2. Planteamiento del Problema 18
1.3. Objetivos 18
1.3.1. Objetivo general 18
1.3.2. Objetivos secundarios 18
1.4. Hipótesis 18
1.4.1. Hipótesis general 18
1.4.2. Hipótesis secundarias 19
1.5. Justificación 19
1.6. Variables e indicadores 20
CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS 21
2.1. Marco conceptual 21
2.2. Estado del arte 27
2.3. Marco Contextual 34
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 35
3.1. Estudio diagnóstico 35

3.2. Descripción del proyecto 39
3.3. Objetivos (propios del proyecto, programa o propuesta) 39
3.3.1. Objetivo general: 39
3.3.2. Objetivos específicos 39
3.4. Población objetivo o beneficiarios 40
3.5. Localización 40
3.6. Plan de actividades 40
3.7. Metodología para el desarrollo de las actividades (six sigma) 40
3.7.1. Definir 40
3.7.2. Medir 41
3.7.2.1 Medición de tiempos en operaciones 41
3.7.2.1 Altos índices de defectos y scrap 41
3.7.3. Analizar 42
3.7.3.1. Problemática de tiempos en operaciones elevadas 42
3.7.3.2 Problemática de defectos y scrap 46
3.7.4. Mejorar 59
3.7.4.1. Implementación de mejoras respecto a problemática de tiempos en operaciones elevadas 59
3.7.4.2 Implementación de mejoras en problemática de defectos y scrap 65
3.7.5. Controlar 68
3.7.5.1. Control en reducción de tiempos de ciclo de las operaciones 68
3.7.5.2. Control en reducción de defectos en estación de ensamble de Rivet en tracks 68
3.8. Determinación de recursos: humanos, materiales y financieros y presentación del presupuesto 69
3.9. Estructura organizativa 70
3.10. Consideraciones acerca de la factibilidad o viabilidad del proyecto 70
CAPÍTULO IV RESULTADOS 71
4.0. Resultado de la Hipótesis General 71

4.1. Resultado de la Hipótesis secundaria 1 73
4.2. Resultado de la Hipótesis secundaria 2 74
4.3. Resultado de la Hipótesis secundaria 3 74
CAPÍTULO V CONCLUSIONES 77
5.1. Conclusiones..... 77
5.2. Recomendaciones 78
Fuentes de Información 79
Anexos 82

Índice de tablas

Tabla 1 Variables e indicadores. 20
Tabla 2 Registro histórico del porcentaje de devoluciones de productos en 2018. ... 30
Tabla 3 Indicadores de problemas (Cabrera et al., 2020). 31
Tabla 4 Correlaciones entre el nivel sigma, índice Cpk, PPM y tiempo desperdiciado σ. 32
Tabla 5 Tabla de plan de actividades. 40
Tabla 6 Técnica de 5 por qué aplicado a los elevados tiempos en la operación de inspección final 43
Tabla 7 Técnica de 5 por qué aplicado al tiempo de prueba test del asiento automotriz. 45
Tabla 8 Scrap en periodo de enero a febrero de 2025. 46
Tabla 9 Muestras de la operación de ensamble de Rivet en tracks antes de mejoras 50
Tabla 10 Datos de fuerza aplicada junto a medidas resultantes de rivet ensamblado 53
Tabla 11 Mediciones de 4 observaciones de tornillos spindle track rosca externa de 25 muestras..... 57
Tabla 12 Mediciones de 4 observaciones de tuerca de 25 muestras. 58
Tabla 13 Operaciones que se combinaron en las estaciones de trabajo designadas. 64

Tabla 14 Análisis de tiempos PERT ruta crítica de tiempo total para antes de balanceo y después de balanceo. 64
Tabla 15 Muestras de la operación de ensamble de Rivet en tracks después de mejoras 65
Tabla 16 Tabla de personal requerido. 69
Tabla 17 Presupuesto asociado a recursos financieros. 69
Tabla 18 Estableciendo familias de productos..... 85
Tabla 19 Selección de familia de producto para el caso de estudio 86
Tabla 20 Análisis cruzado de intervalos de mantenimiento en boquillas de estación engrasado con relación a defectos en estación de verificación de esfuerzos. 90
Tabla 21 Operaciones englobadas para determinar la ruta crítica de la línea de producción.. 91
Tabla 22 Operaciones englobadas para determinar la ruta crítica de la línea de producción después de balanceo de línea. 94
Tabla 23 Hoja de medición de tiempos inspección final previo a mejoras. 97
Tabla 24 Hoja de medición de tiempos inspección final después de mejoras. 98
Tabla 25 Hoja de capacidad de operación de la línea de producción..... 99
Tabla 26 Tabla combinada de operaciones estandarizada de la estación inspección final..... 100
Tabla 27 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones maquina engrasado y maquina quebradora..... 102
Tabla 28 Hoja de medición de tiempos estación de engrasado y quebrado de tracks 102
Tabla 29 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de engrasado y quebrado de tracks..... 103
Tabla 30 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive. 106
Tabla 31 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive. 107
Tabla 32 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de rivet y tuerca a spindle drive. 110
Tabla 33 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de ensamble de rivet y tuerca a spindle drive. 111
Tabla 34 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle. 114
Tabla 35 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle. 115
Tabla 36 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de frame y quebradora de frame. 118
Tabla 37 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de ensamble de frame y quebradora de frame. 119

Índice de figuras

Figura 1 Digitalización en una línea de producción. 28
Figura 2 Estándares para la conectividad de una línea de manufactura. 28
Figura 3 Tablero de trabajo o pizarra de trabajo. 28
Figura 4 La evolución de la cantidad de módulos faltantes antes y después de la digitalización. 29
Figura 5 Este grafico muestra la relación entre la poca digitalización en una industria con relación a la implementación de la manufactura esbelta. 29
Figura 6 Diagrama de pareto respecto a las causas de devolución de los productos. 30
Figura 7 Grafico donde se muestra los limites superior e inferior. 32
Figura 8 Grafica de Cycle Time de la línea de producción. 35
Figura 9 Grafica comparativa de Tiempo de operación inspección Final vs Takt Time. 36
Figura 10 Grafico de control I-MR de tiempos de la estación de Inspección Final. ... 42
Figura 11 Diagrama Ishikawa de tiempos elevados de la operación inspección final.43
Figura 12 Grafico de control I-MR de tiempos de la estación de prueba test. 44
Figura 13 Diagrama Ishikawa de tiempos elevados de estación de prueba test. 45
Figura 14 Pareto de los defectos del periodo de enero y febrero. 47
Figura 15 Intervalo de confianza para defectos globales contra la producción total en los meses de enero y febrero. 48
Figura 16 Intervalo de confianza de rivets mal ensamblado al spindle track..... 49
Figura 17 Grafica de Cp de la operación ensamble de Rivet en tracks previo a mejoras 52
Figura 18 Grafica de Medidas de altura de Rivet comparando las diferentes fuerzas ingresadas en la máquina para el ensamble de Rivet en tracks 54
Figura 19 Resultados de valor p para el diseño de experimento de Rivet en tracks . 54
Figura 20 Grafica de impacto del tiempo desde limpieza vs defectos..... 55
Figura 21 sub ensamble de tuerca al spindle track. 56
Figura 22 Grafica de capacidad de proceso de tornillo de medición de diámetro externo. 57
Figura 23 Grafica de capacidad de proceso de tuerca. 59
Figura 24 Estante giratorio para inspeccionar los asientos. 60
Figura 25 Cables y conectores desordenados previo a mejora..... 62
Figura 26 Fixture de cableado en estación de prueba test..... 62
Figura 27 Grafica de Cp de la operación ensamble de Rivet en tracks después de mejoras 66
Figura 28 Gage para medir la altura del Rivet ensamblado en tracks. 67

Figura 29 Sección transversal del gage en tracks para medir la altura del Rivet. 67
Figura 30 análisis de tiempos de operaciones en las que se aplicó mejoras atreves del tiempo. 72
Figura 31 Diagrama de flujo de la línea de producción parte 1. 83
Figura 32 Diagrama de flujo de la línea de producción parte 2 84
Figura 33 Layout de planta antes de mejoras. 87
Figura 34 Layout de línea de producción antes de mejoras. 87
Figura 35 Pareto de defectos en las diferentes operaciones de la línea de producción después de mejoras. 88
Figura 36 Grafica comparativa de scrap antes y después de mejoras. 89
Figura 37 Grafica de unidades producidas por día respecto a requerimiento de unidades que el cliente espera por día. 89
Figura 38 Diagrama PERT donde se muestra la ruta crítica. 92
Figura 39 Agrupamiento Manual de Estaciones. 93
Figura 40 Diagrama PERT donde se muestra la ruta crítica después de balanceo de línea. 95
Figura 41 Tiempos de ciclo de las operaciones de la línea de producción previo a mejoras..... 96
Figura 42 Diagrama hombre-máquina de operaciones maquina engrasado y maquina quebradora. 101
Figura 43 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y maquina 2 de operaciones maquina engrasado y maquina quebradora. 102
Figura 44 Trabajo estándar de estación combinada de engrasado y quebrado de tracks. 104
Figura 45 Diagrama hombre-máquina de operaciones verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive. 105
Figura 46 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y manual de operaciones verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive. 106
Figura 47 Trabajo estándar de estación combinada de verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive. 108
Figura 48 Diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de rivet y tuerca a spindle drive. 109
Figura 49 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y manual de operaciones ensamble de rivet y tuerca a spindle drive. 110
Figura 50 Trabajo estándar de estación combinada de sub ensamble de Rivet y tuerca a spindle drive. 112
Figura 51 Diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle..... 113
Figura 52 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y manual de operaciones ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle. 114

Figura 53 Trabajo estándar de estación combinada de ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle.....116
Figura 54 Diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de frame y quebradora de frame.....117
Figura 55 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y manual de operaciones ensamble de frame y quebradora de frame. 118
Figura 56 Trabajo estándar de estación combinada de ensamble de frame y quebradora de frame..... 120
Figura 57 Layout de línea de producción después de mejoras. 121
Figura 58 Value Stream Map previo a mejoras. 122
Figura 59 Value Stream Map después de mejoras..... 123
Figura 60 Estructura organizativa..... 125

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la empresa de manufactura con ramo automovilístico situada en H. Matamoros, Tamaulipas, se plantea una problemática respecto a los bajos índices de productividad en las áreas de ensamble en una línea de producción de ensamble de asientos automovilísticos. La productividad se ve afectada a causa de los tiempos en que los operadores tardan en realizar las operaciones de ensamblaje. Una razón por lo cual sucede esto es por la complejidad de dichas operaciones al momento de realizar el ensamblaje de forma correcta.

A las piezas defectuosas se les tiene que implementar operaciones de retrabajo lo cual son costos a causa de errores humanos. Por consiguiente, son factores que se deben de eliminar para así poder elevar las utilidades de la empresa.

Dichos defectos surgen a causa de la falta de desarrollo de documentación y sistematización de las operaciones, como también de inexistencia de herramental adecuado para el ensamble de piezas en la línea de producción.

La importancia de elevar la productividad es impactar considerablemente en la reducción de costos como también en la eliminación de desperdicios, y de esta manera maximizar las ganancias para la empresa. Para ello es importante encontrar las causas que originan la baja productividad en la línea de producción de ensamblaje.

1.2. Planteamiento del Problema

¿Se podrá utilizar la manufactura esbelta para reducir los tiempos de operación e incrementar la productividad en la línea de producción de ensamblaje de asientos automovilísticos?

¿Existe la posibilidad de reducir los tiempos de ciclo en la línea de producción mediante el balanceo de línea al desarrollar una herramienta de trabajo que facilite al operador realizar su trabajo con mayor facilidad y a la vez reducir los tiempos de la operación para mejorar la productividad en la empresa de manufactura con ramo automotriz?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

El enfoque principal es un ahorro en los costos en la línea de producción de ensambles automovilísticos, mediante la implementación de manufactura esbelta. Tomando en consideración las consecuencias que originan los costos elevados, tales como los altos índices de defectos, y los tiempos de ciclo de fabricación.

1.3.2. Objetivos secundarios

1. Identificar el cuello de botella de las operaciones mediante la toma de tiempos de las operaciones.

2. Estandarizar los procesos de producción de la línea.

3. Reducir los defectos

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

¿La implementación de la manufactura esbelta generará un ahorro sustancial respecto a los costos de la línea de producción de ensambles automovilísticos, al disminuir los elevados índices de defectos y los tiempos de ciclo de fabricación?

1.4.2. Hipótesis secundarias

1. Se reducirán los tiempos de ciclo en un 40% de ensamblaje en la línea de producción.
2. La estandarización simplificará el flujo del proceso.
3. La productividad mejorará una vez reducida la tasa de defectos.

1.5. Justificación

Social. Mediante la implementación de la manufactura esbelta se pretende no solo reducir los tiempos de las operaciones en la línea de producción, sino también simplificar los pasos para el ensamble mismo, beneficiando de esta forma a los operadores que trabajen en esta misma.

Económica. Al reducir los tiempos de las operaciones se obtendrán ahorros, respecto a la producción de los ensambles producidos en la línea en la que se implementarán las mejoras.

Tecnológica. A través del uso de la filosofía de manufactura esbelta se busca implementar mejoras en las áreas de la línea de producción. Una de estas será la creación de herramentales y la reestructuración del área de trabajo de la línea de producción.

1.6. Variables e indicadores

Variable	Dimensión	Indicador
Calidad	Pc= Productos conformes	Se puede cuantificar el aspecto de calidad al dividir los productos que cumplen con los requerimientos del cliente sobre la cantidad producida total y el resultado de este se multiplicara por 100 para obtener el porcentaje de producto producido que cumpla con la calidad del cliente. (Pc/(Qc*Defectos)) *100 Si Qc,D>0 También se puede usar el índice Cp para ver qué tan capaz es el proceso sea el caso Cp>1 entonces el proceso es capaz
	Qc= Quejas de clientes	
	D= Defectos	
T= Tiempo de ciclo de procesos actual	medición en segundos	Mediante el estudio de tiempos y movimientos mediante el uso de las herramientas estadísticas como el error y desviación estándar para tener una mayor precisión en la medición del tiempo de ciclo.
TLM= Tiempo de ciclo de procesos después de implementación de lean manufacturing	medición en segundos	Si TLM< T, entonces evaluar sea el caso (1-(TLM/T)) *100≥ 40

Tabla 1 Variables e indicadores.

CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco conceptual

5´s. El concepto de las 5s se desarrolló en Japón por Hiroyuki Hirano y se implementó en una línea de producción. Es una herramienta que es de gran ayuda para identificar aquellos elementos que necesarios en un área de trabajo al igual de los objetos que no necesitamos y que solamente ocupan un espacio lo que resulta en un desperdicio del espacio. A continuación, se presentan las 5S. Es importante recordar que como es una metodología que se originó en Japón por ende el nombre de cada paso está escrito fonéticamente en su idioma original el japones (Senthil Kumar et al., 2022).

- Seiri

También conocido como separar. Este paso plantea el hecho de que debemos de identificar cada objeto en el área de trabajo que se decida aplicar las 5S. Es decir que se debe de separar en mínimo dos secciones útil y no útil. Con el fin de poder visualizar todos aquellos objetos que nosotros no utilicemos que de igual forma solo nos entorpecen al momento de realizar las actividades cotidianas (Maryani et al., 2020).

- Seiton

Esta S se refiere a ordenar. Una vez que nosotros ya separamos lo que nos es útil de lo que no, entonces debemos de ordenar según nuestras necesidades de utilización de las herramientas y objetos que hagamos uso dependiendo de la frecuencia de uso, delimitando en un espacio en físico la locación de cada una de las cosas (Ruiz, 2021).

- Seiso

La importancia de la limpieza es un hábito que se debe de tener en cuenta para poder trabajar en un ambiente agradable, que impacta positivamente en el desempeño del trabajador (Maryani et al., 2020).

- Seiketsu

Este paso se define como la estandarización de los procesos. Dando un seguimiento continuo sobre las tareas que se lleven a cabo en el área de trabajo tomando en cuenta la organización de las tareas ya sea desde la limpieza hasta las operaciones o actividades del día cotidiano (Maryani et al., 2020).

- Shitsuke

Se conforma como la sistematización de la filosofía de 5s. Aplicando y perpetuando sistemáticamente los anteriores pasos de la filosofía para poder llevar a cabo un mejoramiento tanto en el área de trabajo como también en relación al trabajador que incremente su motivación para realizar sus actividades en un ambiente laboral más optimo (Maryani et al., 2020).

Cuellos de botella. Estos son denominados por su nombre en razón a la reducción del ritmo de trabajo en un flujo de proceso determinado comúnmente por los tiempos de operación y de espera tanto como de factor humano como también del tiempo de máquinas sea el caso (Goldrat & Cox, 1990) según (Subramaniyan et al., 2018).

Defectos. Son aquellos productos que, al momento de fabricación o ensamble, conllevan errores tanto estéticos y/o de funcionalidad que el cliente no requiere y por lo tanto son consideradas como características indeseadas por el mismo.

Para poder usar este material definido como defectuoso se le tiene que someter a operaciones de reacondicionamiento o reproceso para poder cumplir con los requerimientos que el cliente desea del producto (Production Tools, 2023).

Desperdicios. Son todas aquellas acciones que no dan un valor a un producto terminado respecto a la elaboración o fabricación de mismo, es decir que son todas las acciones que no contribuyen al producto. Además, los desperdicios son acciones que el cliente no tiene contemplado pagar y tampoco está interesado por hacerlo ya que las acciones mismas no le dan un valor al producto que él espera (Rajadell, 2021). A los desperdicios se les conoce como Muda, una palabra japonesa, refiriéndose a todas las acciones que no generen valor (Helmold et al., 2022).

Las siguientes son las acciones que son consideradas desperdicios dentro de una organización:

(Domino Printing, 2021)

1. Defectos
2. Sobreproducción
3. Espera
4. Talento desaprovechado
5. Transporte
6. Inventario
7. Movimiento
8. Procesamiento extra

Desviación estándar. Representa que tan disperso están los datos en relación, entre más estén dispersos los datos el valor de la desviación será mayor, si en todo caso no

existiera ninguna variabilidad en todos los datos entonces podremos decir que la desviación estándar es 0 (Lopéz, 2020a).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma_i^N \left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N}}$$

$x_i =$ Datos para analizar.

$\overline{X} =$ Media aritmética.

$N =$ Numero total de datos.

(Lopéz, 2020a)

Error estándar. Mide la precisión en que los datos son exactos en cuanto al promedio de la población tomando en consideración como base el promedio de muestreo (Kenton, 2022).

A continuación, se presenta la fórmula para determinar el error estándar.

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$\sigma =$ La desviación estándar de la población.

$\sqrt{n} =$ La raíz cuadrada del tamaño de la muestra.

(Kenton, 2022).

Espera. Lo comprenden todas aquellas acciones que tienen tiempos muertos o tiempos de ocio en las distintas secuencias de las operaciones. Ya sea tanto tiempos de espera de operadores como también tiempos de espera de las máquinas. Es preferible o deseable que el tiempo de espera sea atribuido a las máquinas o mejor dicho que las máquinas sean las que tengan que esperar a los operadores de éstas mismas máquinas. Ya que de lo contrario se puede deducir que en caso de que las personas sean las que tengan que esperar a las máquinas para poder realizar sus operaciones, entonces hablaríamos de una mala distribución de las actividades del operador al realizar los procesos de producción (Buzón, 2019).

Sobreinventario. Normalmente se hace alusión al sobreinventario que existen en algunas empresas. Esto tiene como problemática principal el tener material almacenado sin moverse a ninguna operación, esperando que los clientes demanden dicho material, sean clientes internos de la empresa como los externos. Uno de los grandes problemas que presenta el tener un sobreinventario está relacionado con la posibilidad de que el material que esta almacenado pueda convertirse en producto obsoleto por lo cual es un grave problema ya que se estaría hablando de la pérdida total o parcial de producto, que en el mejor de los casos se pudiese retrabajar para salvar, aun siendo así un alto costo por un mal manejo y análisis del flujo de los procesos de producción (Muñoz et al., 2022) (Socconini, 2019a).

Just in time. El objetivo principal de JIT es entregar productos de calidad y cantidad justo a tiempo en un lapso de tiempo definido por el cliente (Ballard and Howell, 2010) según (Hussein & Zayed, 2021).

Consiste de 6 pilares principales “el sistema pull, eliminación de desperdicios, un flujo de trabajo fluido, la administración total de la calidad, relaciones con proveedores y el compromiso de la alta directiva” (Ballard and Howell, 2010) según (Hussein & Zayed, 2021).

Lean manufacturing. Es una optimización del sistema de producción a través del cual se busca eliminar los desperdicios (Buzón, 2019).

“La mayoría de los autores la define como una filosofía enfocada a la reducción de desperdicios” (González Correa, 2007).

Algunos beneficios que se han registrado en diversas empresas al desarrollar la manufactura esbelta son: la reducción de los tiempos de ciclo en un 90%, un incremento en 80% la calidad, reducción de carga de trabajo al igual que reducir los errores en ordenes de proceso (Pažek et al., 2021).

Media aritmética. Se obtiene al sumar todos los datos y dividirlos sobre el número total de los mismos (Galindo-Domínguez, 2020).

Movimiento. Cuando hablamos de movimientos como un aspecto de desperdicio, se debe tomar en consideración todos aquellos movimientos que no transforman la materia prima en acciones de valor, es decir aquellos movimientos innecesarios, como ejemplo buscar documentación, alcanzar herramental entre otros (Production Tools, 2023).

Poka yoke. Es una técnica para prevenir errores y la eliminación de los mismos. No solamente se usa en producción también se puede usar en otras áreas como oficinas (Pažek et al., 2021).

Procesamiento extra. La existencia de operaciones innecesarias a través de todo el flujo de trabajo desde la materia prima hasta que se convierte en producto terminado y se envía hacia el cliente (Production Tools, 2023).

Rango. Para obtener este dato se debe de analizar cuál es el dato mayor y restarle el dato menor (Galindo-Domínguez, 2020).

Sobreproducción. Se refiere a cuando en una empresa se fabrican productos en exceso con relación a la demanda del cliente, solicitada en un periodo de tiempo definido. Tomando en consideración que algunas veces existen flujos imprevistos de demanda por lo cual algunas empresas tienen estructuradas cierto número de sobreproducción para atacar esos requerimientos inesperados que puedan surgir a través del año. Esta postura se define como Just in case o en dé caso de que surjan imprevistos en los picos de demanda (Turovski, 2023).

Takt Time. Es el ritmo o velocidad de ensamble y/o fabricación de un producto que se debe realizar respecto a la demanda fijada por un cliente en específico dentro de un periodo definido (Mönch et al., 2021).

$$Takt\ time = \frac{tu\ tiempo\ efectivo\ de\ operacion\ por\ turno}{cantidad\ que\ el\ cliente\ requiere\ por\ turno}$$

Talento desaprovechado. Uno de los desperdicios del cual rara vez se habla. Y que en la mayoría de las organizaciones existe a raíz de una mala administración organizacional. Su característica negativa es el desaprovechamiento de las habilidades de los trabajadores, teniendo en consideración los conocimientos y experiencia de estos y no aprovechando al máximo sus capacidades. Aspectos que influyen en este desperdicio son la motivación de los mismos trabajadores, como también el reconocimiento de estos. Ya que al no sentirse involucrados como de misma forma entender los procesos internos y los impactos de la realización de sus propias actividades, se ven limitados creativamente en cuantos sus propias habilidades, lo cual repercute negativamente en el desempeño de las empresas (Jimeno, 2019).

Transporte. Está definido como todos los movimientos de material que pueda realizar ya sea un operador o un materialista a través de la empresa, dándose a entender que, al realizar demasiados traslados de material, existe la posibilidad de dañar el material de misma manera por eso se debe de realizar una reestructuración optima de la planta en cuanto a las necesidades de las operaciones, facilitando el transporte de material en trayectos cortos (Muñoz et al., 2022).

Trabajo estándar. Es fundamental para garantizar la consistencia en la producción. Nos da la oportunidad de usar los principios de Lean Manufacturing al delimitar los métodos de trabajo más eficientes para alcanzar la mejor calidad y reducir los costos (Socconini, 2019b).

Value Stream Mapping. Tiene como objetivo mapear las actividades que influyan en la fabricación de un producto, de cada uno de los procesos de una empresa (Helmold et al., 2022).

Valor. Está definido como algo que requiere el cliente ya sea un producto o servicio, teniendo en consideración ciertas características en específico. Y por lo cual el mismo cliente tiene pensado pagar por este servicio o producto con el fin de satisfacer sus necesidades (Buzón, 2019).

Varianza. Esta es el resultado de elevar al cuadrado la desviación estándar. Se puede obtener una vez hayamos conseguido las desviaciones de cada uno de los datos que queramos analizar, teniendo en consideración que para obtener las desviaciones tenemos que restar a cada dato individual la media aritmética, elevando al cuadrado cada uno de estos después de esto sumándolos, y a continuación dividiéndolo por el número total de los datos (Galindo-Domínguez, 2020).

$$Var(X) = \frac{\Sigma_1^n \left(x_i - \overline{X}\right)^2}{n}$$

$\overline{X} =$ Es la media aritmética.

$x_i =$ Son los datos que queremos analizar individualmente.

$n =$ Son el número de datos.

$x =$ Esta es la variable en la cual está en función la varianza.

(Lopéz, 2020b).

2.2. Estado del arte

Se implementó la filosofia lean manufacturing en una empresa metalmecánica en Cartagena Colombia con el fin de mejorar la productividad. mediante la optimización de los recursos, se concluyó en dicho estudio que mediante la implementación de las 5S se desocupó el espacio en un 22% material u objetos en el area de trabajo. También se menciona que al finalizar dicha investigación se presentaban fallos de un 50% aún en máquinas de equipo de fabricación, por lo cual el autor explicó que se debía de realizar rutinas de mantenimiento en los equipos para reducir a un 20% los fallos en máquinas (Carrillo et al., 2019).

Algunos estudios han demostrado que al poner en marcha la filosofía de lean manufacturing tiene un impacto positivo respecto al desempeño en las operaciones (Liker and Franz, 2011; Conger and Miller, 2013; Kanigolla et al., 2014; Rezende et al., 2016) según (Pagliosa et al., 2019).

El estudio de practicas de 5S en pequeña escala en industrias de manufactura demostro que al mejorar el bienestar de los trabajadores mediante el mejoramiento de las areas de trabajo.Tuvo un impacto positivo respecto ya que al sentirse mas ameno un trabajador este mismo es mas productivo y eficiente (Senthil Kumar et al., 2022).

Aspectos importantes que se toman en las investigaciones relacionadas a lean manufacturing es tomar en cuenta las operaciones que agregan valor y las que no. La importancia de esto radica en disminuir todos los aspectos no necesarios al momento de producir un producto (Muñoz-arcentales, 2022).

En la investigación de Conectividad de la línea de producción de fabricación inteligente: estudio de caso en el sector automotriz. Se utilizó un programa de software computacional Visual Basic para crear un programa de optimización que tuvo como objetivo enlazar el balanceo de línea a través de dos bases de datos. Determinando los diferentes modelos de producto haciendo uso de códigos de barras para la facilitación de la identificación de los diferentes modelos de producto y así poder determinar el área en que se trabaje un modelo determinado (Mrabti & Nouri, 2023).

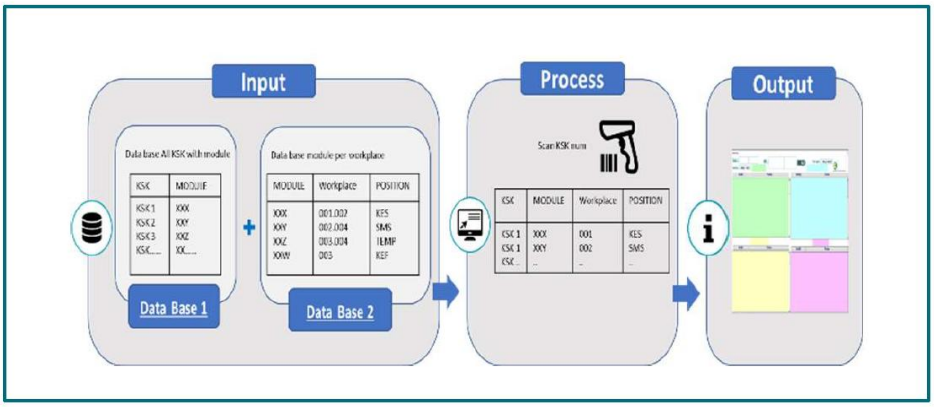


Figura 1 Digitalización en una línea de producción (Mrabti & Nouri, 2023).

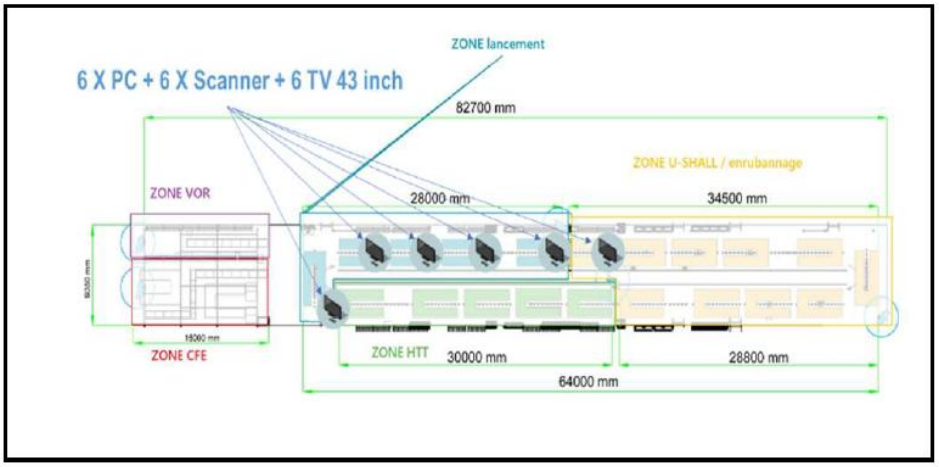


Figura 2 Estándares para la conectividad de una línea de manufactura (Mrabti & Nouri, 2023).

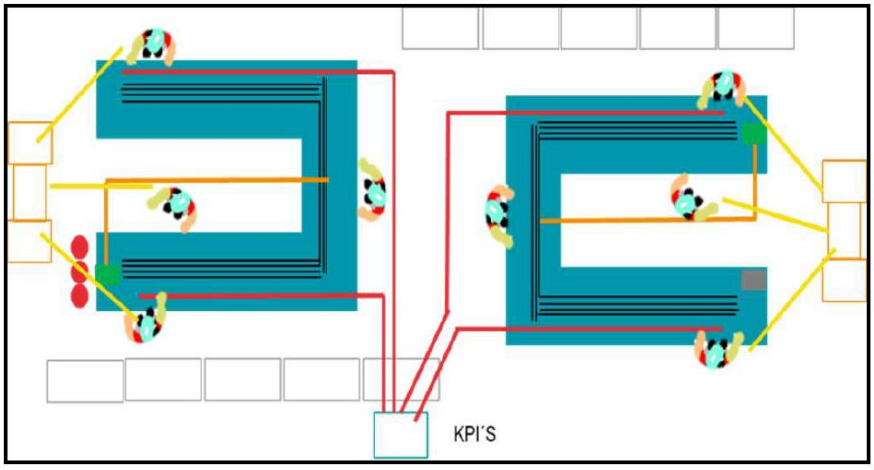


Figura 3 Tablero de trabajo o pizarra de trabajo (Mrabti & Nouri, 2023).

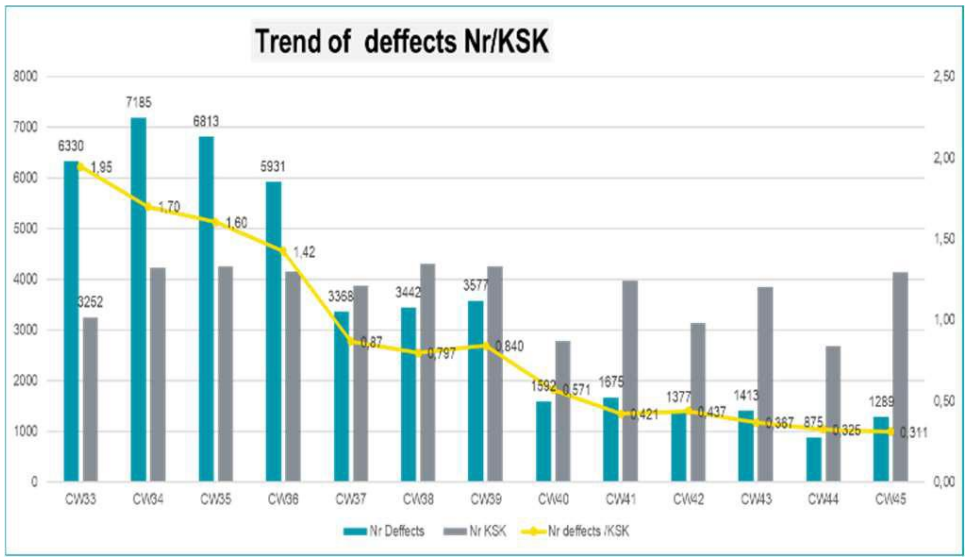


Figura 4 La evolución de la cantidad de módulos faltantes antes y después de la digitalización (Mrabti & Nouri, 2023).

En relación con otra investigación sobre el efecto complementario de la fabricación esbelta y la digitalización en el rendimiento operativo, los fabricantes hoy en día están adoptando las tecnologías digitales de la industria 4.0 para el mejoramiento del rendimiento empresarial. A pesar de contar con pocos estudios respecto a estas tecnologías y la relación que tienen con la manufactura esbelta, que impacta de forma conjunta el desempeño operativo, el estudio demostró que la aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 y la manufactura esbelta tiene mejores resultados si se usan conjuntamente, a diferencia de si se usan individualmente. No obstante, la manufactura esbelta sigue siendo un pilar importante en las mejoras que se implementen a nivel operativo (Buer et al., 2021).

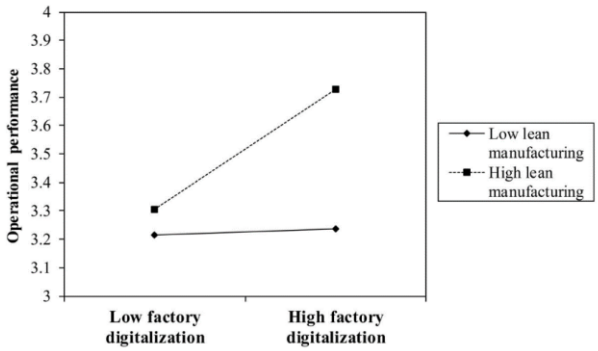


Figura 5 Este grafico muestra la relación entre la poca digitalización en una industria con relación a la implementación de la manufactura esbelta (Buer et al., 2021).

El siguiente estudio se realizó por los investigadores en una PYME de alimentos denominados de cuarta gama en Lima. Los productos categorizados de esta forma son vegetales y frutas frescas, limpias, picados y envasados. Se realizo un análisis en cuanto al historial de reclamaciones y devoluciones de los clientes en el periodo 2018 (Cabrera et al., 2020).

Se dictamino que la tasa de devolución llego a ser del 2.1% dando un total de más de 4 mil bolsas con defecto en el año del 2018. Las causas principales representaron el 9% de las pérdidas económicas (Cabrera et al., 2020).

MONTH	% CONTAMINANT AGENT	% USEFUL LIFE
JANUARY	44%	38%
FEBRUARY	33%	50%
MARCH	19%	81%
APRIL	10%	70%
MAY	40%	20%
JUNE	25%	75%
JULY	11%	67%
AUGUST	33%	67%
SEPTEMBER	25%	75%
OCTOBER	33%	67%
NOVEMBER	33%	67%
DECEMBER	33%	44%
TOTAL	4352 bags	2,10%

Tabla 2 Registro histórico del porcentaje de devoluciones de productos en 2018 (Cabrera et al., 2020).

Los autores realizaron el diagrama de pareto para estudiar la causalidad de las devoluciones de los productos. Y se encontró que más del 80% se debió a la contaminación de la vida de útil de la lechuga (Cabrera et al., 2020).

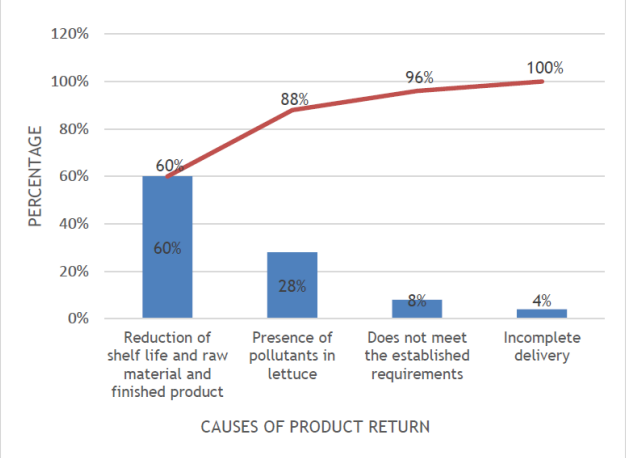


Figura 6 Diagrama de pareto respecto a las causas de devolución de los productos (Cabrera et al., 2020).

Percentage share of problem causes	
Reduction of shelf life and raw material and finished product	60%
Presence of pollutants in lettuce	28%
Does not meet the established requirements	8%
Incomplete delivery	4%

Tabla 3 Indicadores de problemas (Cabrera et al., 2020).

Además, los autores realizaron un diagrama de causa y efecto para comprender las posibles causas que originan este problema, que en este caso es la reducción de la vida útil de la lechuga (Cabrera et al., 2020).

Se concluyó que al implementar VSM, 5S, SPC y el sistema HACCP se redujeron las devoluciones de los alimentos de cuarta gama. El HACCP es un sistema que garantiza la seguridad de los alimentos mediante medidas de control (Cabrera et al., 2020).

De acuerdo los autores (Ghaithan et al., 2023) mediante el uso de las tecnologías de industria 4.0 en conjunto con la manufactura esbelta respecto a la economía circular han tenido un impacto positivo. Además de que con los avances tecnológicos hoy en día se ha visto mayor interés en las tecnologías de la industria 4.0 y la economía circular lo cual favorece a los desarrollos tecnológicos en el mundo de la manufactura.

En la conferencia de industria 4.0 y manufactura inteligente algunos autores (Bottani et al., 2021) realizaron una investigación en una planta italiana. Tomando en consideración las ventajas competitivas que tienen las empresas, se usó el control estadístico de proceso para poder tener un mejor control en el aspecto de calidad.

Las métricas que se investigaron fueron los índices de capacidad de proceso C_p y C_{pk}

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

El límite superior de especificación sobre la característica de calidad esta designado como USL. Para el límite inferior de especificación se denota como LSL. La sustracción del límite superior y del límite inferior sobre el producto de seis desviaciones estándar da como resultado el Cp (Bottani et al., 2021).

Si el resultado de la ecuación antes planteada da como resultado mayor 1.00 entonces podremos decir que el proceso es capaz.

El Cpk toma en consideración en donde se encuentra situado un proceso, como quien dice, nos da a conocer si existe un desvió del centro del rango de especificaciones de un producto. Por lo cual se calcula de la siguiente manera (Bottani et al., 2021).

$$C_{pk} = \left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right)$$

Los valores obtenidos se comparan luego con los derivados de la teoría de Seis Sigma; más en detalle, la tabla 1 muestra las correlaciones entre el nivel sigma alcanzado, el porcentaje de conformidad de los productos, el índice Cpk, los PPM (partes por millón) de productos defectuosos y el tiempo perdido por mala producción en un mes (Bottani et al., 2021).

σ	Conformity %	C_{pk}	PPM	Time wasted / 720 h
±1	68.26	0.33	317400	228.5 h
±2	95.46	0.67	45500	32.8 h
±3	99.73	1	2700	1.94 h
±4	99.994	1.33	63	2.74 min
±5	99.99994	1.67	0.57	1.49 min
±6	99.9999998	2	0.002	0.005 s

Tabla 4 Correlaciones entre el nivel sigma, índice Cpk, PPM y tiempo desperdiciado σ (Bottani et al., 2021).

Para un caso de un estudio de cálculo de capacidad de proceso que realizaron los autores, se llevó a cabo mediante el uso de una hoja de cálculo de Excel.



Figura 7 Grafico donde se muestra los limites superior e inferior (Bottani et al., 2021).

Los resultados arrojados fueron de Cp=1.51 y Cpk=1.45. Por lo tanto, están por arriba de lo que espera el cliente teniendo en cuenta que el nivel Sigma de 4.3 (Bottani et al., 2021).

Respecto a otros autores, se implementó lean manufacturing de acuerdo con el planteamiento de la problemática de la investigación. En este caso el autor propuso diagnosticar las áreas de oportunidad en donde se pueden realizar cambios. Para esto es necesario realizar un layout mediante la metodología Systematic Layout Planning para poder visualizar el flujo del proceso productivo en la empresa de manufactura (Fuentes et al., 2022).

Después de realizar el diseño del layout, entonces lo siguiente que los autores realizaron fue desarrollar un Value Stream Map que de igual forma también sirve para visualizar de mejor forma el flujo del proceso productivo, en este se puede visualizar los tiempos de todas las actividades que generan valor al producto del mismo modo se plasman los tiempos de las actividades que no dan valor por lo cual es importante (Fuentes et al., 2022).

Según los autores en conclusión se redujeron las distancias de desplazamiento de la materia prima desde el almacén y los equipos CTP hasta equipo de la máquina de rotación, de esta forma se puede preparar la puesta a punto de la máquina de forma más rápida demostrando a través del Value Stream Map en reducción del ciclo del proceso. Otros aspectos por detallar es la mejor restructuración de las áreas de trabajo de misma manera al igual que la reducción de los errores, durante los procesos de impresión (Fuentes et al., 2022).

2.3. Marco Contextual

Descripción General de la Empresa

La empresa en donde se realizó el estudio forma parte crucial en la rama de industria automotriz a nivel global, estando enfocada principalmente en la fabricación de asientos automovilísticos. Dicha empresa es reconocida en México, la cual forma parte fundamental en la cadena de suministro en la fabricación de vehículos automotrices, para ello se distingue por su volumen de producción y su papel como fabricante significativo en la ciudad de H. Matamoros, Tamaulipas. Tiene clientes importantes como GM, Ford, Honda entre otros fabricantes de automóviles. Sus productos constan de asientos completos, componentes individuales de asientos y asientos para SUV, automóviles y camiones.

Situación Actual de la Empresa

Como se menciona anteriormente que la empresa es reconocida a nivel global, cabe destacar que existen problemáticas y oportunidades de mejora en los procesos productivos, por lo cual se tiene como objetivo incrementar la eficiencia de forma general. En la actualidad, los tiempos de fabricación en las operaciones de la línea de producción de ensamble de asientos automovilísticos se presentan oportunidades de mejora, que al llevar a cabo acciones pertinentes para dar solución a estas inconsistencias tendrá como beneficio elevar la capacidad en la que la empresa pueda dar respuesta ante una demanda flexible por parte de los clientes, reduciendo como consecuencia los costos de operación.

Justificación

Esta investigación se justifica por la necesidad de mejorar la eficiencia operativa en la línea de ensamble de bases metálicas para asientos automotrices, donde actualmente se presentan tiempos muertos y variabilidad en las operaciones.

Mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, se busca reducir desperdicios, estandarizar procesos y mejorar el flujo de trabajo, impactando directamente en la productividad y en el cumplimiento de los tiempos de entrega.

El proyecto aporta beneficios tanto a nivel industrial como académico, al servir como caso práctico de mejora continua en el sector maquilador, fortaleciendo la competitividad de la empresa y generando valor para su entorno operativo.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Estudio diagnóstico

Se observó la situación actual de la línea de producción, con lo que se detectó los principales desperdicios que se presentan en el proceso, principalmente tiempos muertos en ciertas operaciones. Acorde al autor (Socconini, 2019a) para identificar los tiempos muertos se recomienda el uso de herramientas como Gemba walk, la cual consiste en estar presente en el lugar donde se genera la problemática, realizando preguntas a operarios y realizando mediciones de tiempos de ciclo en las diferentes operaciones.

Las problemáticas que se encontraron al realizar el Gemba walk están relacionadas a los tiempos de ciclo de las operaciones en la línea de producción de ensamble de asientos automovilísticos de los modelos P558.

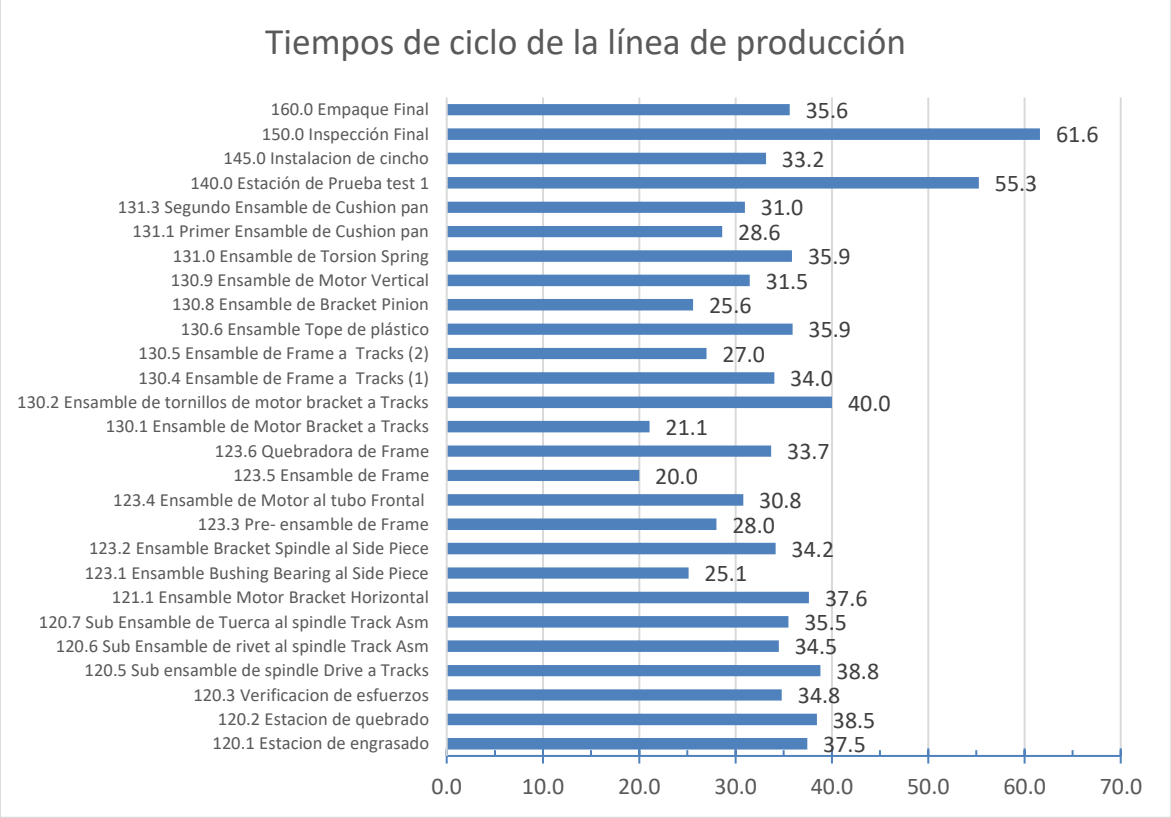


Figura 8 Grafica de Cycle Time de la línea de producción.

Como se observa en la figura 8, los tiempos de ciclo de las operaciones 150.0 y 140.0, son los tiempos más elevados de las operaciones para el ensamble de los asientos, lo cual se genera cuellos de botella y por consiguiente los tiempos de ensamble se subordinan acorde a los tiempos más elevados (Subramaniyan et al., 2018) de acuerdo a (Goldrat & Cox, 1990).

Otros autores mencionan la importancia del takt time (Mönch et al., 2021) (Mönch et al., 2021) por lo cual se debe considerar obtenerlo.

Basándonos en el autor (Ahmed, 2020) hacemos uso de la ecuación para obtener el takt time:

$$Takt\ Time = \frac{28{,}800seg}{635\ piezas}$$

$$Takt\ Time = 45.35seg/pieza$$

El tiempo en que el cliente nos pide que fabriquemos 1 asiento automovilístico es cada 45.35 segundos/pieza.

Al comparar el takt time contra el tiempo más elevado de las operaciones de ensamble de la línea de producción, la cual es la inspección final, tenemos que la inspección final consta de 61.6 segundos. Por lo cual no estamos cumpliendo con los requerimientos diarios del cliente. Como se muestra en la Figura 9.

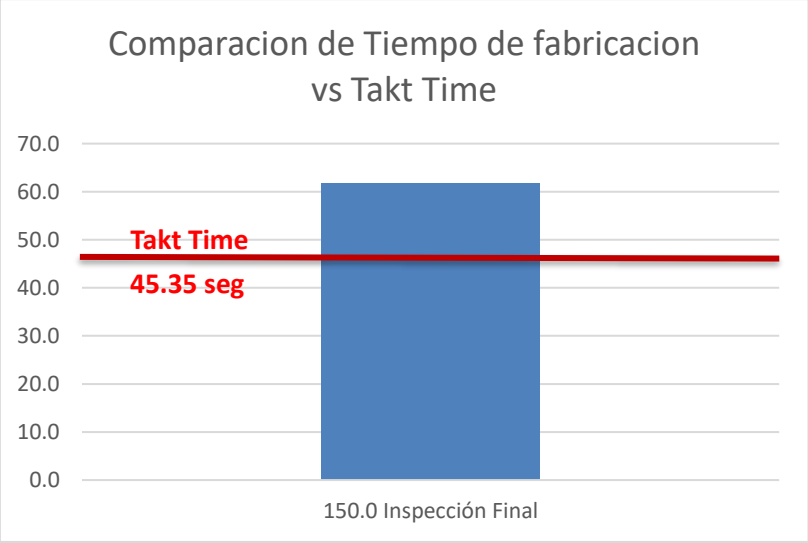


Figura 9 Grafica comparativa de Tiempo de operación inspección Final vs Takt Time.

Para tener una mejor visión del panorama de la línea de ensamblaje se debe plasmar el “Dibujar el plano actual del sistema de producción” (Socconini, 2019b), por lo cual se optara por realizar un diagrama de flujo de proceso como se muestra en el anexo la figura 24 y 25.

Lo cual por consiguiente se debe de realizar un value stream mapping actual para poder visualizar en la empresa todas aquellas acciones que aporten valor a las necesidades del cliente.

Acorde con el autor (Socconini, 2019b) se debe de determinar las familias de productos véase la tabla 18 en anexos, englobando todos los números de parte. Una vez realizado esto, se segrega la información y se toma en consideración la familia de números de parte las cuales atraviesan la totalidad de las operaciones y además de esto que la variación del tiempo total no exceda el 30% como se observa en la tabla 19 en anexos.

Se desglosan los procesos requeridos para la fabricación de asientos automovilísticos a continuación con los datos respectivos.

Proceso 1: Ensamble de rieles.
Máquinas: Soldadora para unir las piezas.
Tiempo de Ciclo: 28 segundos.
Tiempo de cambio entre productos 0 min.
Fiabilidad del equipo: 91%.
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 1450.

Proceso 2: Troquelado Side Piece.
Máquinas: Troqueladora para realizar perforaciones en las piezas.
Tiempo de Ciclo: 28 seg.
Tiempo de cambio entre productos 0 min.
Fiabilidad del equipo: 91%.
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 914.

Proceso 3: Corte Cushion Pan.
Máquinas: Prensa hidráulica para realizar corte en Cushion Pan.
Tiempo de Ciclo: 26 seg.
Tiempo de cambio entre productos 5 min.

Fiabilidad del equipo: 94%.
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 1282.

Proceso 4: Ensamble de Tracks
Máquinas: Prensa hidráulica para ensamblar Rivet en tracks, máquina de esfuerzos para verificar esfuerzos en tracks, maquina quebradora para romper la pintura en los rieles del desplazamiento de los tracks.
Tiempo de Ciclo: 220 seg
Tiempo de cambio entre productos 3 min
Fiabilidad del equipo: 89%.
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 630.

Proceso 5: Ensamble de Side Piece
Máquinas: Troqueladora para realizar perforaciones en las piezas.
Tiempo de Ciclo: 210 seg
Tiempo de cambio entre productos
Fiabilidad del equipo: 95%
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 224.

Proceso 6: Ensamble Final
Máquinas: Operaciones manuales, solamente se hace uso de pistola de torque para atornillar los tornillos necesarios.
Tiempo de Ciclo: 210 seg
Tiempo de cambio entre productos: 0 min.
Fiabilidad del equipo: 100%
Operadores por estación: 1.
Inventario en proceso: 224.

Proceso 7: Empaque
Máquinas: Operaciones manuales.
Tiempo de Ciclo: 36 seg
Tiempo de cambio entre productos: 0 min.
Fiabilidad del equipo: 100%
Operadores por estación: 1.

Una vez realizado lo anterior se crea el value stream mapping actual para tener un mejor panorama de aquellas acciones que generan valor y por consecuencia de las que no lo agregan véase figura 58.

3.2. Descripción del proyecto

El presente proyecto consiste en la implementación de la filosofía de manufactura esbelta en una línea de producción de ensamblaje de asientos automovilísticos, enfocándose en la reducción de tiempos de ciclo y la estandarización de las operaciones. A través del diagnóstico de la situación actual, la identificación de cuellos de botella y la aplicación de herramientas Lean, se busca optimizar el flujo del proceso y aumentar la productividad general de la línea. El proyecto se centra en eliminar desperdicios, mejorar el balanceo de línea y establecer un trabajo estandarizado que facilite las operaciones para los operadores.

3.3. Objetivos (propios del proyecto, programa o propuesta)

3.3.1. Objetivo general:

El enfoque principal es un ahorro en los costos en la línea de producción de ensambles automovilísticos, mediante la implementación de manufactura esbelta. Tomando en consideración las consecuencias que originan los costos elevados, tales como los altos índices de defectos, y los tiempos de ciclo de fabricación.

3.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las operaciones con mayores tiempos de ciclo que afectan el flujo de la línea.
- Aplicar herramientas Lean Manufacturing (5S, VSM, Kaizen, trabajo estandarizado) para eliminar desperdicios.
- Estandarizar las operaciones críticas de la línea de producción.
- Medir el impacto de las mejoras en los tiempos de ciclo y defectos.
- Evaluar la sostenibilidad de las mejoras implementadas en el flujo productivo.

3.4. Población objetivo o beneficiarios

Los principales beneficiarios son los operadores, supervisores y jefes de producción de la línea de ensamblaje de asientos automovilísticos.

3.5. Localización

El proyecto se desarrolla en la línea de ensamblaje de bases metálicas para asientos automovilísticos de una empresa de manufactura ubicada en H. Matamoros, Tamaulipas, México. Esta empresa forma parte de la cadena de suministro global de fabricantes automotrices como GM, Ford y Honda.

3.6. Plan de actividades

Fase	Actividad	Semanas										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Diagnóstico	Medición de tiempos de operación y análisis de desperdicios											
Planeación	Desarrollo del mapa de flujo de valor actual y futuro											
Implementación	Aplicación de herramientas Lean y balanceo de línea											
Estandarización	Elaboración de documentos de trabajo estándar											
Seguimiento y ajustes	Monitoreo de tiempos de ciclo y retroalimentación											

Tabla 5 Tabla de plan de actividades.

3.7. Metodología para el desarrollo de las actividades (six sigma)

Para llevar a cabo las actividades, se implementó la metodología DMAIC la cual es una herramienta de Six Sigma, la cual está altamente relacionada con los principios de manufactura esbelta. A través de la metodología se posibilitó dar estructura al proyecto tomando en consideración los siguientes elementos:

3.7.1. Definir

Se identificaron los problemas principales a causa de tiempos muertos elevados y por consiguiente tiempos de ciclo que variaban entre operaciones. Mediante el

establecimiento de objetivos del proyecto de reducción de tiempo total de ciclo y el balanceo de flujo de trabajo.

3.7.2. Medir

3.7.2.1 Medición de tiempos en operaciones

Mediante la recolección de datos de tiempo a través del cronometraje de las operaciones, el uso de la mano de obra, tiempos de espera y movimientos innecesarios haciendo uso de la observación física, realizando análisis de value stream map- Se tuvo una base para el proceso véase figura 58 en anexo.

Se realizó un diagrama de flujo figura 31 y 32 en anexos acorde a investigación de autores previos (Socconini, 2019b)

Para la recolección de datos, se utilizó un muestreo por conveniencia, dado que se tomaron observaciones directas de los productos inspeccionados y de los operadores disponibles durante los turnos en los que se realizó el estudio. Esta técnica fue seleccionada por su facilidad de implementación en un entorno de producción activo y con restricciones de tiempo.

En la figura 41 en anexos se muestra los tiempos de ciclo de las operaciones a través de la línea de producción de ensamblaje de asientos automovilísticos.

Aquellas operaciones en las que se mostró altos tiempos de operación fueron en las estaciones de inspección final contando con un tiempo de 61.6 segundos y en la estación de test la cual tenía un tiempo de 55.3 segundos.

3.7.2.1 Altos índices de defectos y scrap

Aunado a esto se detectaron anomalías y altos índices de scrap haciendo uso de Pareto, como se muestra en la figura 14. En la cual la mayor cantidad de scrap estaba englobado en los defectos de Rivet mal ensamblado al spindle track con 121 defectos, falta de esfuerzos con 83 defectos y falta de torque en tuerca al spindle track con 46 defectos. Dichos defectos estaban asociados a las estaciones de ensamblaje de Rivet verificación de esfuerzos.

3.7.3. Analizar

3.7.3.1. Problemática de tiempos en operaciones elevadas

3.7.3.1.1. Tiempos elevados de operación en estación de inspección final

Como plantea Socconini (2019) se llevó a cabo un análisis de las variaciones en el proceso identificando la operación que tuviese el tiempo más elevado, en este caso la operación de inspección final fue la que se determinó a lo establecido por tiempos elevados. En este caso se muestra en la figura 10, en la gráfica de valor individual, se observa como existe una tendencia de 6 puntos en incremento de forma consecutiva, lo cual nos indica que nuestro proceso puede salirse de control.

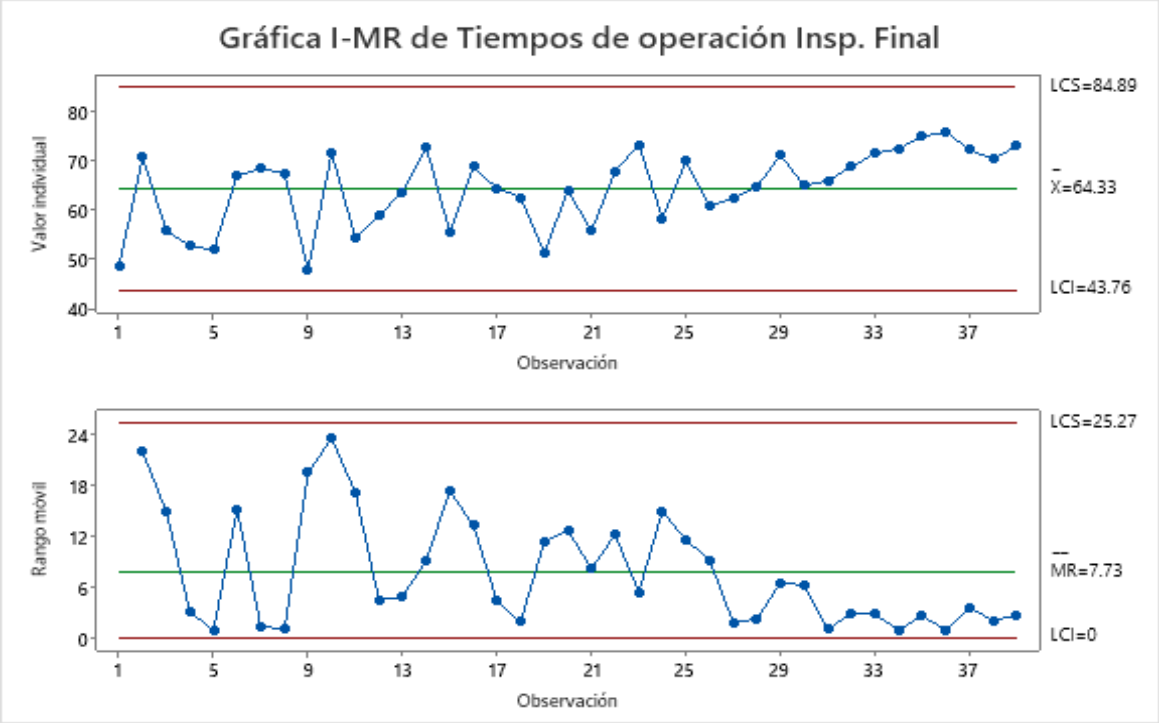


Figura 10 Grafico de control I-MR de tiempos de la estación de Inspección Final.

Para la problemática de tiempos elevados en la línea de producción. Se aplico el diagrama de Ishikawa de la figura 11 para hallar las causas raíz de esta problemática. Llegando a la conclusión que, en máquina, no se cuenta con herramienta de inspección que le facilite la operación realizar la operación, en conjunto con el material, el cual es la base metálica del asiento que tiene un elevado peso para su manipulación lo que genera movimientos innecesarios y poco eficientes.

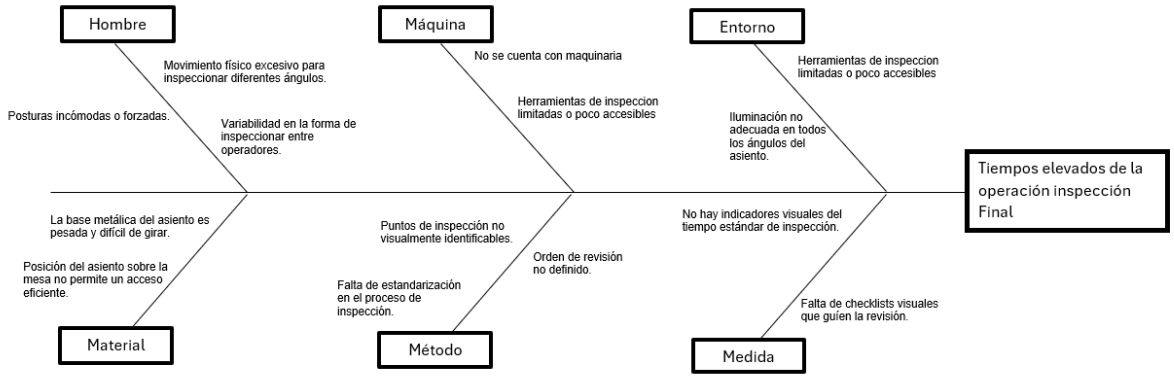


Figura 11 Diagrama Ishikawa de tiempos elevados de la operación inspección final.

A pesar de esto se aplicó la técnica de 5 por que para llegar a determinar la causa raíz del problema como se observa en la tabla 6, la raíz del problema radica en la falta de herramienta o utensilios que facilite al operario el desempeñar sus actividades con mayor facilidad.

Problema: El tiempo de inspección final del asiento automotriz es elevado.	
¿Por qué?	Porque el operador tarda mucho en revisar todos los ángulos del asiento.
¿Por qué?	Porque debe girar manualmente el asiento para inspeccionar distintas áreas.
¿Por qué?	Porque el asiento está fijo en una superficie plana que no permite un fácil acceso a todas las caras.
¿Por qué?	Porque no se cuenta con una herramienta o estructura que facilite el giro o rotación del asiento.
¿Por qué?	Porque el área de inspección no está equipada con un soporte ergonómico adecuado que permita agilizar la revisión.

Tabla 6 Técnica de 5 por qué aplicado a los elevados tiempos en la operación de inspección final

3.7.3.1.2. Tiempos elevados de operación en estación de pruebas test

Se procede a realizar los mismos análisis realizados con anterioridad en la operación de inspección final como se muestra en la figura 12. El proceso se encuentra bajo control estadístico, por lo que no existen patrones aleatorios que generen ruido en las mediciones de los tiempos de operación, a su vez esto lo vuelve estable y predecible en cuanto a tiempos de realizar la operación en la estación de pruebas test hablemos. Sin embargo a pesar de ser estable el proceso es ineficiente.

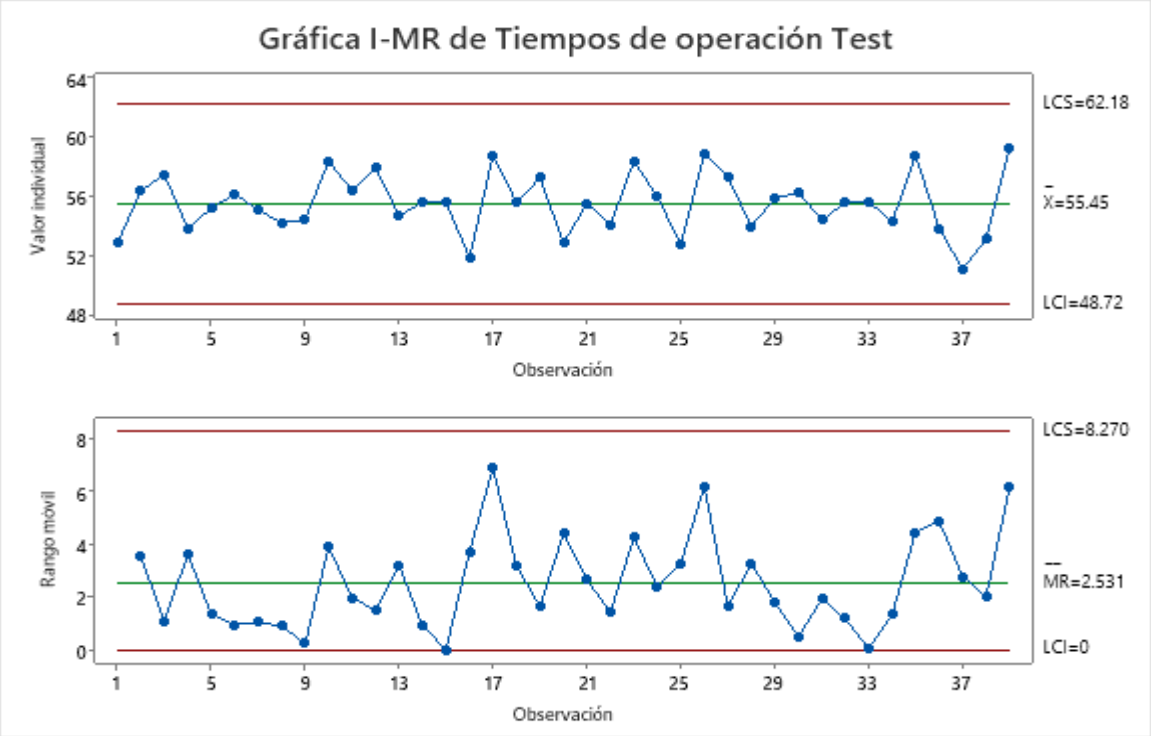


Figura 12 Grafico de control I-MR de tiempos de la estación de prueba test.

Se aplicó el diagrama de Ishikawa como se observa en la figura 13 para identificar las causas raíz de los tiempos elevados en la estación de prueba test. En donde la principal problemática está relacionado a los conectores que no encuentran identificados u ordenados.

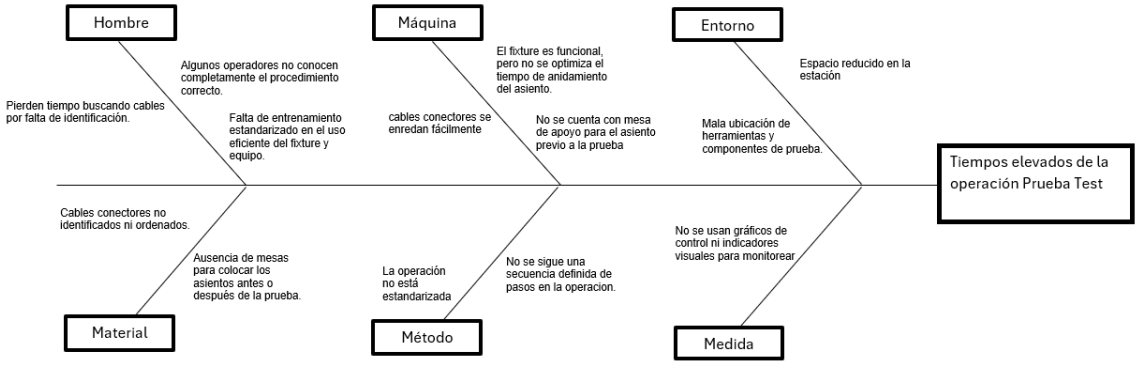


Figura 13 Diagrama Ishikawa de tiempos elevados de estación de prueba test.

Por lo que se procede a realizar la técnica de 5 por que para llegar a la solución del problema de tiempos elevados en la estación de prueba test donde se puede ver en la tabla 7. Vemos que la causa raíz del problema recae en que los cables no están identificados ya que no se había realizado un análisis detallado sobre los tiempos de ciclo, por lo cual se deben realizar mejoras al respecto.

Problema: El tiempo de prueba test del asiento automotriz es elevado.	
¿Por qué?	Porque los operadores tardan en encontrar y conectar los cables necesarios para realizar la prueba.
¿Por qué?	Porque los cables conectores no están identificados claramente.
¿Por qué?	Porque no existe un sistema de codificación o rotulación que facilite su identificación rápida.
¿Por qué?	Porque no se había considerado necesario o no se había detectado como causa de pérdida de tiempo durante la operación.
¿Por qué?	Porque no se había realizado un análisis detallado de los tiempos de ciclo ni de las dificultades que enfrentan los operadores en esta estación.

Tabla 7 Técnica de 5 por qué aplicado al tiempo de prueba test del asiento automotriz.

3.7.3.2 Problemática de defectos y scrap

Durante el periodo enero y febrero de 2025 se observaron un total de 351 defectos de forma global en la línea de producción de ensambles de asientos automovilísticos como se puede apreciar en la tabla 8.

Scrap en periodo Enero - Febrero 2025			
Causa / Problema / Fenómeno	**Defectos**	**Porcentaje**	**Porcentaje acumulado**
Rivet mal ensamblado al spindle track	121	34%	34%
Falla de tracks en esfuerzos	83	24%	58%
Falta de torque en tuerca al spindle track	46	13%	71%
Ensamble incorrecto de bracket pinion en side piece	18	5%	76%
Falla de ensamble de tornillo laterales de cushion pan	14	4%	80%
Fallo en prueba test cushion	12	3%	84%
Fallo en prueba test recline	11	3%	87%
Falla de ensamble de tornillo superior de cushion pan	10	3%	90%
Ensamble incorrecto de bushing negro	9	3%	92%
Falla de ensamble de frame a tracks (2)	8	2%	95%
Falla de ensamble de frame a tracks	7	2%	97%
Orientacion incorrecta de etiqueta en tubo trasero	7	2%	99%
Mal engrasado en tracks	5	1%	100%
Total	351	100%	

Tabla 8 Scrap en periodo de enero a febrero de 2025.

Se procedió a realizar la gráfica de Pareto mostrada en la figura 14, dejando en evidencia aquellos defectos que contribuyen significativamente a los defectos globales totales.

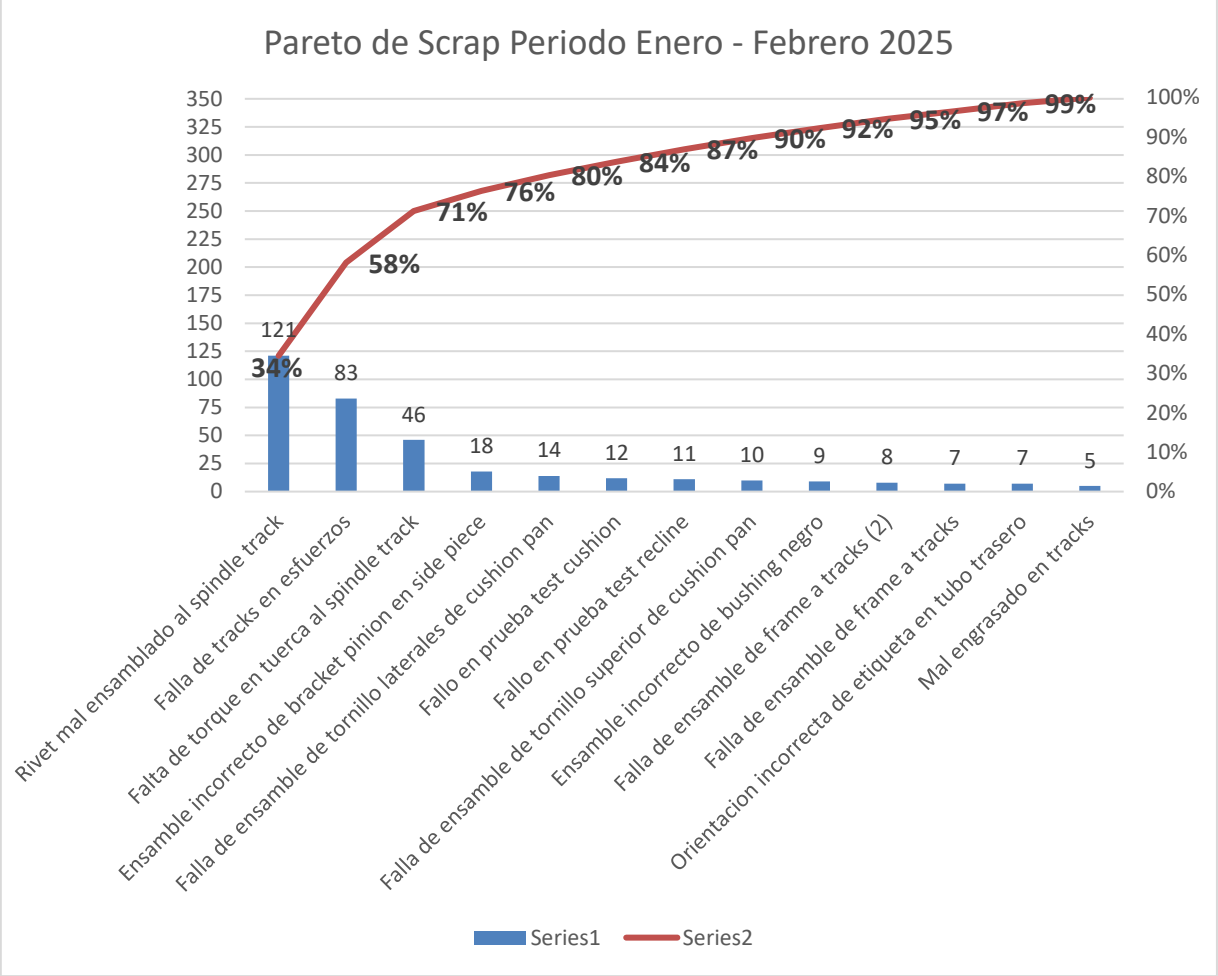


Figura 14 Pareto de los defectos del periodo de enero y febrero.

Aquellos defectos que presentan mayor frecuencia son Rivet mal ensamblado al spindle track, falla de tracks en esfuerzos y falta de torque en tuerca al spindle track. Enfocando los esfuerzos para reducir los defectos en estos tres para impactar y reducir los defectos de forma general.

3.7.3.2.1 Intervalo de confianza de defectos globales

A través del método de Agresti-Coull se llevó a cabo la determinación del intervalo de confianza para los defectos globales como se muestra en la figura 15.

Estadísticas descriptivas

N	Evento	Muestra p	IC de 95% para p
22416	351	0.015658	(0.014112, 0.017371)

Figura 15 Intervalo de confianza para defectos globales contra la producción total en los meses de enero y febrero.

Para determinar qué tan bueno es dicho intervalo de 0.014112 y 0.017371 procedemos a obtener la amplitud del intervalo.

Mediante la siguiente formula:

$$Amplitud = 0.017371 - 0.014112 = 0.003259$$

Pasando dicha información a porcentajes se tendría el intervalo entre 1.4112% y 1.7371%, dando como resultado una amplitud de 0.33%. Tomando en cuenta que la empresa tiene como objetivo tener menos de 1% de defectos, por lo que nos indica que nuestros defectos esperados están por encima de la meta.

Esto nos dice que por cada 1000 unidades producidas de asientos automovilísticos, tendremos 3.259 defectos

Es imprescindible mencionar que acorde a la figura 14 se muestra por orden de relevancia los defectos que impactan negativamente nuestra meta, en este caso:

- Rivets mal ensamblado al spindle track
- Falla de tracks en esfuerzos
- Falta de torque en tuerca de spindle track

Por lo que se enfocara en solucionar principalmente la problemática de rivets mal ensamblado al spindle track, analizando el intervalo de confianza.

3.7.3.2.1 Intervalo de confianza de rivets mal ensamblado al spindle track

Este defecto fue el más frecuente acorde a la figura 14 antes mostrada. Cabe mencionar que a pesar de la proporción individual de dicho defecto se encuentra debajo del 1%, el cual es la meta establecida por la empresa, este mismo defecto representa una porción considerable de los defectos globales de la línea de producción. El reducir dicho defecto tendrá un impacto drástico en la disminución de los defectos totales.

Acorde a la figura 16 considerando un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que la verdadera proporción de unidades producidas con el defecto de rivets mal ensamblado se encuentra situado entre el rango de valores de 0.45% y 0.64%. Teniendo en consideración que nuestra muestra observada tuvo un valor de defectos de 0.54%.

Estadísticas descriptivas

N	Evento	Muestra p	IC de 95% para p
22416	121	0.005398	(0.004516, 0.006449)

Figura 16 Intervalo de confianza de rivets mal ensamblado al spindle track

3.7.3.2.1.1 Capacidad de proceso en estación de ensamble de rivet al spindle track

Para la operación de ensamble de Rivet al track, se llevó a cabo un análisis de 20 muestras para determinar el Cp de dicho proceso.

En la tabla 9 se muestra las muestras recopiladas con sus respectivas mediciones, las cuales están dadas en pulgadas.

Muestras	Mediciones
1	0.392
2	0.406
3	0.401
4	0.408
5	0.397
6	0.407
7	0.397
8	0.413

9	0.404
10	0.400
11	0.408
12	0.405
13	0.412
14	0.396
15	0.388
16	0.402
17	0.401
18	0.415
19	0.384
20	0.402

Tabla 9 Muestras de la operación de ensamble de Rivet en tracks antes de mejoras

Para determinar el Cp es indispensable información como:

$$USL = 0.408$$

$$LSL = 0.376$$

$$\overline{X} = 0.4019$$

Para la desviación estándar obtenemos sustituimos la siguiente formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma_i^N \left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N-1}}$$

La fórmula con los datos sustituidos queda de la siguiente forma:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\begin{matrix}(-0.010)^2+(0.004)^2+(0.001)^2+(0.006)^2+(-0.005)^2+(0.005)^2+(-0.005)^2+ \\ (0.011)^2+(0.002)^2+(-0.002)^2+(0.006)^2+(0.003)^2+(0.010)^2+(-0.006)^2+(-0.014)^2 \\ +(0.000)^2+(-0.001)^2+(0.013)^2+(-0.018)^2+(0.000)^2\end{matrix}}{20}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0.0012278}{19}} = \sqrt{0.000064\ldots}$$

$$\sigma = 0.008038$$

Se ingresa los datos tanto de los limites superior e inferior de especificación como de igual manera la desviación estándar.

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Se sustituye la formula anterior

$$Cp = \frac{0.408 - 0.376}{6(0.008038)} = 0.61$$

Considerando que para cualquier proceso un valor menor a 1 es una deficiente capacidad de proceso.

Para obtener Cpk

Se usa la siguiente formula:

$$Cp_k = \frac{USL - \overline{X}}{3\sigma}$$

Sustituiremos:

$$Cp_k = \frac{0.408 - 0.4019}{3(0.008038)} = 0.02529$$

La información se ve plasmada en la figura 17 para Cp y Cpk.

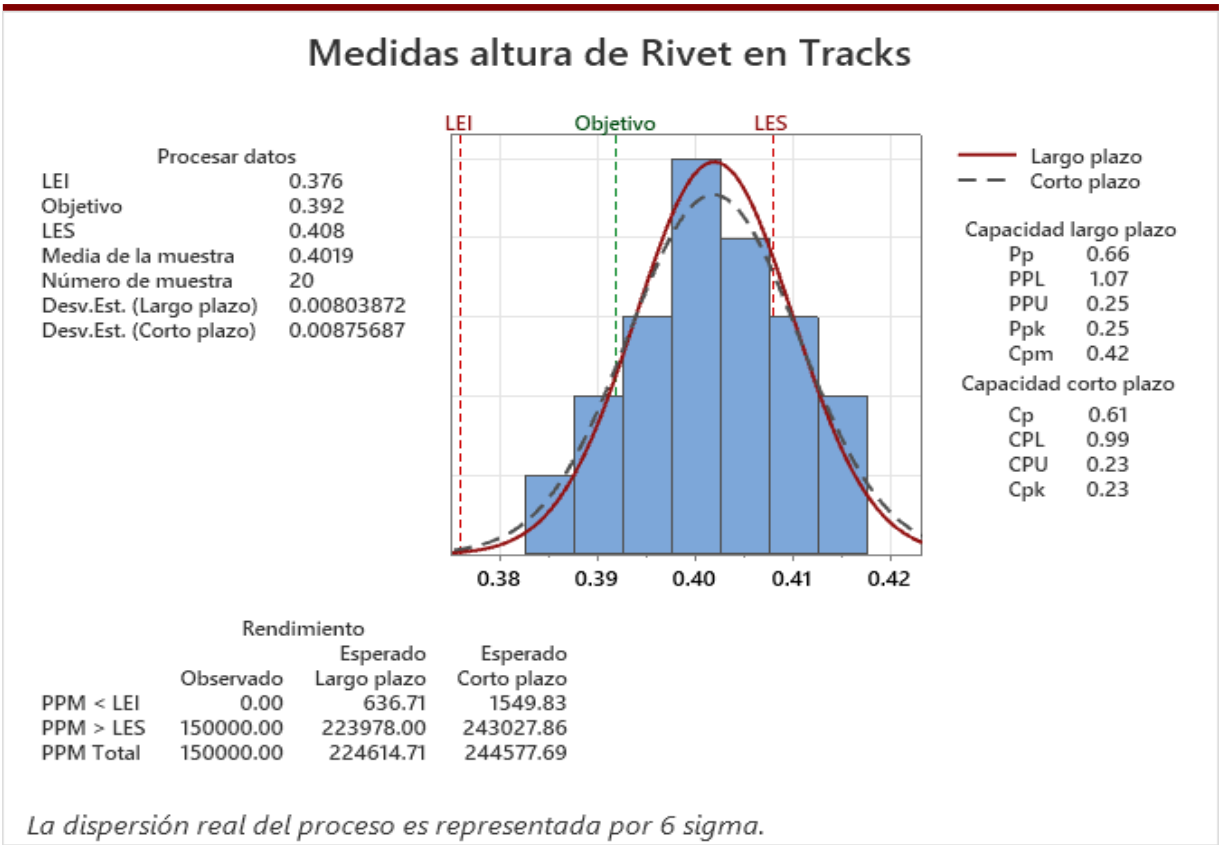


Figura 17 Grafica de Cp de la operación ensamble de Rivet en tracks previo a mejoras

Como en la figura 17 se muestra, gran parte de los ensambles caen fuera de especificación del cliente, por lo que se debe de aplicar una modificación.

3.7.3.2.1.2 Diseño de experimentos en ensamble de rivets en spindle track

Se decide realizar un análisis de ANOVA mediante la experimentación de los parámetros de presión para el ensamblaje del Rivet en los tracks.

Partiendo del conocimiento que, en el estado actual, la maquinaria opera con una fuerza de 2.4 Kn para llevar a cabo la deformación y ensamble del Rivet. Se decide llevar a cabo el análisis para fuerzas superiores a las establecidas y llegar a una conclusión.

En la tabla 10 se presentan los datos recopilados que se ingresaran y analizaran.

Fuerza aplicada en Maquina Kn	Resultado Medicion Altura de Rivet
2.4	0.392
2.4	0.397
2.4	0.401
2.4	0.402
2.4	0.394
2.5	0.399
2.5	0.396
2.5	0.39
2.5	0.389
2.5	0.387
2.6	0.376
2.6	0.368
2.6	0.361
2.6	0.387
2.6	0.375
2.7	0.371
2.7	0.368
2.7	0.357
2.7	0.355
2.7	0.369

Tabla 10 Datos de fuerza aplicada junto a medidas resultantes de rivet ensamblado

A través del análisis de los datos se observa la gráfica de intervalos en la figura 18, puede apreciarse los valores arrojados de la tabla 10, se logra observar como a través de los distintos parámetros los resultados de la altura de los Rivet se ven impactados. Aun así, se debe de evaluar si existe una relación entre la fuerza impresa para el ensamblado del Rivet en tracks y la altura que se obtiene resultante en el Rivet ensamblado.

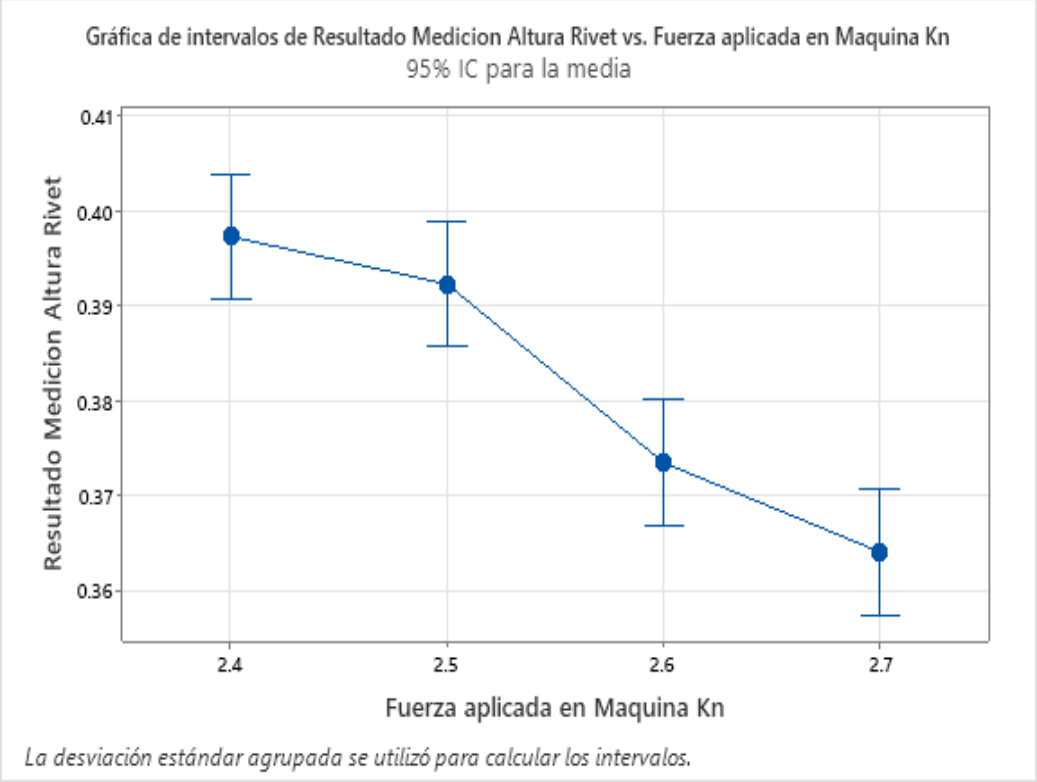


Figura 18 Grafica de Medidas de altura de Rivet comparando las diferentes fuerzas ingresadas en la máquina para el ensamble de Rivet en tracks

En la figura 19 observamos como el valor de p está muy próximo a 0 por lo que se puede demostrar que existe una diferencia significativa al momento de modificar la fuerza impresa para llevar cabo el ensamble del Rivet en los tracks

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fuerza aplicada en Maquina Kn	3	0.003663	0.001221	25.22	0.000
Error	16	0.000775	0.000048		
Total	19	0.004438			

Figura 19 Resultados de valor p para el diseño de experimento de Rivet en tracks

3.7.3.2.2 Análisis de defectos a través de análisis cruzados de intervalo de mantenimiento en falla de tracks en esfuerzos

Se realizo un análisis cruzado con los datos recopilados que se muestran en la tabla 20 en anexos, con el objetivo de verificar si existe una relación entre los intervalos de mantenimiento de limpieza en las boquillas de la máquina de estación de engrasado respecto a los defectos provocados en la estación de verificación de esfuerzos. En la figura 20 se muestra el grafico, el cual deja en evidencia la disminución de los defectos en la estación de verificación de esfuerzos referente al defecto de falla de esfuerzos, al realizar mantenimiento de limpieza de boquillas cada semana, a diferencia del anterior intervalo que se tenía, el cual era la realización de limpieza de las boquillas suministradoras de grasa cada 2 semanas.

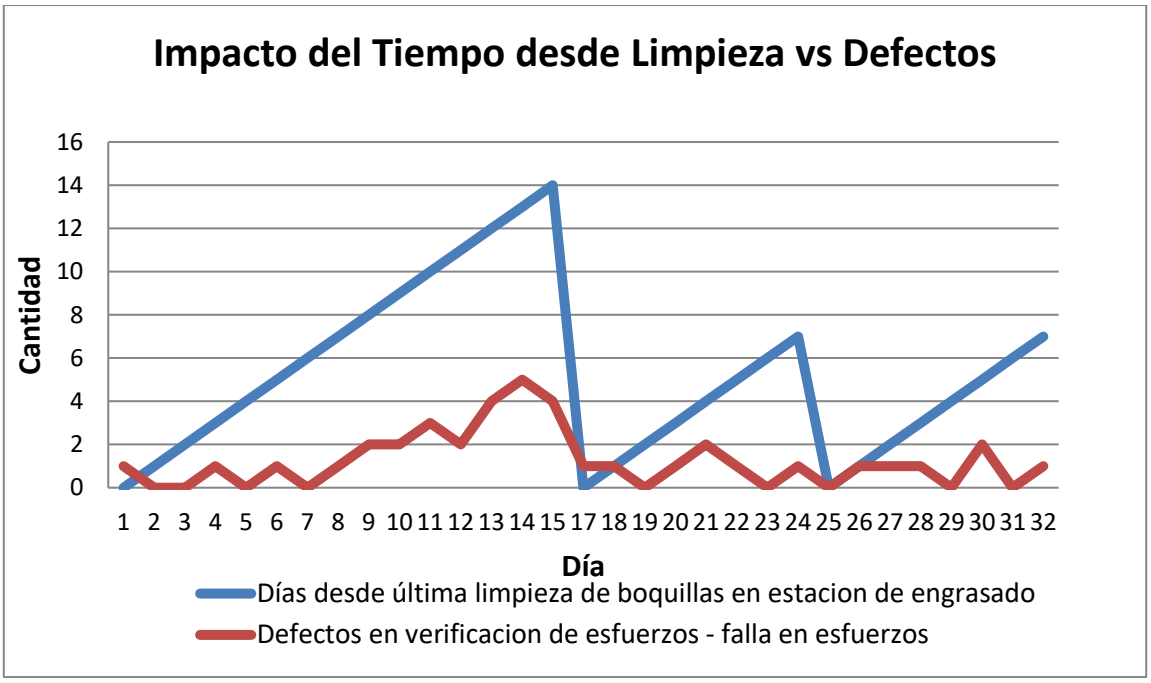


Figura 20 Grafica de impacto del tiempo desde limpieza vs defectos

3.7.3.2.3 Capacidad de proceso en estación de sub ensamble de tuerca al spindle track

Se realizo una capacidad de proceso desde el punto de vista las dimensiones tanto para el tornillo que se usa en la estación de trabajo, véase la figura 21.



Figura 21 sub ensamble de tuerca al spindle track.

3.7.3.2.3.1 Capacidad de proceso para el tornillo de spindle track evaluando las dimensiones contra límites de especificación

Se realizo un muestreo de 25, en el cual se tomaron 4 observaciones de tornillo spindle track, en el cual se llevaron a cabo mediciones de la rosca externa del tornillo en mediciones de pulgada, a continuación se puede apreciar en la tabla 11.

	Observaciones			
Muestras	1	2	3	4
1	0.494	0.495	0.497	0.497
2	0.495	0.500	0.498	0.499
3	0.494	0.495	0.496	0.496
4	0.498	0.497	0.498	0.497
5	0.495	0.494	0.496	0.498
6	0.496	0.498	0.497	0.498
7	0.497	0.495	0.499	0.496
8	0.498	0.496	0.498	0.497
9	0.496	0.498	0.495	0.498
10	0.497	0.495	0.499	0.496
11	0.493	0.498	0.497	0.498
12	0.497	0.495	0.496	0.498
13	0.497	0.498	0.497	0.495
14	0.499	0.496	0.493	0.497
15	0.498	0.497	0.495	0.499

16	0.496	0.498	0.497	0.495
17	0.495	0.500	0.498	0.496
18	0.493	0.497	0.494	0.497
19	0.495	0.494	0.496	0.494
20	0.498	0.495	0.496	0.495
21	0.498	0.494	0.497	0.496
22	0.497	0.495	0.497	0.499
23	0.495	0.500	0.494	0.496
24	0.497	0.494	0.496	0.497
25	0.492	0.497	0.498	0.495

Tabla 11 Mediciones de 4 observaciones de tornillos spindle track rosca externa de 25 muestras.

Con lo cual se llevó a cabo la siguiente grafica de la figura 22. En dicha grafica se observa que el proceso se encuentra dentro de las especificaciones, contando con un CPL de 1.16 lo que se considera que el proveedor es capaz de proporcionar el producto de tornillo bajo las especificaciones impuestas, por lo cual no es el caso de que sea el problema las dimensiones del tornillo lo que provoca la holgura y falta de torque.

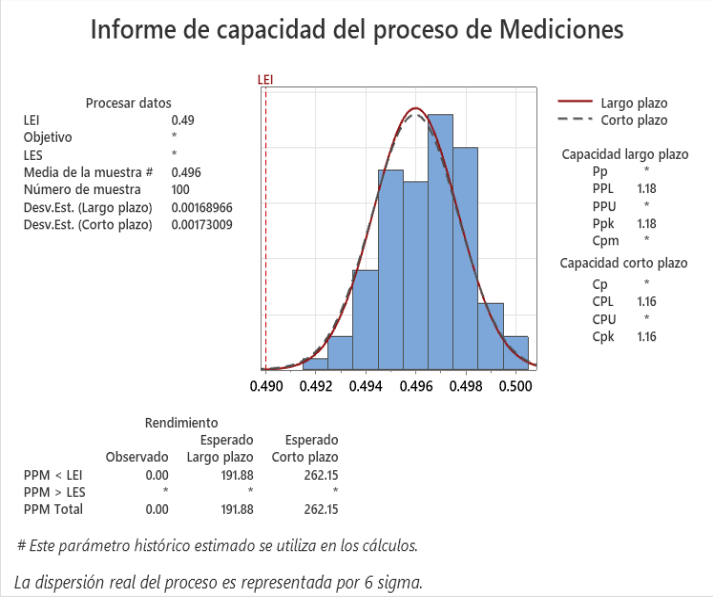


Figura 22 Grafica de capacidad de proceso de tornillo de medición de diámetro externo.

3.7.3.2.3.2. Capacidad de proceso para tuerca evaluando las dimensiones contra límites de especificación

Con el objetivo de encontrar la problemática de falta de torque se procede con evaluar la capacidad de proceso de la tuerca.

Llevando a cabo mediciones, realizando 25 muestras con 4 observaciones cada una de las muestras. A continuación se muestra la información en la tabla 12.

	Observaciones			
Muestras	1	2	3	4
1	0.468	0.459	0.462	0.459
2	0.469	0.480	0.481	0.476
3	0.460	0.473	0.472	0.456
4	0.469	0.462	0.471	0.478
5	0.475	0.477	0.471	0.478
6	0.460	0.469	0.467	0.466
7	0.468	0.468	0.454	0.474
8	0.476	0.458	0.477	0.462
9	0.468	0.486	0.465	0.477
10	0.460	0.471	0.464	0.475
11	0.476	0.467	0.475	0.480
12	0.464	0.454	0.474	0.452
13	0.481	0.479	0.467	0.466
14	0.469	0.486	0.479	0.462
15	0.475	0.472	0.468	0.451
16	0.474	0.454	0.481	0.483
17	0.469	0.469	0.475	0.466
18	0.473	0.477	0.476	0.460
19	0.482	0.473	0.468	0.474
20	0.480	0.456	0.457	0.462
21	0.468	0.464	0.474	0.473
22	0.475	0.473	0.465	0.452
23	0.472	0.469	0.460	0.457
24	0.474	0.471	0.466	0.463
25	0.476	0.482	0.456	0.473

Tabla 12 Mediciones de 4 observaciones de tuerca de 25 muestras.

A partir de la información anterior se plasma de forma gráfica en la figura 23.

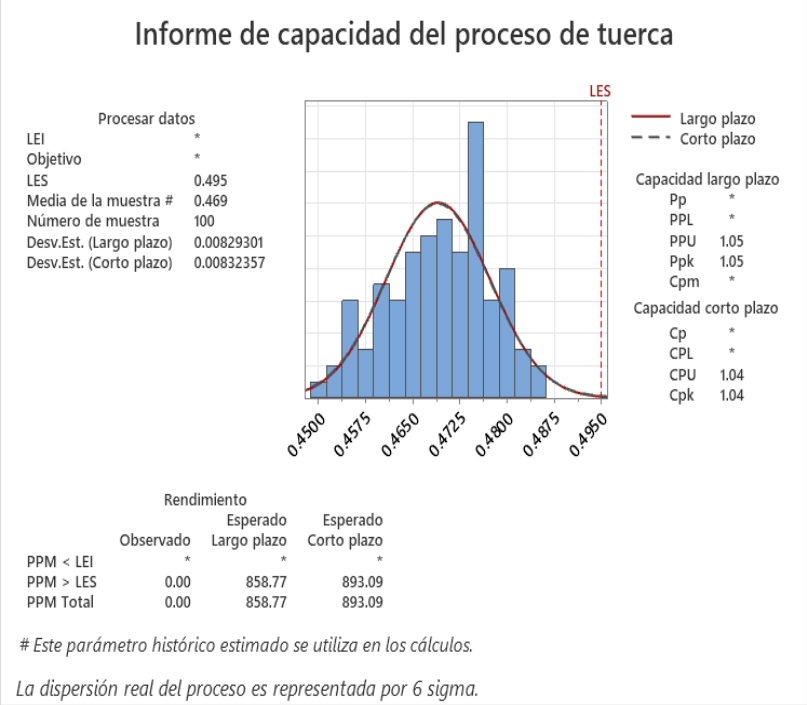


Figura 23 Grafica de capacidad de proceso de tuerca.

Como se observa el proceso tiene un CPU de 1.04 lo cual nos indica que el proveedor de materia prima de tuercas si puede fabricar acorde a las especificaciones impuestas por nuestra empresa.

Esto nos dice que ni las dimensiones de la tuerca ni las medidas del tornillo son la causa de los defectos relacionados a falta de torque. Existe la posibilidad de que los defectos asociados estén relacionados con el personal involucrado en la operación de sub ensamble de tuerca al spindle track

3.7.4. Mejorar

3.7.4.1. Implementación de mejoras respecto a problemática de tiempos en operaciones elevadas

Se realizó un análisis de PERT para determinar la ruta crítica de las operaciones, en la tabla 21 en anexos se muestran todas las operaciones de la línea de producción, indicando los tiempos que conllevan realizar cada una de ellas, como también la relación de precedencia para poder llevar con el objetivo ordenar y mostrar las operaciones que necesiten de una realización de una operación previa. En la figura 38

en anexos se representan las operaciones en el diagrama de PERT, mostrando la ruta crítica en la que se deba de realizar mejoras.

La ruta crítica es la siguiente:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow N \rightarrow O \rightarrow P \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow S \rightarrow T \rightarrow U \rightarrow V \rightarrow W \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow AA$$

Dicha ruta consta de un tiempo de ciclo de 715.9 segundos

3.7.4.1.1 Mejoras en estación de inspección final

Se implementó un estante giratorio el cual tiene como objetivo disminuir el esfuerzo que necesita ejercer el operador para manipular e inspeccionar los aspectos críticos de los asientos, véase figura 24.



Figura 24 Estante giratorio para inspeccionar los asientos.

3.7.4.1.1.1 Implementación de trabajo estándar en inspección final

El autor Socconini (2019) menciona que los elementos fundamentales para la realización del trabajo estándar son 3:

- El tiempo takt
- La secuencia estándar de operaciones
- Inventario en proceso

Se llevó a cabo el llenado de la hoja de medición de tiempos previo a la implementación del estante giratorio como se muestra en la tabla 23 en anexos.

De igual forma se vuelve a realizar la hoja de medición de tiempos, solamente que esta vez después de la implementación del estante giratorio como se observa en la tabla 24 en anexos .

Por consiguiente se calcula la capacidad de operación y se realiza el llenado de la hoja de capacidad de operación de la tabla 25 en anexos.

Se llevó a cabo la realización de la tabla combinada de operaciones estandarizadas de la operación en la tabla 26 en anexos, se puede observar los valores de los tiempos como también los elementos que componen la operación.

3.7.4.1.2 Mejoras en estación de prueba test

implementación de fixture que identifique fácilmente los cables o conectores facilitándole a los operadores el hacer uso de estos para llevar a cabo sus operaciones. La problemática que se tenía en un principio como se ve en la figura 25, está relacionada con cables y conectores que están desordenados y que impiden a los operadores llevar a cabo las funciones a desempeñar de las actividades de la estación de trabajo correspondiente, en este caso la estación de prueba test.

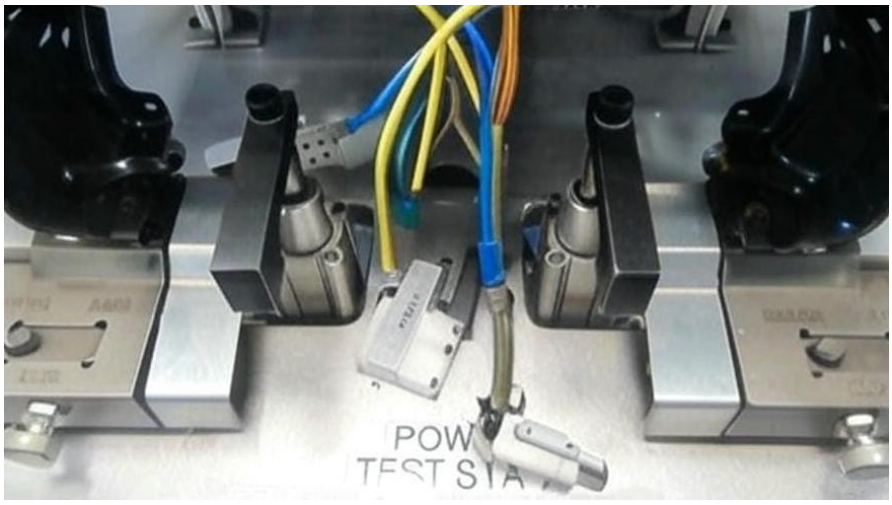


Figura 25 Cables y conectores desordenados previo a mejora.

La mejora implementada fue la realización de un fixture el cual ordena de forma sistemática los cables a través de orificios que están conectados con la base de la estación de trabajo, con lo cual el operador puede identificar con facilidad los conectores, véase la figura 26.

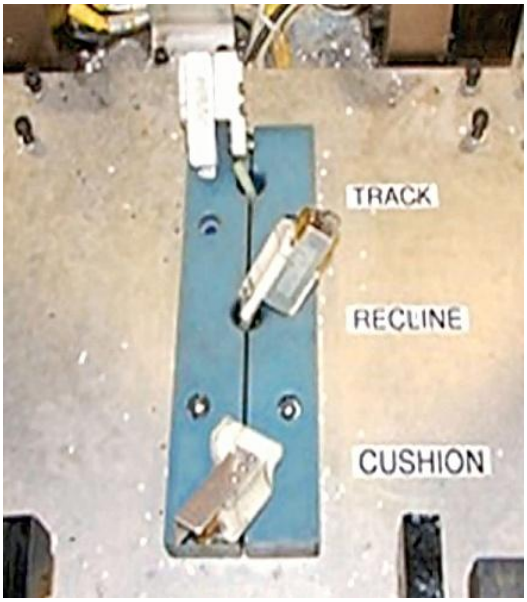


Figura 26 Fixture de cableado en estación de prueba test

3.7.4.1.3 Balanceo de línea de producción.

Al termino de realización de las mejoras en las estaciones que se presentaron como cuellos de botella, se realiza un análisis para el balanceo de la línea. Teniendo en cuenta el takt time.

$$Takt\ Time = 45.35\ segundos/pieza$$

De misma forma se hará uso de información como el tiempo total de todas las operaciones. El cual está dado como.

$$Tiempo\ total\ de\ operaciones = 925.1\ seg$$

Obtenemos la cantidad de estaciones dividiendo el tiempo total de operaciones entre el takt time.

$$N\ mínimo\ de\ estaciones = \frac{925.1}{45.35} = 20.399.. \approx 21\ estaciones$$

El valor se redondea hacia arriba para poder cumplir con el requerimiento mínimo.

Comparando este dato de 21 estaciones dado por la formula anterior, contrastando la cantidad de estaciones que se tiene actualmente de 27 estaciones, se puede mencionar que es necesario agrupar o disminuir las estaciones de trabajo acorde a las estimaciones planteadas.

Se procede a agrupar las operaciones en estaciones de manera que la suma del tiempo por estación no exceda el takt time de 45.35 segundos. En la figura 39 en anexos se muestra la agrupación, dejando en evidencia que existe a pesar de que los tiempos de cada operación no excede el tiempo takt, cabe resaltar que aun así el requisito de estaciones mínimas dio como resultado 21, comparándolo con 27 que se tenía en su momento. Fue necesario realizar una reestructuración de las estaciones mediante la combinación de estaciones continuas.

Las operaciones que se combinaron para reducir las estaciones de trabajo se muestran en la tabla 13.

Operaciones	Estación combinada
Estación de engrasado	Estación de engrasado y quebrado
Estación de quebrado	
Estación de verificación de esfuerzos	Verificación de esfuerzos y spindle drive
Sub Ensamble de spindle Drive a Tracks	
Ensamble Bushing Bearing al Side Piece	Ensamble Bushing Bearing al Side Piece y bracket spindle
Ensamble Bracket Spindle al Side Piece	
Ensamble de Frame	Ensamble de Frame y Quebradora de Frame
Quebradora de Frame	
Sub Ensamble de rivet al spindle Track Asm	Sub Ensamble de rivet al spindle Track Asm y tuerca spindle track
Sub Ensamble de Tuerca al spindle Track Asm	

Tabla 13 Operaciones que se combinaron en las estaciones de trabajo designadas.

Por consiguiente se prosigue a implementar el análisis PERT en esta ocasión después de realizar el balanceo de línea. Esta información se puede apreciar en la tabla 22 en anexos. La representación del diagrama se ve en la figura 40 en anexos.

La ruta crítica para las operaciones después del balanceo se presenta a continuación:

$$E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow J \rightarrow K \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow N \rightarrow O \rightarrow P \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow S \rightarrow T \rightarrow U$$

Teniendo un tiempo de ciclo de esta ruta de 555.4 segundos.

Realizando una comparativa entre los datos recabados entre el análisis PERT tanto para las operaciones previas a las mejoras y después del balanceo de línea, se tiene la tabla 14.

Análisis	Ruta Crítica (Tiempo Total)
Antes de balanceo	715.9 s
Después de balanceo	555.4s
Reducción	**160.5 s**

Tabla 14 Análisis de tiempos PERT ruta crítica de tiempo total para antes de balanceo y después de balanceo.

Denotando que hubo una reducción de 160.5 segundos de tiempo respecto a la ruta crítica de la línea de producción.

3.7.4.2 Implementación de mejoras en problemática de defectos y scrap

3.7.4.2.1. Modificación de parámetros en presión en estación de ensamble rivets en spindle track

Si bien ya se obtuvo una verificación minuciosa de la información y se llegó al consenso sobre la relación entre la fuerza requerida para llevar a cabo el ensamble y el resultado de la altura del Rivet. Es importante recalcar que existen limitantes o restricciones impuestas por nuestros clientes en los cuales están dados por los límites de especificación tanto superior como inferior.

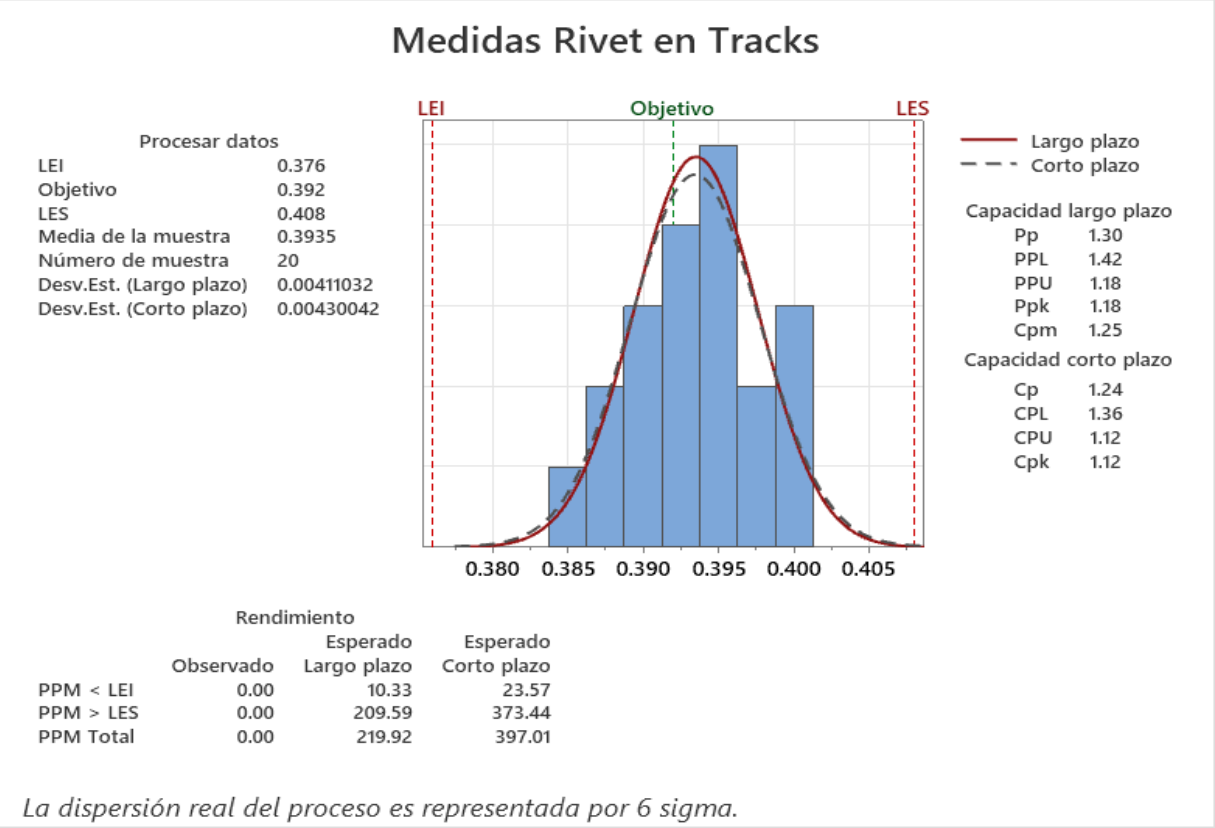
Por lo que se decidió hacer uso del parámetro 2.5 Kn para llevar cabo las operaciones en la estación de trabajo.

Se procedió a llevar a cabo 20 mediciones con este parámetro y se llevó a cabo la tabla 15.

Muestras	Mediciones
1	0.392
2	0.391
3	0.395
4	0.401
5	0.394
6	0.390
7	0.392
8	0.395
9	0.395
10	0.397
11	0.388
12	0.397
13	0.399
14	0.393
15	0.396
16	0.393
17	0.395
18	0.399
19	0.389
20	0.391

Tabla 15 Muestras de la operación de ensamble de Rivet en tracks después de mejoras

Los datos de la tabla 8 se usaron para crear la figura 18, en la cual se visualiza certeramente si nuestro proceso está dentro de los límites de especificación del cliente. Dado que como se observa en la figura 27 nuestro proceso cuenta con un Cp de 1.24 este valor es aceptable ya que cualquier valor por arriba de 1 se considera como un proceso capaz, aunado a esto también se encuentra el dato de Cpk el cual nos marca 1.12, si bien no se encuentra exactamente centrado el proceso dentro de los límites de especificación, se obtuvo un cambio significativo positivo en comparación al estado previo a las mejoras implementadas.



Procesar datos

LEI	0.376
Objetivo	0.392
LES	0.408
Media de la muestra	0.3935
Número de muestra	20
Desv.Est. (Largo plazo)	0.00411032
Desv.Est. (Corto plazo)	0.00430042

Capacidad largo plazo

Pp	1.30
PPL	1.42
PPU	1.18
Ppk	1.18
Cpm	1.25

Capacidad corto plazo

Cp	1.24
CPL	1.36
CPU	1.12
Cpk	1.12

Rendimiento

	Observado	Esperado Largo plazo	Esperado Corto plazo
PPM < LEI	0.00	10.33	23.57
PPM > LES	0.00	209.59	373.44
PPM Total	0.00	219.92	397.01

Figura 27 Grafica de Cp de la operación ensamble de Rivet en tracks después de mejoras

Para poder llevar a cabo una detección relacionada a la altura del Rivet se fabricó un gage figura 28, el cual tiene como objetivo asegurar que las medidas del ensamble del Rivet estén acorde a las especificaciones del cliente.



Figura 28 Gage para medir la altura del Rivet ensamblado en tracks.

Dicho dispositivo se introduce en los rieles del track en donde se ensambla el Rivet con el track pudiendo medir la altura como se muestra en la figura 29.



Figura 29 Sección transversal del gage en tracks para medir la altura del Rivet.

3.7.4.2.2. Modificación de intervalos de mantenimiento en estación de engrasado, para prevenir problemas en estación de esfuerzos de tracks.

A través del análisis desarrollado respecto a la problemática planteada de defectos en la estación de esfuerzos en tracks. Se implementó una modificación de los intervalos en los cuales se debía de realizar mantenimiento.

En el formato figura se muestra una mejoría en cuanto a la reducción de defectos a través del tiempo al reducir el intervalo de mantenimiento de 2 semanas a 1 semana para la limpieza de boquilla que suministra la grasa en la estación de engrasado.

3.7.4.2.3. Capacitación al personal para el correcto ensamble en la operación sub ensamble de tuerca al spindle track

Al descartar las posibilidades de dimensiones fuera de especificación tanto en tornillo y tuercas. Por eliminación la problemática radicó no en la materia prima usada para el ensamble, sino en la forma que se lleva a cabo la operación, por parte del operador.

Implementando una capacitación al personal, explicando la importancia del correcto ángulo para aplicar torque a la tuerca y evitar defectos futuros.

3.7.5. Controlar

3.7.5.1. Control en reducción de tiempos de ciclo de las operaciones

Se implementó mecanismos de control para asegurar que las mejoras en la reducción de tiempos de ciclo se mantengan en el tiempo y que no regresen a sus condiciones previas. Dichas acciones aseguran la estandarización y sostenibilidad de los nuevos métodos implementados.

Las actividades de control incluyeron:

actualización de las cartas de proceso y hojas estándar de trabajo, integrando los nuevos tiempos tipo por elemento y los métodos mejorados en las estaciones de trabajo.
Se establecieron formatos de seguimiento, a través de la capacitación personal en los nuevos estándares y la realización de auditorías internas periódicas se asegura la sostenibilidad de la mejora.

3.7.5.2. Control en reducción de defectos en estación de ensamble de Rivet en tracks

En relación con las mejoras implementadas para reducir los defectos en la estación de trabajo de ensamble de Rivet en tracks, se desarrolló un gage que permite al operador verificar para asegurar que las medidas de ensamblado del Rivet estén dentro de las especificaciones del cliente. Aunado a esto, la capacitación del personal y la

actualización de los modos de falla y efecto se tendrá un mejor control con los incidentes de defectos que ocurran en un futuro.

3.8. Determinación de recursos: humanos, materiales y financieros y presentación del presupuesto

En la tabla 13 se engloban el personal involucrado en el proyecto.

Cargo / Área	Rol en el Proyecto	Tiempo estimado	Observaciones
Supervisor de producción	Apoyo en recopilación de datos y validación de tiempos	6 horas totales	Tiempo tomado de sus actividades diarias
Analista de calidad	Registro y análisis de los 3 defectos más frecuentes	8 horas totales	Apoyo durante auditorías o turnos normales
Jefe de mejora continua	Liderar análisis de tiempos y propuestas administrativas	12 horas totales	Tiempo estimado en reuniones y reportes
Recursos humanos	Organización de sesión de capacitación Lean / calidad	3 horas totales	Coordinación interna

Tabla 16 Tabla de personal requerido.

En el apartado de recursos materiales, estos se pueden observar en la tabla 14.

Material / Herramienta	Uso previsto	Cantidad estimada	Costo unitario	Total aproximado
Formatos para recolección de tiempos	Medición de tiempos de ciclo por operación	50 hojas	$1 MXN	$50
Tablero visual tipo “Pareto”	Análisis de defectos más frecuentes	1	$600 MXN	$600
Impresiones de hojas de control	Seguimiento de acciones correctivas	100 hojas	$1 MXN	$100
Laptop con Excel o software de apoyo	Análisis de datos	Uso existente	$0	$0

Tabla 17 Presupuesto asociado a recursos financieros.

El presupuesto general estimado se presenta en la tabla 15.

Concepto	Costo estimado
Recursos humanos (tiempo interno)	$0 MXN
Materiales e impresiones	$750 MXN
Capacitación interna (Lean/Calidad)	$1,000 MXN
Total estimado	**$1,750 MXN**

3.9. Estructura organizativa

La estructura organizativa se puede apreciar en la figura 60 situada en anexos.

3.10. Consideraciones acerca de la factibilidad o viabilidad del proyecto

El proyecto presenta alta factibilidad técnica debido a que utiliza herramientas Lean Manufacturing comprobadas, las cuales han sido previamente exitosas en múltiples industrias. También es económicamente viable, ya que la implementación se realizó con recursos internos y costos bajos.
La viabilidad operativa es sólida, debido a la disposición del personal involucrado y el impacto positivo que la mejora tiene en la capacidad de respuesta de la empresa ante los requerimientos de sus clientes.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.0. Resultado de la Hipótesis General

La implementación de la filosofía de manufactura esbelta tendrá un impacto significativo respecto a la reducción de tiempo de un 40% en la línea de producción de la empresa de ensamblaje de asientos de automóvil

Donde:

$T = \ Tiempo\ de\ ciclo\ de\ procesos\ actual$

$TLM = \ Tiempo\ de\ ciclo\ de\ procesos\ después\ de\ implementación\ de\ lean\ manufacturing$

Sustituimos los datos

$$T = \ 61.6\ segundos$$

$$TLM = 39.3 segundos$$

$$Si\ TLM < \ T, entonces\ evaluar\ sea\ el\ caso\ (1 - (TLM/T)) \ * 100 \geq \ 40$$

$$39.3\ segundos \ < \ 61.6\ segundos$$

Por lo cual procedemos a analizar la siguiente desigualdad

$$(1 - (39.3\ segundos/61.6\ segundos)) \ * 100 \geq \ 40$$

$$0.3533 * 100 \geq 40$$

$$35.33 \geq 40$$

Como podemos observar no se cumple con el objetivo general dado.

Sin embargo cabe mencionar que los datos mostrados después las mejoras, son datos obtenidos de los operadores sin tener la experiencia y habilidad relacionada a los

nuevos métodos y estándares planteados. Por lo cual se debe de tener un lapso considerable para monitorear y analizar los tiempos a través de 3 meses.
A continuación en la figura 30 se muestra los datos de los tiempos de las operaciones en las que se realizaron mejoras.

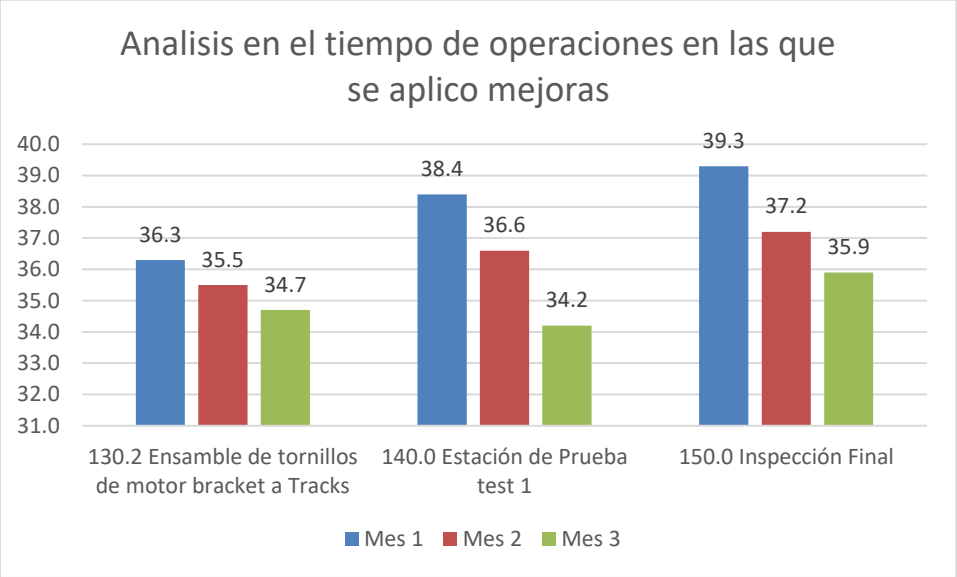


Figura 30 análisis de tiempos de operaciones en las que se aplicó mejoras atreves del tiempo.

Se observa que el tiempo de operación más alto es el de inspección final, donde tiene 35.9 segundos.

Volvemos a realizar la evaluación de la hipótesis

$$Si\ TLM < T, entonces\ evaluar\ sea\ el\ caso\ (1 - (TLM/T)) * 100 \geq 40$$

$$35.9\ segundos < 61.6\ segundos$$

Si cumple esta desigualdad

Por lo que procedemos con la siguiente:

$$(1 - (35.9\ segundos/61.6\ segundos)) * 100 \geq 40$$

$$0.5827 * 100 \geq 40$$

$$58.27 \geq 40$$

Vemos en este caso que la desigualdad si cumple. Por lo que esta hipótesis general se cumple, lo que se concluye que la implementación de la filosofía de manufactura

esbelta tuvo un impacto significativo respecto a la reducción de tiempo de un 40% en la línea de producción de la empresa de ensamblaje de asientos de automóvil

4.1. Resultado de la Hipótesis secundaria 1

¿Se reducirán los tiempos de ciclo en un 40% de ensamblaje en la línea de producción?

Tras aplicar las herramientas de manufactura esbelta, se logró reducir el tiempo de operación de la estación inspección final de 61.6 segundos a 39.3 segundos.

Para determinar si los tiempos de fabricación se redujeron hasta un 40% aplicamos la siguiente formula:

$$Reducción\ (\%) = \frac{(Tiempo\ antes - Tiempo\ después)}{Tiempo\ antes}\ X\ 100$$

Sustituimos:

$$Reducción\ (\%) = \frac{(61.6\ seg - 39.3 seg)}{61.6\ seg}\ X\ 100 = 36.20\%$$

Se obtuvo una reducción de 36.20% en los tiempos de ciclo de la línea de producción.

A pesar de no llegar a reducir evidentemente un 40% el tiempo de fabricación, es importante mencionar que dicho dato del tiempo mejorado fue obtenido a partir del primer mes de implementación. Por lo cual se llevó a cabo un monitoreo para verificar que los operadores se familiaricen con las mejoras.

Como se observa en la figura 30, aunque en un inicio no se logró con el resultado esperado de reducir hasta un 40% los tiempos de ciclo del proceso de la línea de producción durante el primer mes en el que se realizó las mejoras, cabe destacar que en el lapso de 3 meses a partir de la implementación de mejoras, el personal que lleva a cabo dichas operaciones se adaptaron acorde a los nuevos estándares por medio de entrenamiento, experiencia y habilidades lo cual resulto en aspectos positivos reduciendo aun así más el tiempo de las operaciones hasta 35.9 segundos en la operación de inspección final.

Esta disminución impactó directamente en el tiempo de ciclo de toda la línea, confirmando la hipótesis secundaria planteada.

4.2. Resultado de la Hipótesis secundaria 2

¿La estandarización simplificará el flujo del proceso?

Después de implementar documentos de trabajo estandarizado en las operaciones de la línea de ensamble de bases metálicas para asientos automovilísticos, se observó una notable simplificación del flujo del proceso.

Se eliminaron movimientos innecesarios entre estaciones.

Se redujeron las variaciones en la forma de operar entre diferentes trabajadores.

El Value Stream Mapping realizado después de la estandarización mostró una disminución en las actividades que no agregan valor.

El tiempo de espera entre operaciones se redujo al mejorar la coordinación de los pasos.

Los operadores lograron ejecutar las operaciones de manera más uniforme y sincronizada, disminuyendo tiempos muertos.

Por lo tanto, la hipótesis secundaria 2 se confirma, ya que la estandarización contribuyó a simplificar y hacer más eficiente el flujo del proceso en la línea de producción.

4.3. Resultado de la Hipótesis secundaria 3

¿La productividad mejorará una vez reducida la tasa de defectos.?

Se analizara a continuación la siguiente desigualdad.

$$\boldsymbol{Calidad} = \left(\frac{\boldsymbol{Pc}}{(\boldsymbol{Qc} * \boldsymbol{Defectos}) + \boldsymbol{Defectos}}\right) * \mathbf{100}$$

Donde:

$Pc = \ Productos\ conformes$

$Qc = \ Quejas\ de\ clientes$

$D = \ Defectos$

Sustituyendo valores ya vistos en este documento con anterioridad, sustituiremos los valores a continuación. Dado un periodo determinado de 2 meses tomando en consideración datos previos a la realización de las mejoras.

Donde

$Calidad = \boldsymbol{Calidad\ previo\ a\ mejoras}$

$$\boldsymbol{Calidad\ previo\ a\ mejoras} = \frac{\boldsymbol{22,416}}{(\boldsymbol{15} * \boldsymbol{351}) + \boldsymbol{351}} * \boldsymbol{100}$$

$$\boldsymbol{Calidad\ previo\ a\ mejoras} = \boldsymbol{399.14}$$

Por si solo este valor solo nos dice que entre mayor sea el valor, más calidad existe en nuestro proceso. Aunque debemos de tomar en consideración una comparación con los datos después de las mejoras para compararlos.

Por lo que sustituimos una vez más respecto a la formula anterior

Donde

$Calidad\ m = Calidad\ despues\ de\ mejoras$

$$\boldsymbol{Calidad\ m} = \frac{\boldsymbol{35,136}}{(\boldsymbol{7} * \boldsymbol{141}) + \boldsymbol{141}} * \boldsymbol{100} = \boldsymbol{3,114.89}$$

Se obtuvo un valor altamente elevado, lo cual nos indica que es existe buena calidad en el proceso.

Lo siguiente es comparar Si Calidad después de mejora es mayor a la Calidad previo a mejoras con la siguiente desigualdad.

$$Calidad\ m > \boldsymbol{Calidad}$$

Sustituimos los valores por los previos calculados.

$$3{,}114.89 > \boldsymbol{399.14}$$

Observamos que el valor de Calidad m es mayor a Calidad, por lo que la calidad después de las mejoras se incrementó drásticamente tras realizar las mejoras en comparación a la calidad previa a las mejoras.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

En cuanto a la investigación realizada en base a los artículos previos junto al marco teórico, queda claro como hoy en día la filosofía de la manufactura esbelta sigue siendo vigente para el mejoramiento de los recursos en la empresa. No obstante, mediante más avanza la tecnología surgen nuevas áreas de oportunidad en donde implementar dicha metodología.

La evolución de las industrias en cuanto innovación y tecnología es algo inevitable, mientras más se desarrollan nuevas tecnologías de la información. Se necesita estar constantemente actualizando respecto al tema de las industrias, y a lo que conlleva el desarrollo de procesos, que van de la mano con la sistematización autónoma mediante algoritmos informáticos que suplan las operaciones de identificación de material mediante un código de barras hasta la clasificación de defectos mediante una base de datos por mencionar algunos ejemplos de su utilización.

La manufactura esbelta aún sigue siendo un tema actual, ya que, aunque el objetivo de esta es reducir operaciones lo más que se pueda aun existirán áreas en las que se podrá mejorar en un futuro sin embargo talvez en un futuro sea necesario hacer uso de otras herramientas en conjunto para poder llevar a cabo la reducción de actividades que no favorezcan a los requerimientos del cliente respecto a un producto en específico.

Los resultados obtenidos han sido favorables, llevando a una reducción de los tiempos de ciclo en un 35.33%, no obstante dicho resultado no fue el esperado con relación a la hipótesis planteada en un inicio por lo cual se sugirió el monitoreo de los tiempos de las operaciones mejoradas en un lapso de 3 meses, evaluando nuevamente los tiempos, se obtuvo una reducción hasta de 58.27% los tiempos de ciclo de las operaciones más elevadas que generaban cuello de botella.

5.2. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y el análisis realizado durante la implementación de herramientas de manufactura esbelta en la línea de ensamble de asientos automovilísticos, se proponen las siguientes recomendaciones:

Implementar de forma permanente los dispositivos y mejoras ergonómicas diseñadas para la estación de inspección final y pruebas, tales como estantes giratorios y la codificación visual de cables y conectores. Estas acciones demostraron una disminución significativa en los tiempos de operación y deben formar parte del estándar operativo.

Fortalecer el programa de mantenimiento preventivo, especialmente en estaciones críticas como el área de engrasado en tracks. Se comprobó que el mantenimiento semanal en lugar de quincenal reduce defectos relacionados con fallas en esfuerzos.

Monitorear continuamente los indicadores de capacidad de proceso (Cp y Cpk) en estaciones con historial de defectos, como la de ensamble de rivets al spindle track. El control estadístico debe mantenerse activo para garantizar que las mejoras permanezcan efectivas.

Replicar la metodología DMAIC en otras líneas de producción, ya que demostró ser eficaz para detectar causas raíz y aplicar soluciones concretas. La sistematización de este enfoque puede fomentar una cultura de mejora continua en toda la planta.

Actualizar y mantener la documentación técnica de cada operación, incluyendo hojas de trabajo estandarizadas y parámetros de operación óptimos. Esto facilita la capacitación del personal nuevo y reduce la variabilidad entre turnos.

Capacitar al personal operativo en principios de manufactura esbelta, con énfasis en herramientas como 5S, Poka Yoke y análisis de causa raíz. La sensibilización y compromiso del operador son claves para sostener las mejoras a largo plazo.

Desarrollar un sistema de seguimiento visual (andon) que alerte de manera inmediata sobre desviaciones en tiempo de ciclo o defectos en estaciones críticas. Esto permitirá respuestas más rápidas ante problemas.

Evaluar la integración de tecnologías digitales (por ejemplo, sensorización de estaciones o uso de software de balanceo de línea) como paso siguiente hacia una manufactura inteligente, basada en datos en tiempo real.

Fuentes de Información

Ahmed, M. (2020). *Takt Time: A Guide to the Very Basic Lean Calculation* (Personal-Lean.Org 2020 (ed.)). Personal-Lean.Org.

Bottani, E., Montanari, R., Volpi, A., Tebaldi, L., & Maria, G. Di. (2021). Statistical Process Control of assembly lines in a manufacturing plant: Process Capability assessment. *Procedia Computer Science*, *180*(2019), 1024–1033. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.353

Buer, S.-V., Semini, M., Strandhagen, J. O., & Sgarbossa, F. (2021). The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International Journal of Production Research*, *59*(7), 1976–1992. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1790684

Buzón, J. A. (2019). *Lean Manufacturing* (1a ed.). Elearning S.L.

Cabrera, J., Corpus, O., Maradiegue, F., & Merino, J. C. A. (2020). IMPROVING QUALITY BY IMPLEMENTING LEAN MANUFACTURING, SPC, AND HACCP IN THE FOOD INDUSTRY: A CASE STUDY. *South African Journal of Industrial Engineering*, *31*(4), 194–207. https://doi.org/10.7166/31-4-2363

Carrillo, M. S., Alvis, C. G., Mendoza, Y. Y., & Cohen, H. E. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *SIGNOS - Investigación En Sistemas de Gestión*, *11*(1), 71–86. https://doi.org/10.15332/s2145-1389-4934

Domino Printing. (2021). *Manufactura esbelta y la Industria 4.0: Cómo abordar las "Ocho áreas de desperdicio de la manufactura esbelta" en la codificación y el marcaje*. https://www.domino-printing.com/es-mx/blog/2021/manufactura-esbelta-y-la-industria-4

Fuentes, E. Á., Parra, I. C., & Cañon, O. N. (2022). DESARROLLO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN PRINTER COLOMBIANA S.A.S. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, *9*(17), 45–62. https://doi.org/10.21017/rimci.2022.v9.n17.a110

Galindo-Domínguez, H. (2020). *Estadística para no estadísticos: una guía básica sobre la metodología cuantitativa de trabajos académicos* (Vol. 1). Editorial Científica 3Ciencias. https://doi.org/10.17993/EcoOrgyCso.2020.59

Ghaithan, A. M., Alshammakhi, Y., Mohammed, A., & Mazher, K. M. (2023). Integrated Impact of Circular Economy, Industry 4.0, and Lean Manufacturing on Sustainability Performance of Manufacturing Firms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(6), 5119. https://doi.org/10.3390/ijerph20065119

González Correa, F. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales

Herramientas. *Revista Panorama Administrativo*, *1*(2), 85–112.

Helmold, M., Küçük Yılmaz, A., Flouris, T., Winner, T., Cvetkoska, V., & Dathe, T. (2022). *Lean Management, Kaizen, Kata and Keiretsu* (2022 Springer Nature (ed.)). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10104-5

Hussein, M., & Zayed, T. (2021). Critical factors for successful implementation of just-in-time concept in modular integrated construction: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, *284*, 124716. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124716

Jimeno, J. L. (2019). *Declara la guerra al "talento no utilizado" en tu organizacion*. https://netmind.net/es/declara-la-guerra-al-talento-no-utilizado-en-tu-organizacion/

Kenton, W. (2022). *Standard Error (SE) Definition: Standard Deviation in Statistics Explained*. https://www.investopedia.com/terms/s/standard-error.asp#:~:text=The standard error is a,standard error of the mean.

Lopéz, J. F. (2020a). *Desviación estándar o típica*. https://economipedia.com/definiciones/desviacion-tipica.html

Lopéz, J. F. (2020b). *Varianza*. https://economipedia.com/definiciones/varianza.html

Maryani, E., Purwanto, A., Kartika, H., Haris, M., Ihsan, N., Muhammat, K., Fatah, A., & Pramono, R. (2020). Do Gemba Kaizen and 5S Reinforce Medical Equipment Manufacturing Performance ? *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, *7*(7), 365–383.

Mönch, T., Huchzermeier, A., & Bebersdorf, P. (2021). Variable takt times in mixed-model assembly line balancing with random customisation. *International Journal of Production Research*, *59*(15), 4670–4689. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1769874

Mrabti, A., & Nouri, K. (2023). Smart manufacturing production line connectivity – case study in automotive sector. *ITM Web of Conferences*, *52*(01004), 1–10. https://doi.org/10.1051/itmconf/20235201004

Muñoz-arcentales, J. J. (2022). Lean Manufacturing for waste elimination in SMEs : A systematic literature review. *Digital Publisher*, 483–495.

Muñoz, J. A., Zapata, C. A., & Medina, P. D. (2022). Lean Manufacturing: Modelos y herramientas. In *Lean Manufacturing: Modelos y herramientas*. Universidad Tecnológica de Pereira - UTP. https://doi.org/10.22517/9789587226362

Pagliosa, M., Tortorella, G., & Ferreira, J. C. E. (2019). Industry 4.0 and Lean Manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *32*(3), 543–569. https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2018-0446

Pažek, K., Zougar-Amrani, S. I. ;, Kaouther, G. ;, Shyam, S. S., Rahul, K., Venkataramanaiah, S., Saketh, S. V., Ganesh, B. S., Sevilay, D., Kassu, J. S., Selamawit, G., & Yas, M. (2021). *Lean Manufacturing* (K. Pažek (ed.)). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.92922

Production Tools. (2023). *8 desperdicios en el Lean Manufacturing*. https://productiontools.es/lean/desperdicios-en-el-lean-manufacturing/

Rajadell, M. (2021). *Lean Manufacturing: Herramientas para producir mejor* (2a ed.). Ediciones Díaz de Santos.

Ruiz, M. (2021). *Metodología 5S, Qué es y para qué sirve*. https://milagrosruizbarroeta.com/tag/metodologia-5s/#:~:text=La metodología 5S%2C al igual,que impulsan las labores diarias. …

Senthil Kumar, K. M., Akila, K., Arun, K. K., Prabhu, S., & Selvakumar, C. (2022). Implementation of 5S practices in a small scale manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings*, *62*(4), 1913–1916. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.402

Socconini, L. (2019a). *Lean Manufacturing: Paso a paso* (E. V. Cayró (ed.); 1a ed.). MARGE BOOKS. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Lean+Manufacturing:+Paso+a+paso&ots=DIHRwZBmaO&sig=Dv230oLPa5cbYblKzVLtcX8OIhc#v=onepage&q=Lean Manufacturing%3A Paso a paso&f=false

Socconini, L. (2019b). *LEAN MANUFACTURING Paso a Paso* (Marge Books (ed.); 1a ed.). MARGE BOOKS.

Subramaniyan, M., Skoogh, A., Salomonsson, H., Bangalore, P., Gopalakrishnan, M., & Sheikh Muhammad, A. (2018). Data-driven algorithm for throughput bottleneck analysis of production systems. *Production & Manufacturing Research*, *6*(1), 225–246. https://doi.org/10.1080/21693277.2018.1496491

Turovski, M. (2023). *Los 8 desperdicios de la manufactura esbelta*. https://manufacturing-software-blog.mrpeasy.com/es/8-desperdicios-de-la-manufactura-esbelta/#:~:text=En términos lean%2C se conocen,Extra procesamiento%2C Defectos y Habilidades.

Anexos

1.1. Descripción del proyecto

1.2. Objetivos (propios del proyecto, programa o propuesta)

1.3. Población objetivo o beneficiarios

1.4. Localización

1.5. Plan de actividades

1.6. Metodología para el desarrollo de las actividades

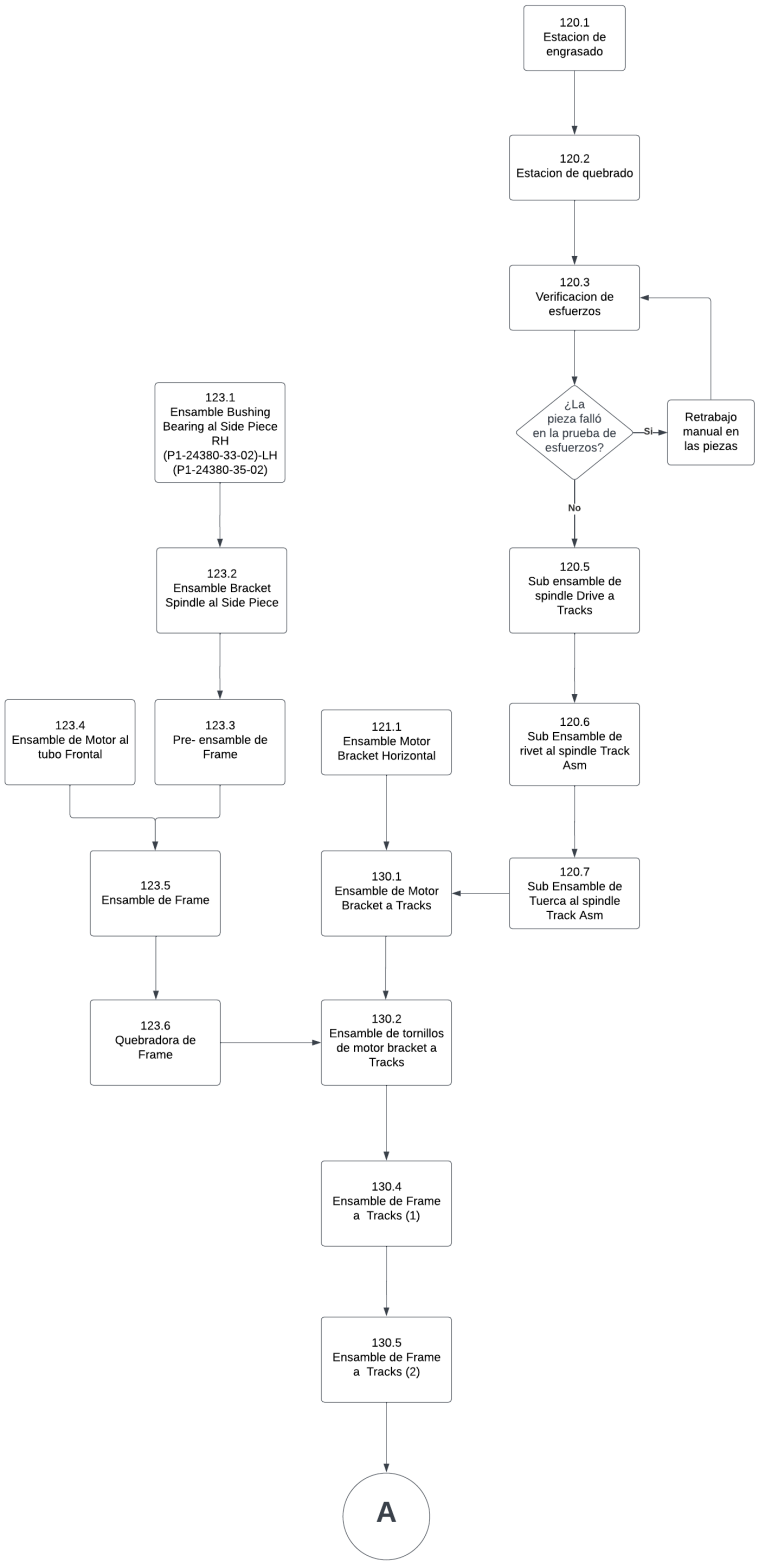


Figura 31 Diagrama de flujo de la línea de producción parte 1.

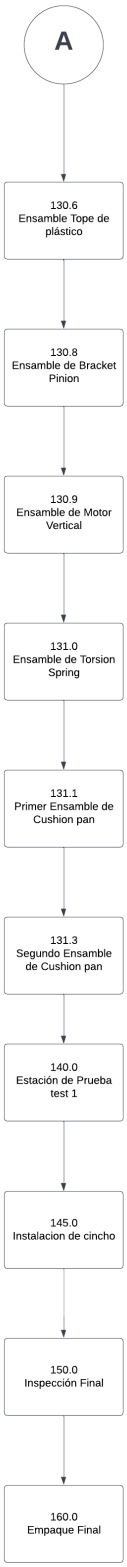


Figura 32 Diagrama de flujo de la línea de producción parte 2

Operaciones / Productos	Modelo	Descripcion		Corte y perforacion cushion pan	Maquinado y perforacion de side piece	Corte de metal para tracks	Pintura en sumersion de tracks	Curado de puntura de tracks en horno	Ensamble de sub ensamble de tracks	Estacion de engrasado	Estacion de quebrado	Verificacion de esfuerzos	Sub ensamble de spindle Drive a Tracks	Sub Ensamble de rivet al spindle Track Asm	Sub Ensamble de Tuerca al spindle Track Asm	Ensamble Motor Bracket Horizontal	Ensamble Bushing Bearing al Side Piece	Ensamble Bracket Spindle al Side Piece	Pre- ensamble de Frame	Ensamble de Motor al tubo Frontal	Ensamble de Frame	Quebradora de Frame	Ensamble de Motor Bracket a Tracks	Ensamble de tornillos de motor bracket a Tracks	Ensamble de Frame a Tracks (1)	Ensamble de Frame a Tracks (2)	Ensamble Tope de plástico	Ensamble de Bracket Pinion	Ensamble de Motor Vertical	Ensamble de Torsion Spring	Primer Ensamble de Cushion pan	Segundo Ensamble de Cushion pan	Estación de Prueba test 1	Instalacion de cinchо	Inspección Final	Empaque	**Total**
				28	26	25	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	PF-24392-44-12	P558 6WAY DRIVER Sin Memoria		28	26	25	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	PF-24511-18-12	P558 6WAY DRIVER Con Memoria		28	26	25	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	PF-32170-92-02	P558 6WAY PASSENGER		28	26	25	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	TR-42495-73-11	T655 REAR SEAT DRIVER		32	26	28	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	TR-42658-22-11	T655 REAR SEAT PASSENGER		32	26	28	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	MF-28357-63-25	M437 MANUAL SEAT DRIVER		26	26	27	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	MF-28103-38-25	M437 MANUAL SEAT PASSENGER		26	26	27	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	SR-14609-88-06	S773 REAR SEAT MANUAL DRIVER		27	26	27	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105
	SR-14799-07-02	S773 REAR SEAT MANUAL PASSENGER		27	26	27	33	36	31	37	38	35	39	X	35	X	X	38	25	X	28	25	X	31	20	17	34	X	40	34	27	36	26	31	36	29	31	55	33	62	36	1105

Tabla 18 Estableciendo familias de productos

Productos / Operaciones	Modelo	Descripcion			
Corte y perforacion cushion pan	PF-24392-44-12	P5586WAY DRIVER Sin Memoria	28		
Maquinado y perforacion de side piece	PF-24511-18-12	P5586WAY DRIVER Con Memoria	26	26	
Corte de metal para tracks	PF-32170-92-02	P5586WAY PASSENGER	25	25	
Pintura en sumersion de tracks			33	33	
Curado de pintura de tracks en horno			36	36	
Ensamble de sub ensamble de tracks			31	31	
Estacion de engrasado			37	37	
Estacion de quebrado			38	38	
Verificacion de esfuerzos			35	35	
Sub ensamble de spindle Drive a Tracks			39	39	
Sub Ensamble de rivet al spindle Track Asm			35	35	
Sub Ensamble de Tuerca al spindle Track Asm			36	36	
Ensamble Motor Bracket Horizontal			38	38	
Ensamble Bushing Bearing al Side Piece			25	25	
Ensamble Bracket Spindle al Side Piece			34	34	
Pre- ensamble de Frame			28	28	
Ensamble de Motor al tubo Frontal			31	31	
Ensamble de Frame			20	20	
Quebradora de Frame			34	34	
Ensamble de Motor Bracket a Tracks			21	21	
Ensamble de tornillos de motor bracket a Tracks			40	40	
Ensamble de Frame a Tracks (1)			34	34	
Ensamble de Frame a Tracks (2)			27	27	
Ensamble Tope de plástico			36	36	
Ensamble de Bracket Pinion			26	26	
Ensamble de Motor Vertical			31	31	
Ensamble de Torsion Spring			36	36	
Primer Ensamble de Cushion pan			29	29	
Segundo Ensamble de Cushion pan			31	31	
Estación de Prueba test 1			55	55	
Instalacion de cincho			33	33	
Inspección Final			62	62	
Empaque			36	36	
Total			1105	1105	

Tabla 19 Selección de familia de producto para el caso de estudio

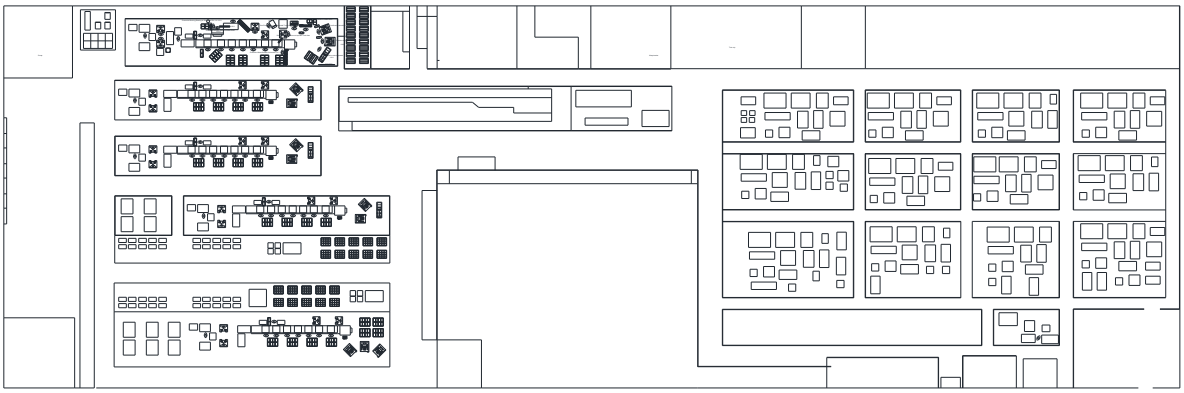


Figura 33 Layout de planta antes de mejoras.

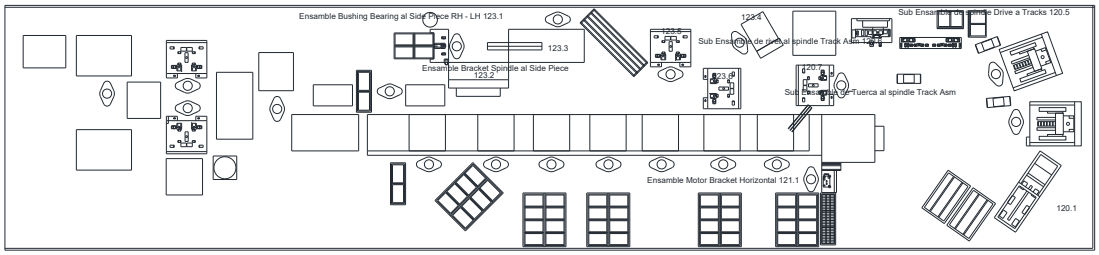


Figura 34 Layout de línea de producción antes de mejoras.

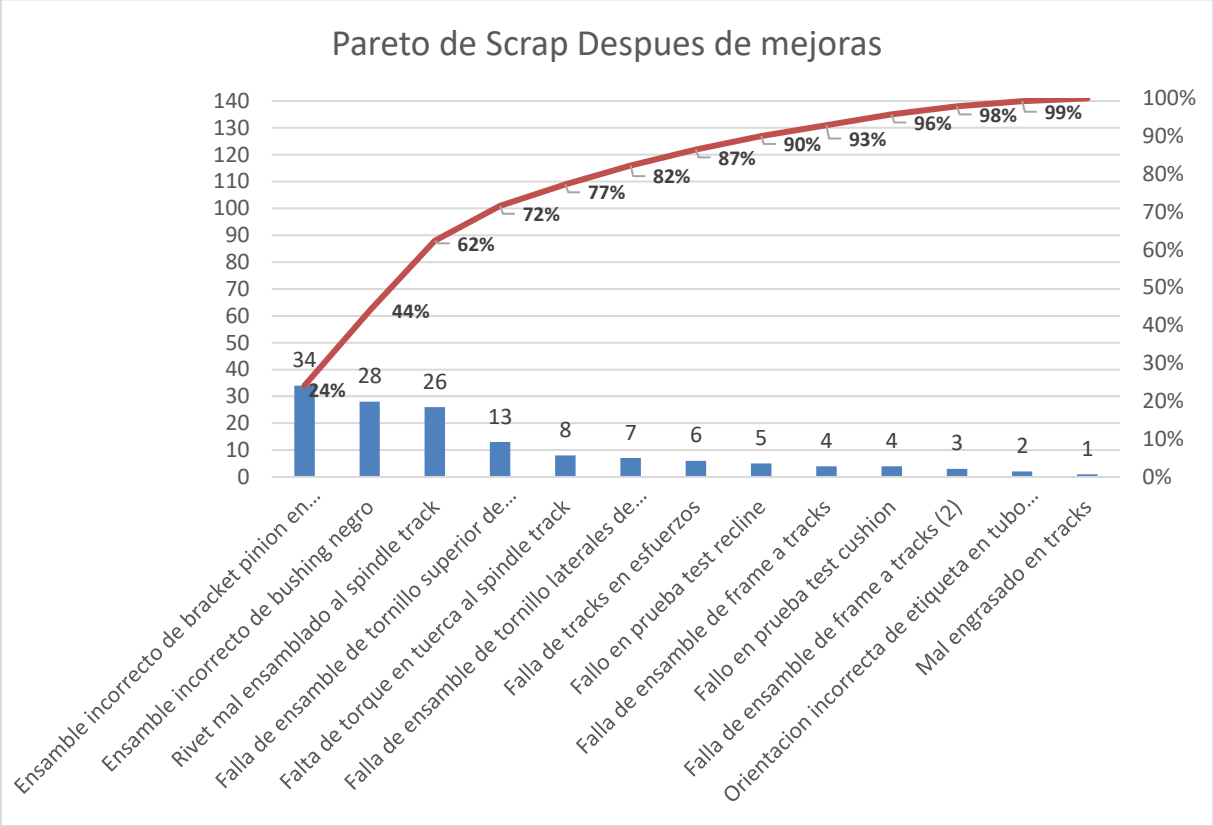


Figura 35 Pareto de defectos en las diferentes operaciones de la línea de producción después de mejoras.

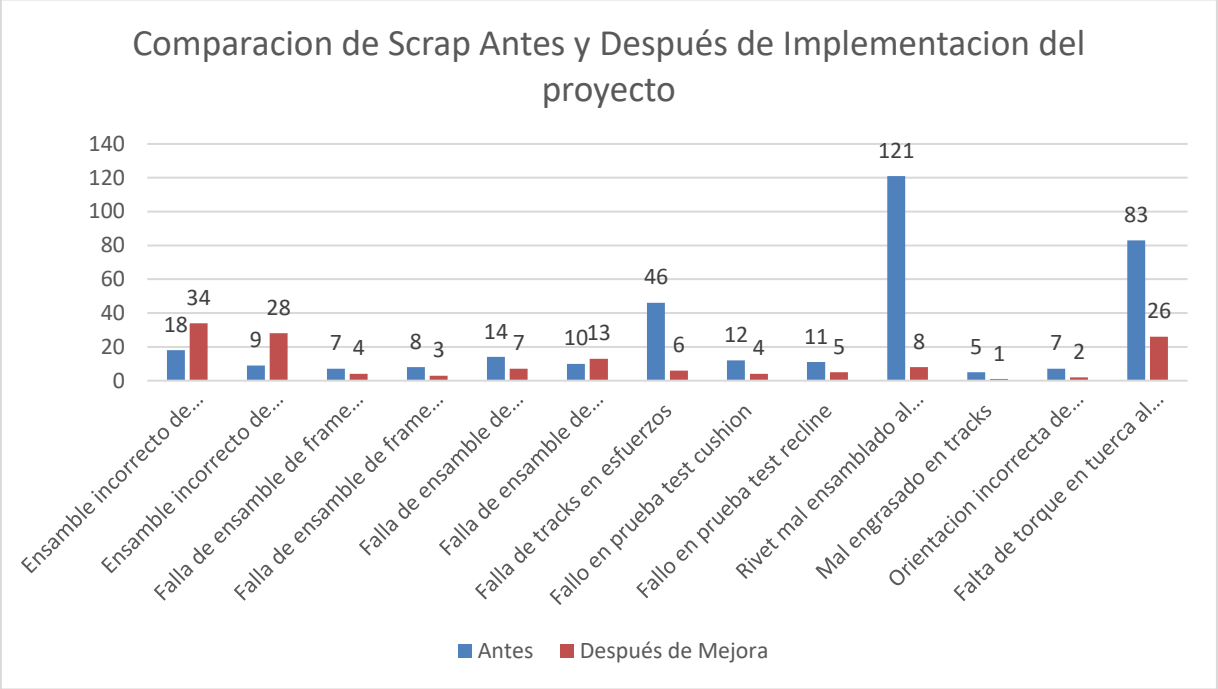


Figura 36 Grafica comparativa de scrap antes y después de mejoras.

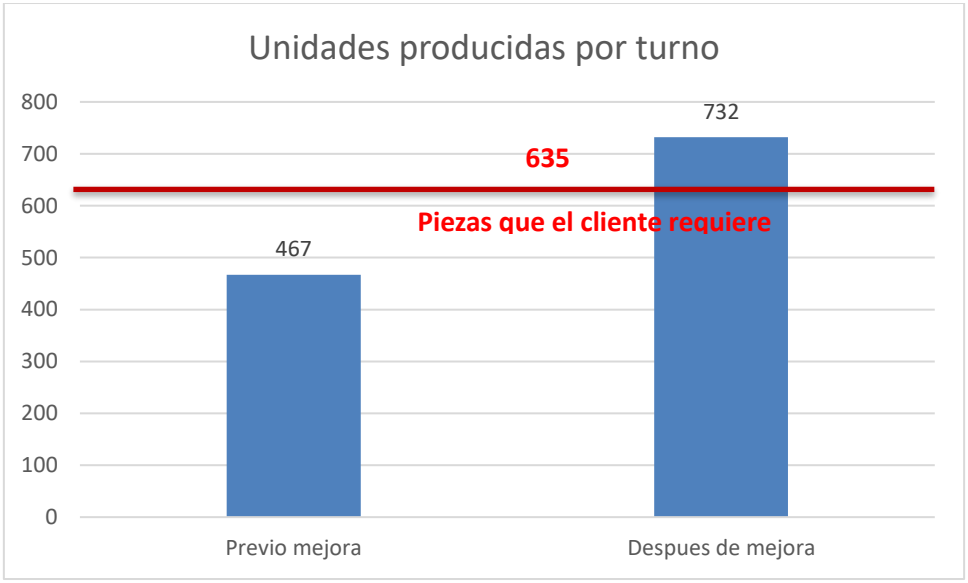


Figura 37 Grafica de unidades producidas por día respecto a requerimiento de unidades que el cliente espera por día.

Día	Fecha	Piezas producidas	Última limpieza de boquillas (fecha)	Días desde última limpieza	Frecuencia mantenimiento (días)	Defectos en Verificación de Esfuerzos	Tipo de defecto	Observaciones
1	abril-2-25	760	abril-2-25	0	15 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
2	abril-3-25	765	abril-2-25	1	15 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
3	abril-4-25	759	abril-2-25	2	15 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
4	abril-5-25	767	abril-2-25	3	15 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
5	abril-7-25	763	abril-2-25	4	15 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
6	abril-8-25	766	abril-2-25	5	15 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
7	abril-9-25	761	abril-2-25	6	15 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
8	abril-10-25	764	abril-2-25	7	15 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
9	abril-11-25	768	abril-2-25	8	15 dias	2	Falla en esfuerzos	N/A
10	abril-12-25	765	abril-2-25	9	15 dias	2	Falla en esfuerzos	N/A
11	abril-14-25	767	abril-2-25	10	15 dias	3	Falla en esfuerzos	N/A
12	abril-15-25	762	abril-2-25	11	15 dias	2	Falla en esfuerzos	N/A
13	abril-16-25	766	abril-2-25	12	15 dias	4	Falla en esfuerzos	N/A
14	abril-17-25	752	abril-2-25	13	15 dias	5	Falla en esfuerzos	N/A
15	abril-18-25	754	abril-2-25	14	15 dias	4	Falla en esfuerzos	N/A
17	abril-19-25	765	abril-21-25	0	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
18	abril-21-25	761	abril-21-25	1	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
19	abril-22-25	762	abril-21-25	2	7 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
20	abril-23-25	764	abril-21-25	3	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
21	abril-24-25	753	abril-21-25	4	7 dias	2	Falla en esfuerzos	N/A
22	abril-25-25	751	abril-21-25	5	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
23	abril-26-25	753	abril-21-25	6	7 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
24	abril-28-25	767	abril-21-25	7	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
25	abril-29-25	761	abril-21-25	0	7 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
26	abril-30-25	760	abril-21-25	1	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
27	mayo-1-25	769	abril-21-25	2	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
28	mayo-2-25	762	abril-21-25	3	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A
29	mayo-3-25	758	abril-21-25	4	7 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
30	mayo-5-25	755	abril-21-25	5	7 dias	2	Falla en esfuerzos	N/A
31	mayo-6-25	768	abril-21-25	6	7 dias	0	Falla en esfuerzos	N/A
32	mayo-7-25	766	abril-21-25	7	7 dias	1	Falla en esfuerzos	N/A

Tabla 20 Análisis cruzado de intervalos de mantenimiento en boquillas de estación engrasado con relación a defectos en estación de verificación de esfuerzos.

Tarea	Descripcion de operación	Tiempos estimados	Tarea precedente	ES	EF	LF	LS	Holgura
Inicio	Inicio	0	-	0	0	0	0	0
A	120.1 Estacion de engrasado	37.5	Inicio	0	37.5	37.5	0	0
B	120.2 Estacion de quebrado	38.5	A	37.5	76.0	76.0	37.5	0
C	120.3 Verificacion de esfuerzos	34.8	B	76.0	110.8	110.8	76.0	0
D	120.5 Sub ensamble de spindle Drive a Tracks	38.8	C	110.8	149.6	149.6	110.8	0
E	120.6 Sub Ensamble de rivet al spindle Track Asm	34.5	D	149.6	184.1	184.1	149.6	0
F	120.7 Sub Ensamble de Tuerca al spindle Track Asm	35.5	E	184.1	219.6	219.6	184.1	0
G	121.1 Ensamble Motor Bracket Horizontal	37.6	Inicio	0	37.6	219.6	182.0	182
H	123.1 Ensamble Bushing Bearing al Side Piece	25.1	Inicio	0	25.1	94.0	68.9	68.9
I	123.2 Ensamble Bracket Spindle al Side Piece	34.2	H	25.1	59.3	128.2	94.0	68.9
J	123.3 Pre- ensamble de Frame	28.0	I	59.3	87.3	156.2	128.2	68.9
K	123.4 Ensamble de Motor al tubo Frontal	30.8	J	87.3	118.1	187.0	156.2	68.9
L	123.5 Ensamble de Frame	20.0	K	118.1	138.1	207.0	187.0	68.9
M	123.6 Quebradora de Frame	33.7	L	138.1	171.8	240.7	207.0	68.9
N	130.1 Ensamble de Motor Bracket a Tracks	21.1	F-G	219.6	240.7	240.7	219.6	0
O	130.2 Ensamble de tornillos de motor bracket a Tracks	40.0	M-N	240.7	280.7	280.7	240.7	0
P	130.4 Ensamble de Frame a Tracks (1)	34.0	O	280.7	314.7	314.7	280.7	0
Q	130.5 Ensamble de Frame a Tracks (2)	27.0	P	314.7	341.7	341.7	314.7	0
R	130.6 Ensamble Tope de plástico	35.9	Q	341.7	377.6	377.6	341.7	0
S	130.8 Ensamble de Bracket Pinion	25.6	R	377.6	403.2	403.2	377.6	0
T	130.9 Ensamble de Motor Vertical	31.5	S	403.2	434.7	434.7	403.2	0
U	131.0 Ensamble de Torsion Spring	35.9	T	434.7	470.6	470.6	434.7	0
V	131.1 Primer Ensamble de Cushion pan	28.6	U	470.6	499.2	499.2	470.6	0
W	131.3 Segundo Ensamble de Cushion pan	31.0	V	499.2	530.2	530.2	499.2	0
X	140.0 Estación de Prueba test 1	55.3	W	530.2	585.5	585.5	530.2	0
Y	145.0 Instalacion de cincho	33.2	X	585.5	618.7	618.7	585.5	0
Z	150.0 Inspección Final	61.6	Y	618.7	680.3	680.3	618.7	0
AA	160.0 Empaque Final	35.6	Z	680.3	715.9	715.9	680.3	0
Fin	Fin	0.0	AA	715.9	715.9	715.9	715.9	0

Tabla 21 Operaciones englobadas para determinar la ruta crítica de la línea de producción.

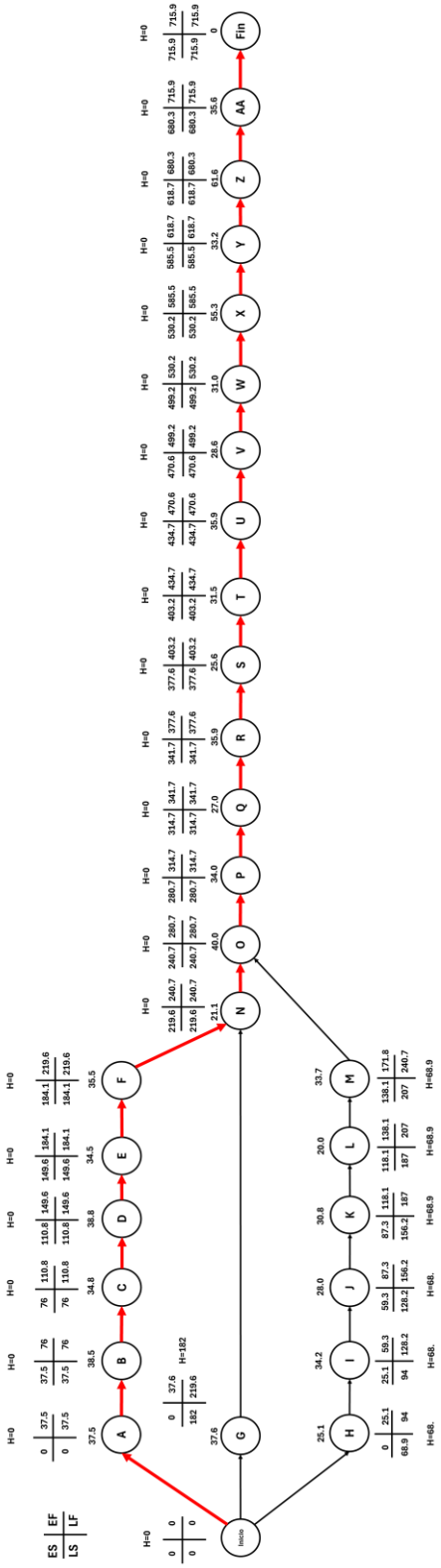


Figura 38 Diagrama PERT donde se muestra la ruta crítica.

Estación 1 120.1 Estación de engrasado – 37.5 s Total: 37.5 s	**Estación 9** 123.2 Ensamble Bracket Spindle al Side Piece – 34.2 s Total: 34.2 s	**Estación 15** 130.2 Ensamble Tornillos Motor Bracket a Tracks – 40.0 s Total: 40.0 s	**Estación 22** 131.1 Primer Ensamble Cushion Pan – 28.6 s 131.3 Segundo Ensamble Cushion Pan – 31.0 s → total = 59.6 s → se excede. Solo 131.1 Total: 28.6 s
Estación 2 120.2 Estación de quebrado – 38.5 s Total: 38.5 s	**Estación 10** 123.3 Pre-ensamble de Frame – 28.0 s 123.4 Ensamble Motor al tubo frontal – 30.8 s → total sería 58.8 → demasiado. Solo dejamos 123.3 Total: 28.0 s	**Estación 16** 130.4 Ensamble Frame a Tracks (1) – 34.0 s Total: 34.0 s	**Estación 23** 131.3 Segundo Ensamble Cushion Pan – 31.0 s Total: 31.0 s
Estación 3 120.3 Verificación de esfuerzos – 34.8 s Total: 34.8 s	**Estación 11** 123.4 Ensamble Motor al tubo frontal – 30.8 s Total: 30.8 s	**Estación 17** 130.5 Ensamble Frame a Tracks (2) – 27.0 s Total: 27.0 s	**Estación 24** 140.0 Estación de Prueba – 38.4 s Total: 38.4 s
Estación 4 120.5 Sub ensamble Spindle Drive a Tracks – 38.8 s Total: 38.8 s	**Estación 12** 123.5 Ensamble de Frame – 20.0 s 123.6 Quebradora de Frame – 33.7 s → total sería 53.7 s → se excede. Solo dejamos 123.5 Total: 20.0 s	**Estación 18** 130.6 Ensamble Tope de plástico – 35.9 s Total: 35.9 s	**Estación 25** 145.0 Instalación de cincho – 33.2 s Total: 33.2 s
Estación 5 120.6 Sub Ensamble Rivet al Spindle Track Asm – 34.5 s Total: 34.5 s	**Estación 13** 123.6 Quebradora de Frame – 33.7 s Total: 33.7 s	**Estación 19** 130.8 Ensamble Bracket Pinion – 25.6 s 130.9 Ensamble Motor Vertical – 31.5 s → total = 57.1 s → se excede. Solo 130.8 Total: 25.6 s	**Estación 26** 150.0 Inspección Final – 39.3 s Total: 39.3 s
Estación 6 120.7 Sub Ensamble Tuerca al Spindle Track Asm – 35.5 s Total: 35.5 s	**Estación 14** 130.1 Ensamble Motor Bracket a Tracks – 21.1 s 130.2 Ensamble Tornillos Motor Bracket a Tracks – 40.0 s → total sería 61.1 → no se puede. Solo dejamos 130.1 Total: 21.1 s	**Estación 20** 130.9 Ensamble Motor Vertical – 31.5 s Total: 31.5 s	**Estación 27** 160.0 Empaque Final – 35.6 s Total: 35.6 s **Total**: 35.6 s
Estación 7 121.1 Ensamble Motor Bracket Horizontal – 37.6 s Total: 37.6 s		**Estación 21** 131.0 Ensamble Torsion Spring – 35.9 s Total: 35.9 s	
Estación 8 123.1 Ensamble Bushing al Side Piece – 25.1 s Total: 25.1 s			

Figura 39 Agrupamiento Manual de Estaciones.

Tarea	Descripcion de operación	Tiempos estimados	Tarea precedente	ES	EF	LF	LS	Holgura
Inicio	Inicio	0	-	0	0	0	0	0.0
A	120.1 Estacion de engrasado y quebrado	36.0	Inicio	0	36.0	36.7	0	0.7
B	120.3 Verificacion de esfuerzos y spindle drive	38.0	A	36.0	74.0	74.7	36.7	0.7
C	120.6 Sub Ensamble de rivet al spindle Track Asm y tuerca spindle track	34.0	B	74.0	108.0	108.7	74.7	0.7
D	121.1 Ensamble Motor Bracket Horizontal	36.4	Inicio	0.0	36.4	108.7	72.3	72.3
E	123.1 Ensamble Bushing Bearing al Side Piece y bracket spindle	39.0	Inicio	0.0	39.0	39.0	0.0	0.0
F	123.3 Pre- ensamble de Frame	28.0	E	39.0	67.0	67.0	39.0	0.0
G	123.4 Ensamble de Motor al tubo Frontal	30.8	F	67	97.8	97.8	67.0	0.0
H	123.5 Ensamble de Frame y Quebradora de Frame	32.0	G	97.8	129.8	129.8	97.8	0.0
I	130.1 Ensamble de Motor Bracket a Tracks	21.1	C-D	108.0	129.1	129.8	108.7	0.7
J	130.2 Ensamble de tornillos de motor bracket a Tracks	36.3	H-I	129.8	166.1	166.1	129.8	0.0
K	130.4 Ensamble de Frame a Tracks (1)	34.0	J	166.1	200.1	200.1	166.1	0.0
L	130.5 Ensamble de Frame a Tracks (2)	27.0	K	200.1	227.1	227.1	200.1	0.0
M	130.6 Ensamble Tope de plástico	35.9	L	227.1	263.0	263.0	227.1	0.0
N	130.9 Ensamble de Motor Vertical y pre colocacion bracket pinion	40.6	M	263.0	303.6	303.6	263.0	0.0
O	131.0 Ensamble de Torsion Spring	35.9	N	303.6	339.5	339.5	303.6	0.0
P	131.1 Primer Ensamble de Cushion pan y atornillado de bracket pinion	38.4	O	339.5	377.9	377.9	339.5	0.0
Q	131.3 Segundo Ensamble de Cushion pan	31.0	P	377.9	408.9	408.9	377.9	0.0
R	140.0 Estación de Prueba test 1	38.4	Q	408.9	447.3	447.3	408.9	0.0
S	145.0 Instalacion de cincho	33.2	R	447.3	480.5	480.5	447.3	0.0
T	150.0 Inspección Final	39.3	S	480.5	519.8	519.8	480.5	0.0
U	160.0 Empaque Final	35.6	T	519.8	555.4	555.4	519.8	0.0
Fin	Fin	0.0	U	555.4	555.4	555.4	555.4	0.0

Tabla 22 Operaciones englobadas para determinar la ruta crítica de la línea de producción después de balanceo de línea.

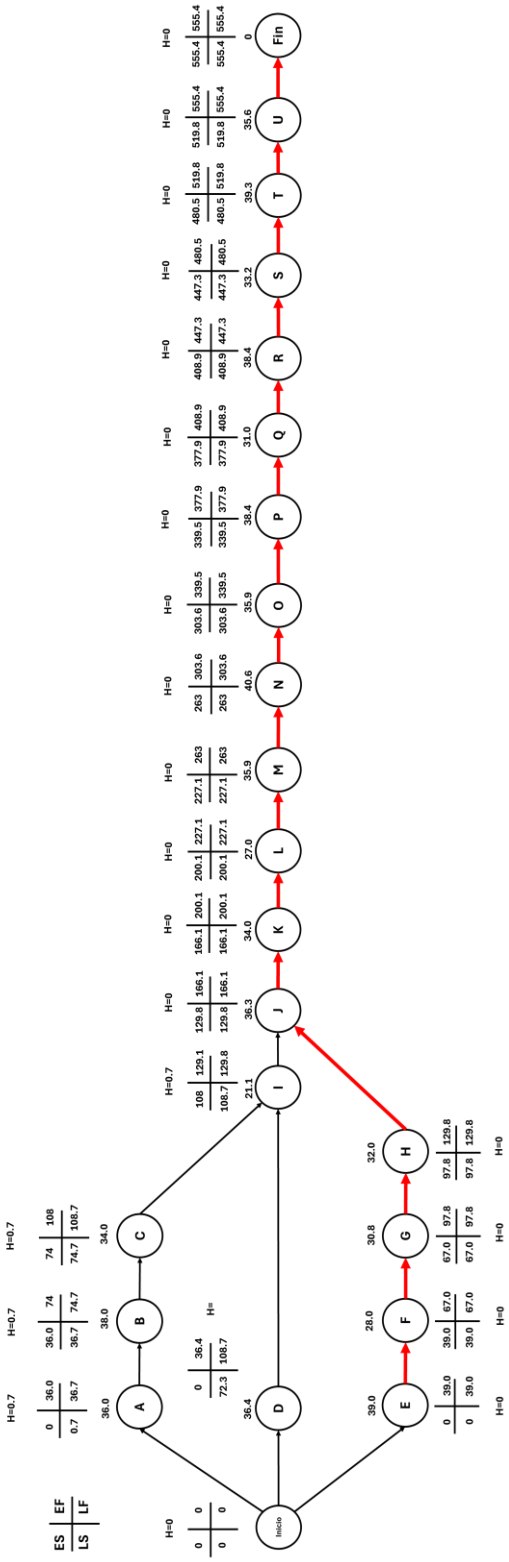


Figura 40 Diagrama PERT donde se muestra la ruta crítica después de balanceo de línea.

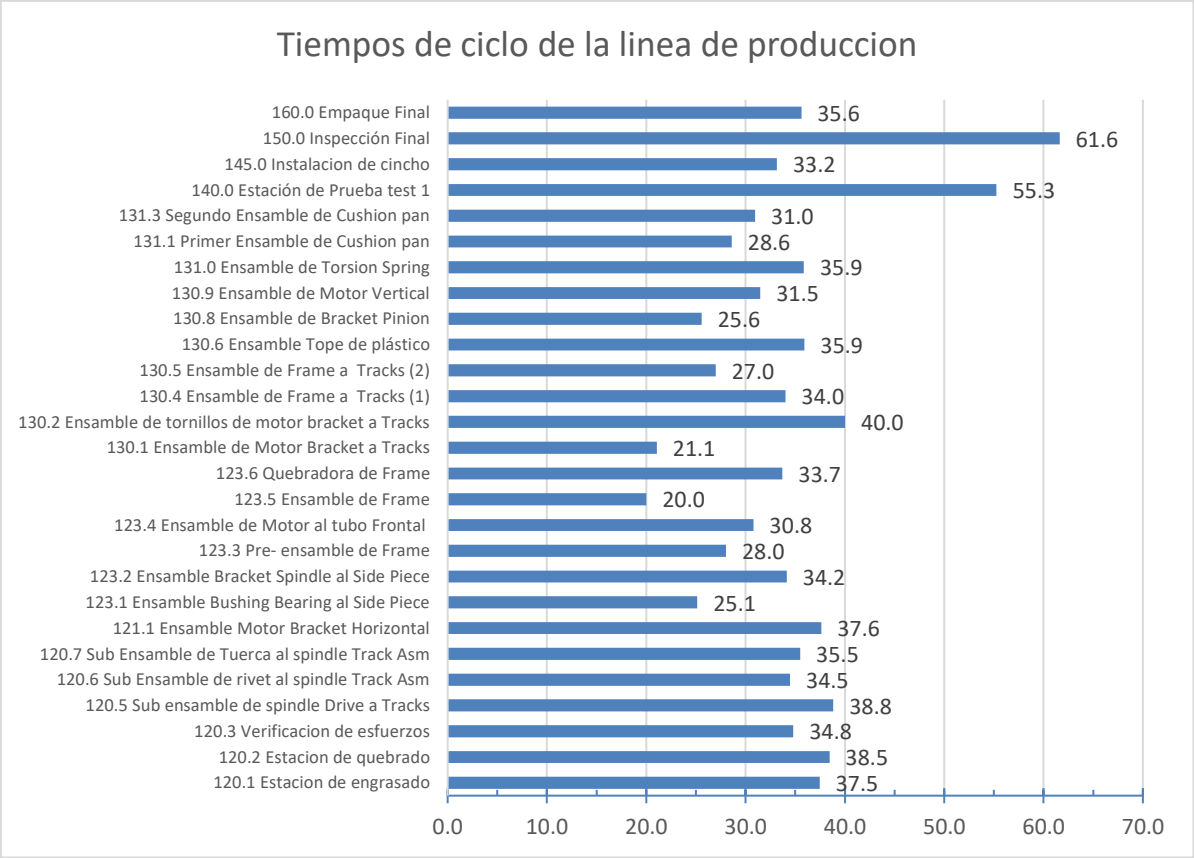


Figura 41 Tiempos de ciclo de las operaciones de la línea de producción previo a mejoras.

Proceso	Inspección Final	HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS																		
									Fecha de análisis			Enero-17-2025			Número del proceso			150.0		
									Hora de análisis			09:35 a. m.			Observador			Eduardo De La Garza Suárez		
Núm.	**Elemento de trabajo**	**Punto de medición**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**Tiempo repetido más bajo**		
1	Posicionar asiento en estacion inspeccion	inicia cuando el operador toma el asiento	7.4	8.3	7.6	7.3	7.3	8.1	8.3	7.5	7.6	8.4	7.9	8.5	8.0	7.4	8.4	7.3		
2	Inspeccion de 4 tornillos cushion pan	Finaliza al verificar visual y táctilmente el 4.º tornillo del cushion pan	2.2	3.2	2.4	2.1	2.2	3.0	3.2	2.4	2.5	3.2	2.8	3.4	2.9	2.3	3.3	3.2		
3	Inspeccion 5 tornillos side piece con cushion pan	Finaliza al comprobar el 5.º tornillo en unión side piece con cushion pan	2.8	3.7	3.0	2.7	2.7	3.5	3.7	2.9	3.0	3.8	3.3	3.9	3.4	2.8	3.9	2.7		
4	Inspeccion 5 tornillos y engrasado correcto de dientes de engrane	Finaliza al completar inspección visual y verificar grasa en el último diente	3.5	4.4	3.6	3.3	3.4	4.2	4.4	3.6	3.7	4.4	4.0	4.6	4.1	3.5	4.5	4.4		
5	Inspeccion 7 tornillos en cushion pan y side piece	Finaliza tras confirmar la presencia/torque del 7.º tornillo	4.5	5.4	4.7	4.4	4.4	5.2	5.4	4.6	4.7	5.5	5.0	5.6	5.1	4.5	5.6	4.4		
6	Inspeccion 3 tornillos del spacer y bracket del track	Finaliza al confirmar el 3.º tornillo correctamente instalado	3.2	4.1	3.4	3.1	3.2	3.9	4.1	3.4	3.5	4.2	3.7	4.4	3.9	3.3	4.3	3.2		
7	Inspeccionar tornillo correcto del bracket del track	Finaliza cuando se valida visualmente el tipo y posición del tornillo en bracket	2.4	3.4	2.6	2.3	2.4	3.2	3.4	2.6	2.7	3.4	3.0	3.6	3.1	2.5	3.5	3.4		
8	Inspeccionar el ensamble correcto de tornillo en bracket del track opuesto	Finaliza al verificar el tornillo correspondiente en el lado opuesto del bracket	2.5	3.5	2.7	2.4	2.5	3.2	3.4	2.7	2.8	3.5	3.0	3.7	3.2	2.6	3.6	2.5		
9	Inspeccionar presencia de bracket spindle y tornillo de motor bracket	Finaliza tras confirmar visualmente ambas piezas instaladas	3.6	4.5	3.7	3.4	3.5	4.3	4.5	3.7	3.8	4.5	4.1	4.7	4.2	3.6	4.6	4.5		
10	Inspeccionar ensamble de clips	Finaliza al verificar todos los clips correctamente ensamblados	2.1	3.0	2.3	2.0	2.1	2.8	3.0	2.3	2.4	3.1	2.6	3.3	2.8	2.2	3.2	2.1		
11	Asegurarse que el asiento se encuentre en shipping position con gage	Finaliza cuando el gage encaja correctamente en posición final	2.1	3.0	2.3	2.0	2.0	2.8	3.0	2.2	2.3	3.1	2.6	3.2	2.7	2.1	3.2	2.0		
12	Verificacion de presencia de shafts en motor bracket	Finaliza tras confirmar presencia física de ambos shafts en el motor bracket	1.8	2.7	2.0	1.7	1.7	2.5	2.7	1.9	2.0	2.8	2.3	2.9	2.4	1.8	2.9	1.7		
13	Verificacion del correcto ensamblaje de shafts driver/passenger	Finaliza al asegurar que ambos shafts estén correctamente alineados y conectados	2.4	3.3	2.5	2.2	2.3	3.1	3.3	2.5	2.6	3.3	2.9	3.5	3.0	2.4	3.4	3.3		
14	Verificacion del correcto motor ensamblado	Finaliza tras verificar el modelo correcto del motor y su instalación segura	2.2	3.1	2.4	2.1	2.1	2.9	3.1	2.3	2.4	3.2	2.7	3.3	2.8	2.2	3.2	2.1		
15	Verificar el torsion spring y bushing	Finaliza tras revisar que ambos elementos estén en su lugar y sin desplazamientos	1.6	2.6	1.8	1.5	1.6	2.4	2.6	1.8	1.9	2.6	2.2	2.8	2.3	1.7	2.7	2.6		
16	Verificar presencia de grasa en tornillos de frame y track	Finaliza tras comprobar visualmente que haya grasa en todos los tornillos requeridos	1.8	2.7	2.0	1.7	1.7	2.5	2.7	1.9	2.0	2.8	2.3	2.9	2.4	1.8	2.9	1.7		
17	Posicionar ensamble a siguiente estacion	Finaliza cuando el operador suelta el asiento en la siguiente estación o transportador	7.7	8.6	7.9	7.6	7.6	8.4	8.6	7.8	7.9	8.7	8.2	8.8	8.3	7.7	8.7	7.6		

Tabla 23 Hoja de medición de tiempos inspección final previo a mejoras.

Proceso	Inspección Final	HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS							Fecha de análisis			Abril-29-2025			Número del proceso			150.0
									Hora de análisis			10:21 a. m.			Observador			Eduardo De La Garza Suárez
Núm.	**Elemento de trabajo**	**Punto de medición**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**Tiempo repetido más bajo**
1	Colocar asiento en estante giratorio	Inicia cuando el operador toma el asiento desde la mesa anterior y finaliza cuando queda	5.90	5.90	5.01	5.90	5.90	5.90	5.90	5.62	6.23	5.90	4.86	5.90	6.02	5.90	5.90	5.9
2	Inspeccion tornillos cushion pan	Finaliza al verificar el último tornillo del cushion pan girando el asiento al ángulo óptimo	2.20	2.20	1.85	1.85	1.97	1.97	2.56	2.56	2.56	2.56	2.23	2.23	2.04	1.55	1.55	2.6
3	Inspeccion tornillos side piece con cushion pan	Finaliza tras inspeccionar el último tornillo que une side piece con cushion pan	2.60	2.95	2.96	2.81	2.65	2.16	2.60	2.11	3.03	2.18	2.41	2.94	3.26	2.34	2.58	2.6
4	Inspeccion tornillos y engrasado correcto de dientes de engrane	Finaliza después de inspeccionar visualmente y verificar la presencia de grasa en el	3.50	3.73	3.82	4.47	2.05	3.54	3.18	4.65	3.50	3.52	3.80	3.50	3.50	2.52	2.60	3.5
5	Inspeccion tornillos side piece	Finaliza tras revisar el último tornillo del side piece (lado no combinado con cushion	2.10	2.12	2.00	1.72	2.10	2.10	1.87	2.14	2.10	2.28	2.10	2.49	2.10	1.84	1.99	2.1
6	Inspeccion tornillos del spacer y bracket del track	Finaliza al validar la presencia y torque de los tornillos del spacer y el bracket del track.	2.70	2.70	2.56	2.70	2.86	2.46	2.70	2.70	1.80	2.70	2.70	2.42	2.70	3.68	2.70	2.7
7	Inspeccionar tornillo correcto del bracket del track	Finaliza tras identificar correctamente el tipo y posición del tornillo en el primer bracket.	2.10	1.64	2.14	2.27	2.10	2.10	2.10	2.43	2.10	2.27	2.11	2.10	2.70	2.19	2.10	2.1
8	Inspeccionar el ensamble correcto de tornillo en bracket del track opuesto	Finaliza al verificar la correcta instalación del tornillo en el bracket del lado opuesto.	2.40	3.35	2.40	1.90	2.62	3.26	2.22	2.75	2.12	2.21	1.85	1.95	2.40	2.79	2.40	2.4
9	Inspeccionar presencia de bracket spindle y tornillo de motor bracket	Finaliza tras confirmar visualmente ambos componentes ensamblados en su	1.90	1.57	2.03	1.90	1.90	1.90	2.96	1.13	0.91	2.24	2.87	1.90	2.21	1.90	1.73	1.9
10	Inspeccionar ensamble de clips	Finaliza después de verificar que todos los clips estén ensamblados correctamente y en sus	2.30	2.54	2.94	2.16	2.32	2.69	3.52	2.48	2.35	2.74	2.30	2.30	2.60	2.81	1.91	2.3
11	Asegurarse que el asiento se encuentre en shipping position con gage	Finaliza cuando el gage encaja correctamente indicando posición de envío.	2.30	1.38	2.00	2.01	2.30	2.56	2.42	2.74	2.30	2.30	3.47	1.48	2.76	1.99	2.72	2.3
12	Verificacion de presencia de shafts en motor bracket	Finaliza después de confirmar la presencia física de los shafts dentro del motor bracket.	2.10	1.54	2.10	1.35	2.10	2.10	2.59	2.10	2.10	2.52	1.56	1.75	2.10	2.10	2.10	2.1
13	Verificacion del correcto ensamblaje de shafts driver/passenger	Finaliza tras comprobar visual y mecánicamente que ambos shafts estén ensamblados	2.60	2.60	2.60	1.62	2.60	2.60	2.78	2.30	2.60	2.33	2.59	3.76	2.82	2.27	2.60	2.6
14	Posicionar ensamble a siguiente estacion	Finaliza cuando el operador coloca el asiento en la mesa o rack de salida, listo para la	4.20	4.20	4.35	3.80	4.15	4.20	4.70	4.81	4.20	4.68	4.20	4.02	4.27	4.09	4.20	4.2

Tabla 24 Hoja de medición de tiempos inspección final después de mejoras.

Fecha: Abril-29-2025

Gerente	Héctor Pedraza Romero		CAPACIDAD DE OPERACIÓN	Número de parte	P1-24392-44-12	Tipo de producto	Ensamble de asiento	Sección	
Asistente				Nombre	P558 6WAY DRIVER	Partes/ Producto		18.2	
								Tiempo disponible	28,800seg

Secuencia	Nombre de proceso	Número de máquina	Manual		Automático		Total		Cambios de herramental		Capacidad de manufactura	Observaciones
			Min.	Seg.	Min.	Seg.	Min.	Seg.	Intervalo de cambios	Tiempo de cambios		
1	120.1 Estacion de engrasado	1	0	15.3	0	21.6	0	36.9	0	0	36.9	Operación automatica; sin cambio de modelo
2	120.2 Estacion de quebrado	1	0	10.6	0	26.7	0	37.3	0	0	37.3	Proceso repetitivo; sin ajuste entre lotes
3	120.3 Verificacion de esfuerzos	1	0	9.2	0	25.6	0	34.8	0	0	34.8	Estación de validación; no aplica cambio de modelo
4	120.5 Sub ensamble de spindle Drive a Tracks	0	0	38.8	0	0.0	0	38.8	0	0	38.8	Manual; sin cambio de configuración
5	120.6 Sub Ensamble de rivet al spindle Track Asm	1	0	20.0	0	14.5	0	34.5	0	0	34.5	No aplica cambio de modelo
6	120.7 Sub Ensamble de Tuerca al spindle Track Asm	0	0	35.5	0	0.0	0	35.5	0	0	35.5	No aplica cambio de modelo
7	121.1 Ensamble Motor Bracket Horizontal	0	0	36.4	0	0.0	0	36.4	90	120	37.7	Requiere ajuste de herramienta o fixture según versión de bracket
8	123.1 Ensamble Bushing Bearing al Side Piece	0	0	25.1	0	0.0	0	25.1	0	0	25.1	Operación repetitiva con baja variación
9	123.2 Ensamble Bracket Spindle al Side Piece	0	0	34.2	0	0.0	0	34.2	0	0	34.2	No aplica cambio de modelo
10	123.3 Pre- ensamble de Frame	1	0	21.6	0	6.4	0	28.0	0	0	28.0	No aplica cambio de modelo
11	123.4 Ensamble de Motor al tubo Frontal	0	0	30.8	0	0.0	0	30.8	0	0	30.8	No aplica cambio de modelo
12	123.5 Ensamble de Frame	0	0	20.0	0	0.0	0	20.0	0	0	20.0	No aplica cambio de modelo
13	123.6 Quebradora de Frame	1	0	12.3	0	21.4	0	33.7	0	0	33.7	No aplica cambio de modelo
14	130.1 Ensamble de Motor Bracket a Tracks	0	0	21.1	0	0.0	0	21.1	0	0	21.1	Tarea crítica con carga ergonómica elevada
15	130.2 Ensamble de tornillos de motor bracket a Tracks	0	0	36.3	0	0.0	0	36.3	0	0	36.3	No aplica cambio de modelo
16	130.4 Ensamble de Frame a Tracks (1)	0	0	34.0	0	0.0	0	34.0	0	0	34.0	No aplica cambio de modelo
17	130.5 Ensamble de Frame a Tracks (2)	0	0	27.0	0	0.0	0	27.0	0	0	27.0	Manual, requiere torqueador eléctrico
18	130.6 Ensamble Tope de plástico	0	0	35.9	0	0.0	0	35.9	0	0	35.9	No aplica cambio de modelo
19	130.8 Ensamble de Bracket Pinion	0	0	25.6	0	0.0	0	25.6	0	0	25.6	No aplica cambio de modelo
20	130.9 Ensamble de Motor Vertical	0	0	31.5	0	0.0	0	31.5	0	0	31.5	No aplica cambio de modelo
21	131.0 Ensamble de Torsion Spring	0	0	35.9	0	0.0	0	35.9	0	0	35.9	No aplica cambio de modelo
22	131.1 Primer Ensamble de Cushion pan	0	0	28.6	0	0.0	0	28.6	0	0	28.6	No aplica cambio de modelo
23	131.3 Segundo Ensamble de Cushion pan	0	0	31.0	0	0.0	0	31.0	0	0	31.0	No aplica cambio de modelo
24	140.0 Estación de Prueba test 1	1	0	12.9	0	25.5	0	38.4	0	0	38.4	No aplica cambio de modelo
25	145.0 Instalacion de cincho	0	0	33.2	0	0.0	0	33.2	0	0	33.2	Herramental fijo, operador único
15	150.0 Inspección Final	0	0	39.3	0	0.0	0	39.3	0	0	39.3	No aplica cambio de modelo

Tabla 25 Hoja de capacidad de operación de la línea de producción.

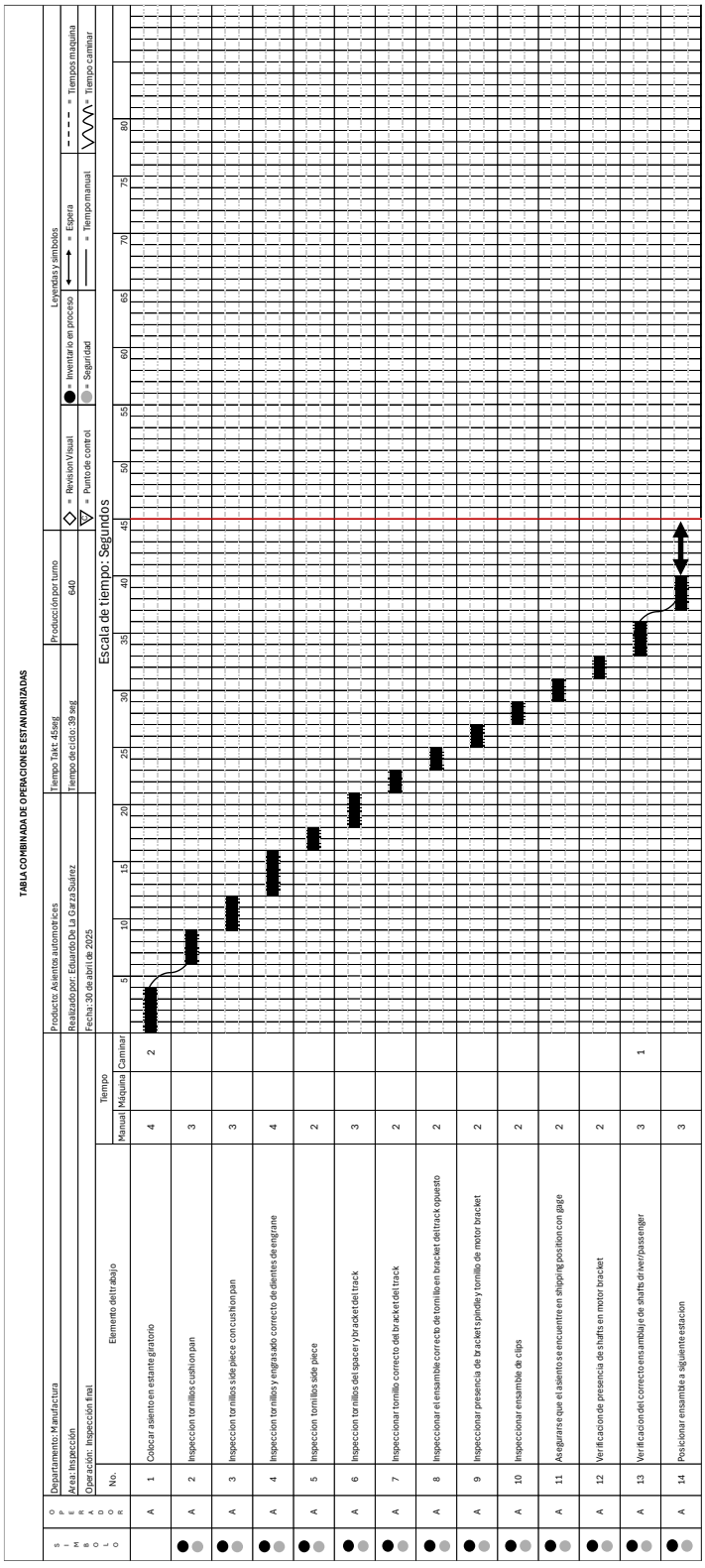


Tabla 26 Tabla combinada de operaciones estandarizada de la estación inspección final.

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA

Hoja N°_____ De:__ Diagrama N°:__ **Proceso: Engrasado y quebrado de tracks**

Fecha: 04/14/2025	**Elaborado por: Eduardo De La Garza Suárez**	**Maquina 1: Maquina de engrasado**
El estudio Inicia: Estación engrasado	**Operario: Alberto Rodriguez**	**Maquina 2: Maquina Quebradora**

	Operario			Maquina 1		Maquina 2	
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad
1						
2						
3	5	Carga Maquina 1	5	Inactividad		
4						
5					14	
6						
7						
8	4	Carga Maquina 2				
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16			20	Operación Maquina 1		
17						
18	15	Inactividad				
19						
20						
21					21	Operación Maquina 2
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28	5	Descarga Maquina 1				
29						
30						
31	1	Inactividad	11	Inactividad		
32						
33						
34	5	Descarga Maquina 2			5	Inactividad
35						
36						

Figura 42 Diagrama hombre-máquina de operaciones maquina engrasado y maquina quebradora.

Resumen y Análisis de la información				
Tipo	**Tiempo del Ciclo Seg.**	**Tiempo de Acción Seg.**	**Tiempo de Inactividad Seg.**	**% de Utilización**
Operario	36.00	**19.00**	**17.00**	**52.8%**
Maquina 1	36.00	**20.00**	**16.00**	**55.6%**
Maquina 2	36.00	21.00	**15.00**	**58.3%**

Tabla 27 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones maquina engrasado y maquina quebradora.

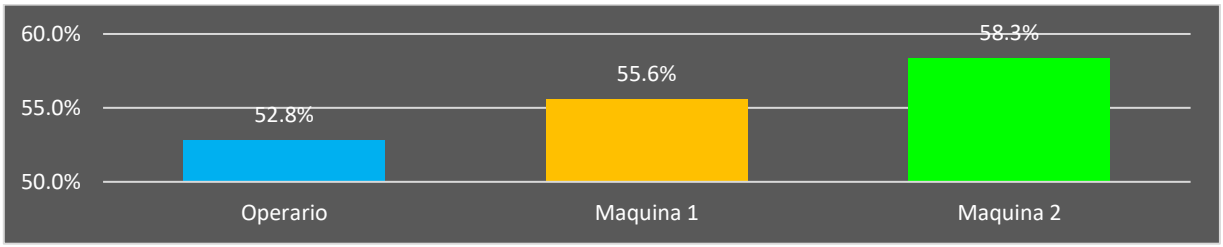


Figura 43 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y maquina 2 de operaciones maquina engrasado y maquina quebradora.

Proceso	Estacion de engrasado y quebrado tracks	**HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS**							**Fecha de análisis**			Abril-7-2025			**Número del proceso**			120.1
									Hora de análisis			10:21 a. m.			**Observador**			Eduardo De La Garza Suárez
Núm.	**Elemento de trabajo**	**Punto de medición**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**Tiempo repetido más bajo**
1	Carga Maquina de engrasado	toma de tiempo cuando se tome los tracks	5.3	5.4	5	5.3	5.1	4.9	5.1	4.7	5	4.8	5.2	5.2	4.8	4.8	5.2	4.8
2	Carga Maquina quebradora	Ttoma de tiempo cuanto se tome los tracks de la maquina	5	5.2	4.6	5.4	4.3	5.6	5.1	4.8	5.3	5.2	5.2	5.1	5.5	5.3	4.9	5.2
3	Descarga Maquina de engrasado	Cuando se dejen los tracks en el estante	4.8	5.3	5.1	5.6	5.2	5.3	5.1	5.1	4.9	4.4	4.9	4.7	5.4	6.0	4.9	4.9
4	Descarga Maquina quebradora	Cuando se dejen los tracks en el estante	4.6	5.0	4.9	5.1	4.6	4.7	5.4	5.2	4.7	4.6	5.0	4.8	4.5	5.2	4.6	4.6

Tabla 28 Hoja de medición de tiempos estación de engrasado y quebrado de tracks

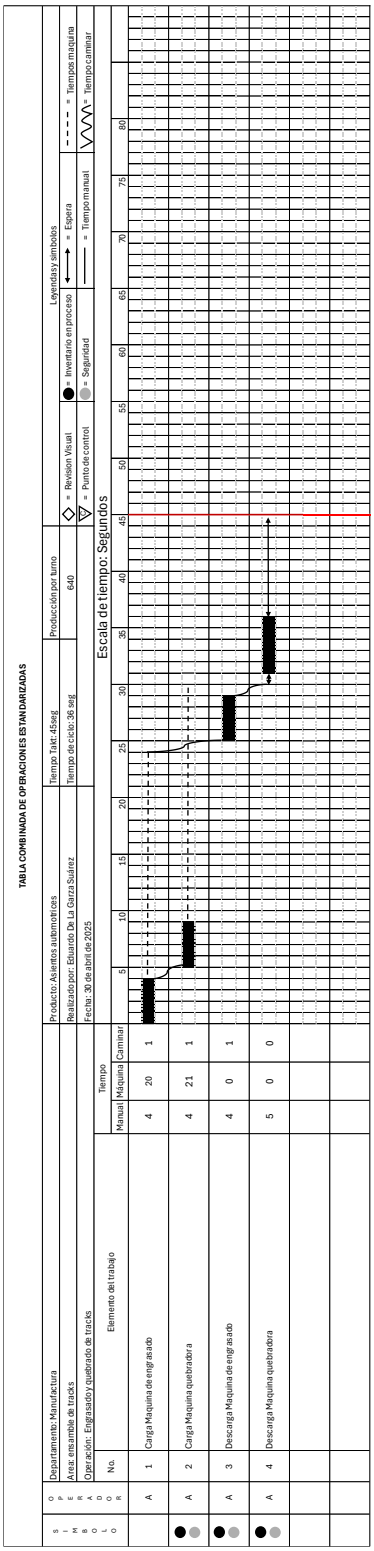


Tabla 29 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de engrasado y quebrado de tracks

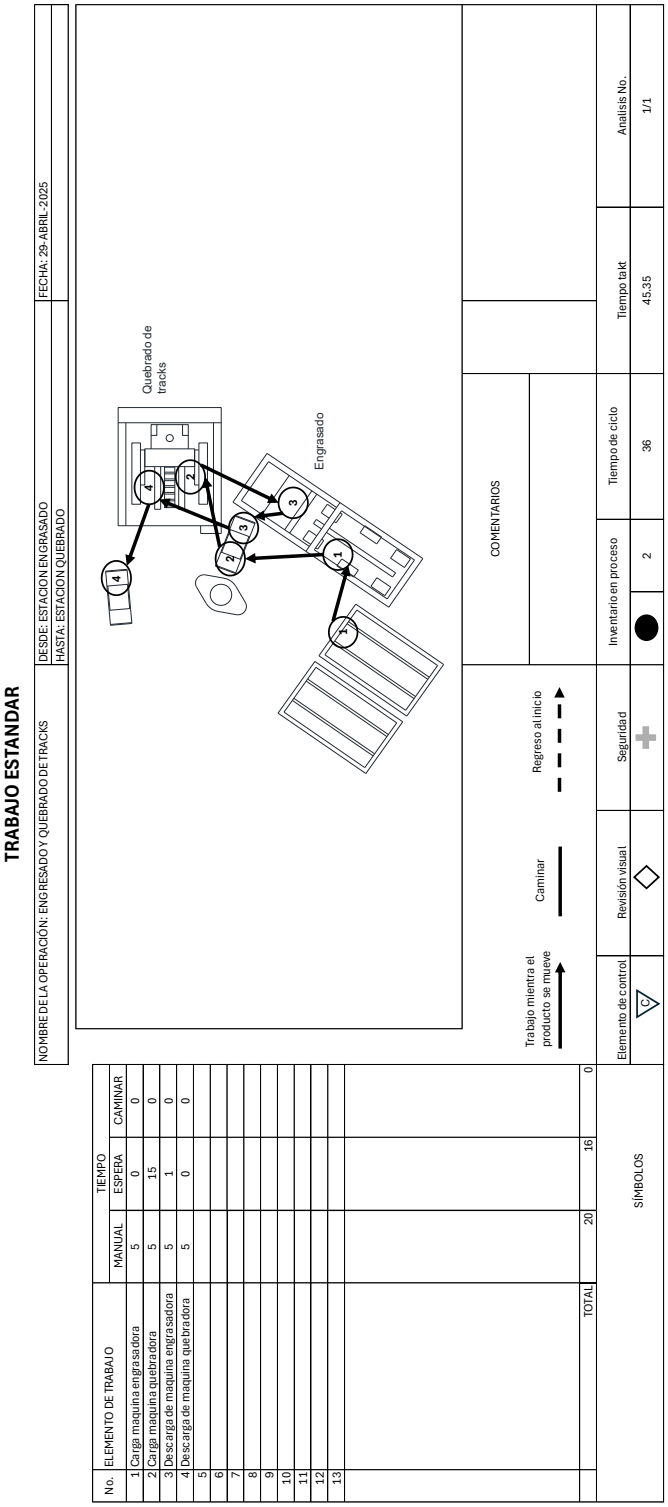


Figura 44 Trabajo estándar de estación combinada de engrasado y quebrado de tracks.

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA

Hoja N°_____ De:__ Diagrama N°:__ **Proceso: Verificación de esfuerzo y sub ensamble de spindle drive**

Fecha: 04/14/2025 **El estudio Inicia: Verificación de esfuerzos**	**Elaborado por: Eduardo De La Garza Suárez** **Operario: Arturo Lopez**	**Maquina 1: Verificacion de esfuerzos** **Actividad manual: Sub Ensamble de spindle Drive**

	Operario		**Maquina 1**		**Actividad manual**	
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad
1	5	Carga Maquina 1	5	Inactividad	5	Inactividad
2						
3						
4						
5						
6	4	Posicionamiento de spindle drive en fixture	26	Operación Maquina 1	4	Posicionamiento de spindle drive en fixture
7						
8						
9						
10	6	Ensamble de spindle drive en track			11	Ensamble de spindle drive en track
11						
12						
13						
14						
15						
16	4	Posicionamiento de track en estante de espera sig operación			4	Posicionamiento de track en estante de espera Maquina 1
17						
18						
19						
20	4	Posicionamiento de spindle drive en fixture			4	Posicionamiento de spindle drive en fixture
21						
22						
23						
24	6	Ensamble de spindle drive en track			6	Ensamble de spindle drive en track
25						
26						
27						
28						
29						
30	4	Posicionamiento de track en estante de espera sig operación	7	Inactividad	4	Posicionamiento de track en estante de espera sig operación
31						
32						
33						
34	5	Descarga Maquina 1			5	Inactividad
35						
36						
37						
38						

Figura 45 Diagrama hombre-máquina de operaciones verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive.

Resumen y Análisis de la información				
Tipo	**Tiempo del Ciclo Seg.**	**Tiempo de Acción Seg.**	**Tiempo de Inactividad Seg.**	**% de Utilización**
Operario	38.00	**38.00**	**0.00**	**100.0%**
Maquina 1	38.00	**26.00**	**12.00**	**68.4%**
Manual	38.00	33.00	**5.00**	**86.8%**

Tabla 30 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive.

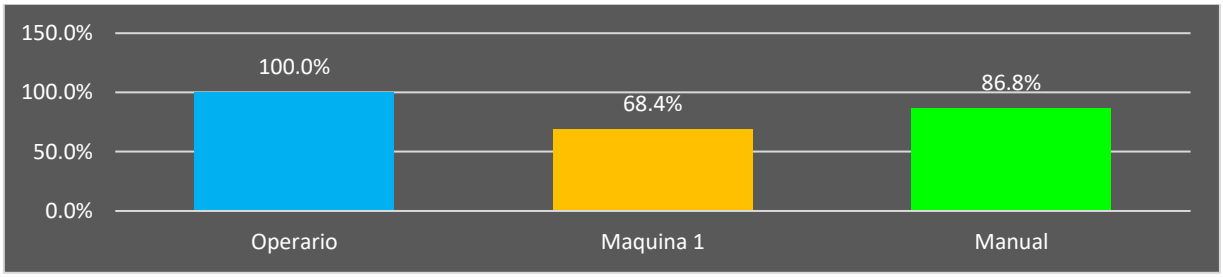


Figura 46 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y manual de operaciones verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive.

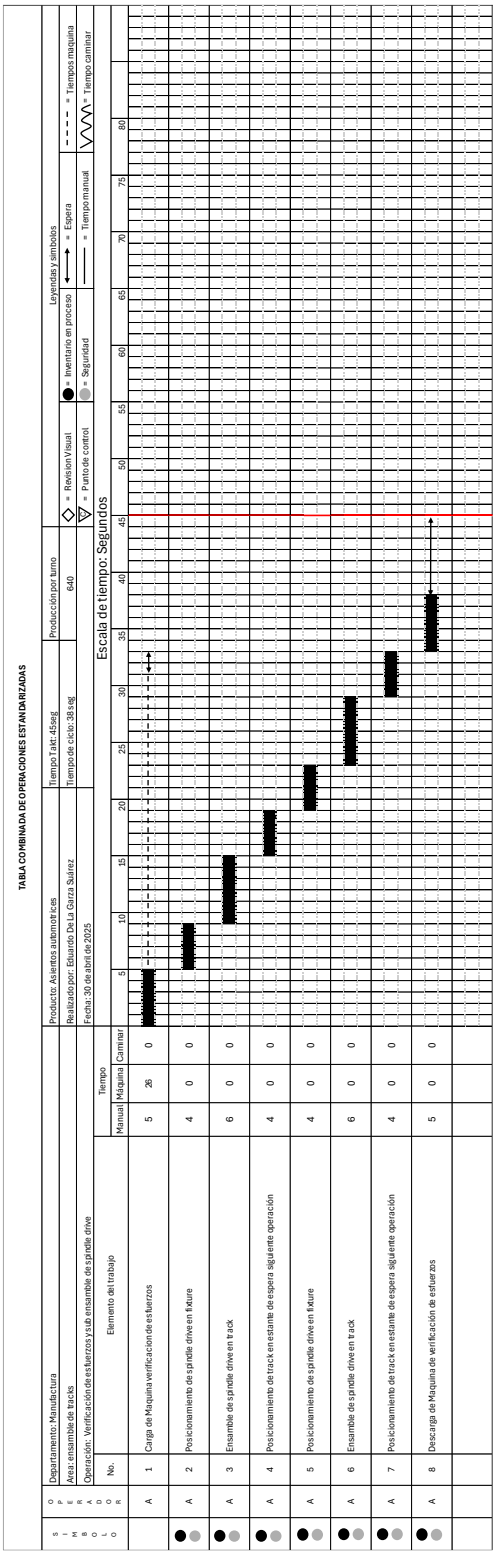


Tabla 31 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive.

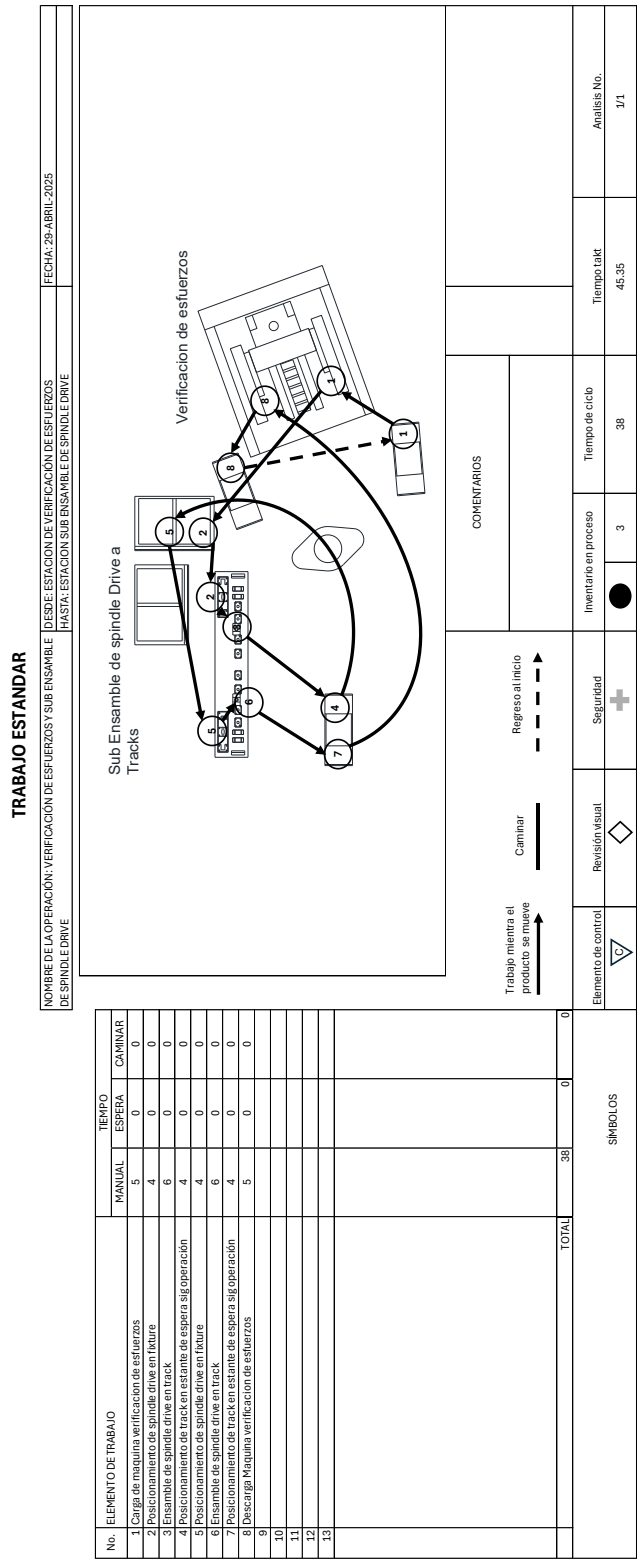


Figura 47 Trabajo estándar de estación combinada de verificación de esfuerzos y sub ensamble de spindle drive.

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA							
Hoja N°_____ De:__ Diagrama N°:__ **Proceso: Ensamble de rivet y tuerca a spindle drive**							
Fecha: 04/14/2025 **El estudio Inicia: Ensamble de rivet en spindle track**			**Elaborado por: Eduardo De La Garza Suárez** **Operario: Marlen Ceron**			**Maquina 1: Maquina de ensamble de rivet en spindle** **Actividad manual: Ensamble de tuerca a spindle drive**	
Operario			**Maquina 1**			**Actividad maunal**	
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad		Carga	Actividad
1	4	Carga y descarga Maquina 1	4	Inactividad		4	Inactividad
2							
3							
4							
5	3	Posicionamiento de tracks en fixture	11	Operación Maquina 1		3	Posicionamiento de track en fixture
6							
7							
8	5	Atornillado de tuerca en spindle drive				5	Atornillado de tuerca en spindle drive
9							
10							
11							
12							
13	3	Posicionar track en rieles para sig operaicon				3	Posicionar track en rieles para sig operaicon
14							
15							
16	4	Carga y descarga Maquina 1	4	Inactividad		4	Inactividad
17							
18							
19							
20	3	Posicionamiento de tracks en fixture	11	Operación Maquina 1		3	Posicionamiento de tracks en fixture
21							
22							
23	5	Atornillado de tuerca en spindle drive				5	Atornillado de tuerca en spindle drive
24							
25							
26							
27							
28	3	Posicionar track en rieles para sig operaicon				3	Posicionar track en rieles para sig operaicon
29							
30							
31	4	Carga y descarga Maquina 1	4	Inactividad		4	Inactividad
32							
33							
34							

Figura 48 Diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de rivet y tuerca a spindle drive.

Resumen y Análisis de la información				
Tipo	**Tiempo del Ciclo Seg.**	**Tiempo de Acción Seg.**	**Tiempo de Inactividad Seg.**	**% de Utilización**
Operario	34.00	**34.00**	**0.00**	**100.0%**
Maquina 1	34.00	**22.00**	**12.00**	**64.7%**
Manual	34.00	**22.00**	**12.00**	**64.7%**

Tabla 32 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de rivet y tuerca a spindle drive.

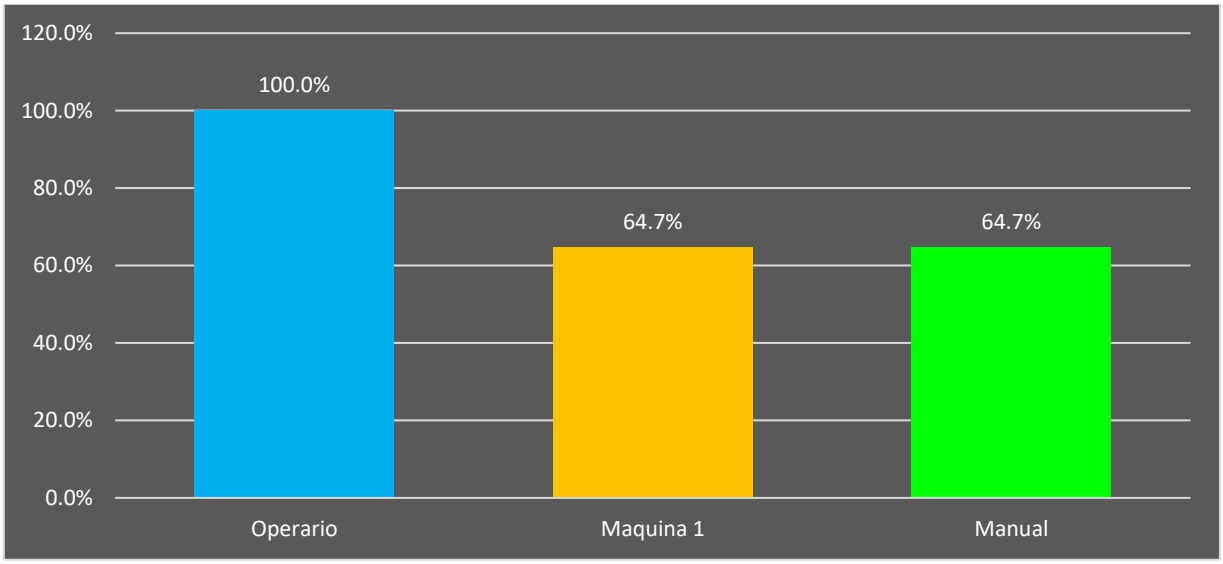


Figura 49 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y manual de operaciones ensamble de rivet y tuerca a spindle drive.

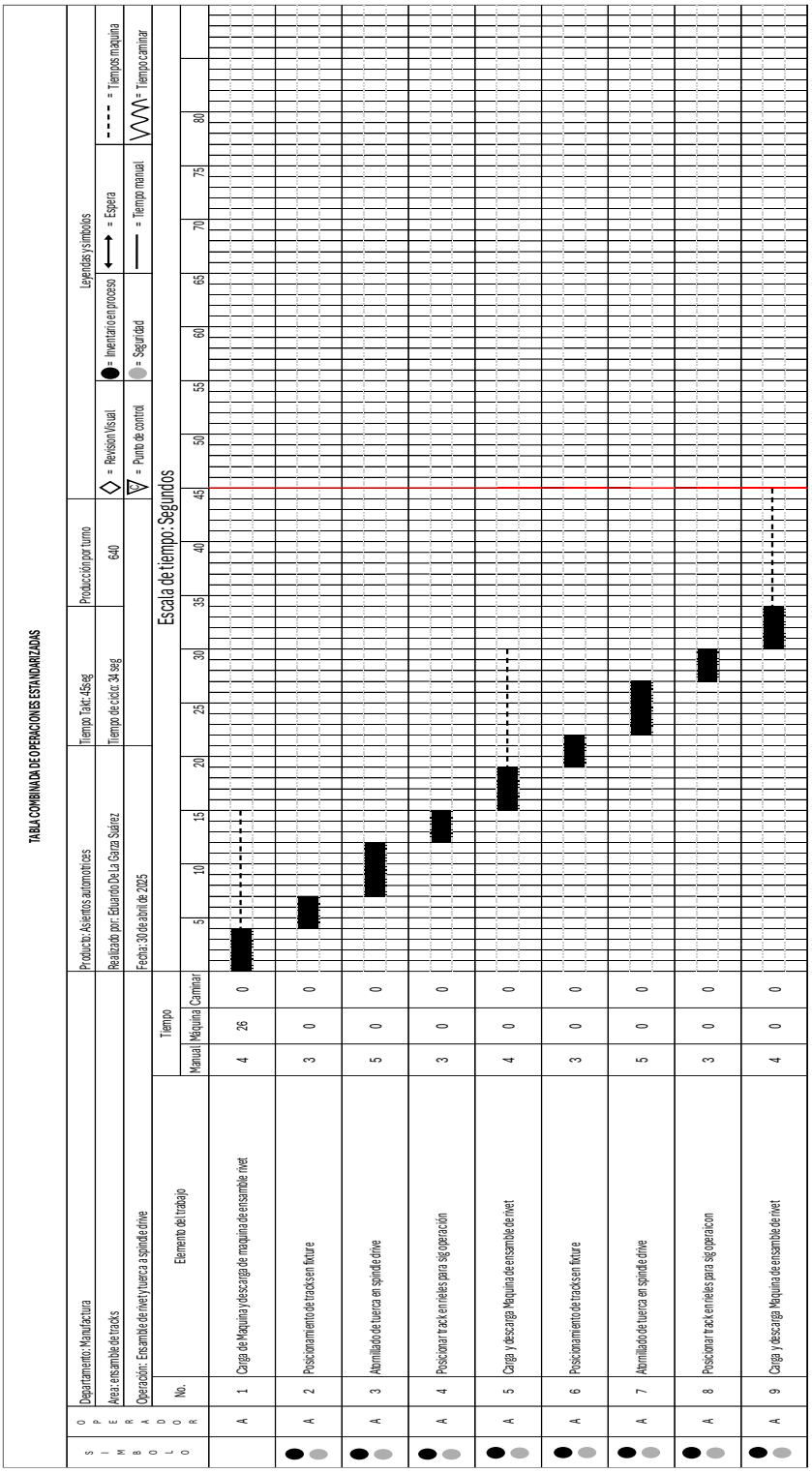


Tabla 33 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de ensamble de rivet y tuerca a spindle drive.

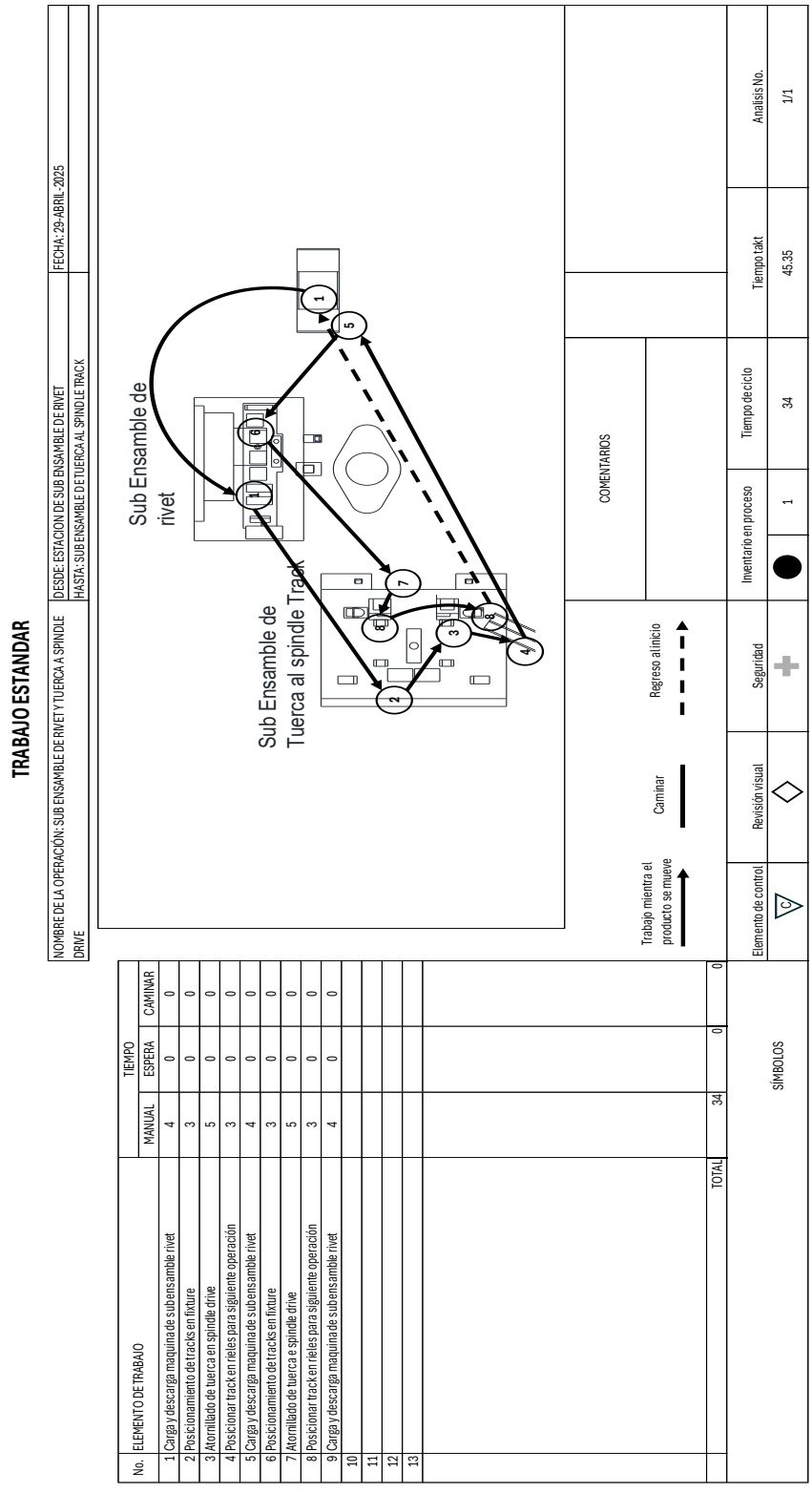


Figura 50 Trabajo estándar de estación combinada de sub ensamble de Rivet y tuerca a spindle drive.

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA

Hoja N°_____ De:__ Diagrama N°:__ **Proceso: Ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle**

Fecha: 04/15/2025 **El estudio Inicia**: Ensamble side piece bushing bearring	**Elaborado por: Eduardo De La Garza Suárez** **Operario: Ernesto Casanova**	**Actividad manual 1: ensamble de side piece bushing bearring** **Actividad manual 2: Ensamble de bracket spindle en side piece**

	Operario		**Actividad manual 1**		**Actividad maunal 2**	
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad
1	2	Tomar bushing bearing y sidepiece y colocarlos en fixture	2	Toma bushing bearing y sidepiece y colocarlos en fixture	7	Inactividad
2						
3	3	Accionar prensa manual	3	Accionar prensa manual		
4						
5						
6	2	Llevar pieza a la siguiente estación	2	Llevar pieza a la siguiente estación		
7						
8	2	Tomar un bracket bearing y colocarlo en fixture	12	Inactividad	2	Tomar un bracket bearing y colocarlo en fixture
9						
10	2	Colocar side piece en fixture			2	Colocar sidepiece en fixture
11						
12	6	Atornillar bracket bearing en side piece			6	Atornillar bracket bearing en side piece
13						
14						
15						
16						
17						
18	2	Colocar side piece en riel para la siguiente estación			2	Colocar side piece en riel para la siguiente estación
19						
20	2	Tomar bushing bearing y sidepiece y colocarlos en fixture	2	Tomar bushing bearing y sidepiece y colocarlos en fixture	7	Inactividad
21						
22						
23	3	Accionar prensa manual	3	Accionar prensa manual		
24						
25						
26	2	Llevar pieza a la siguiente estación	2	Llevar pieza a la siguiente estación		
27						
28	2	Tomar un bracket bearing y colocarlo en fixture	12	Inactividad	2	Tomar un bracket bearing y colocarlo en fixture
29						
30	2	Colocar side piece en fixture			2	Colocar sidepiece en fixture
31						
32	6	Atornillar bracket bearing en side piece			6	Atornillar bracket bearing en side piece
33						
34						
35						
36						
37						
38	2	Colocar side piece en riel para la siguiente estación			2	Colocar side piece en riel para la siguiente estación
39						

Figura 51 Diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle.

Resumen y Análisis de la información				
Tipo	**Tiempo del Ciclo Seg.**	**Tiempo de Acción Seg.**	**Tiempo de Inactividad Seg.**	**% de Utilización**
Operario	39.00	**39.00**	**0.00**	**100.0%**
Manual 1	39.00	**14.00**	**25.00**	**35.9%**
Manual 2	39.00	**24.00**	**15.00**	**61.5%**

Tabla 34 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle.

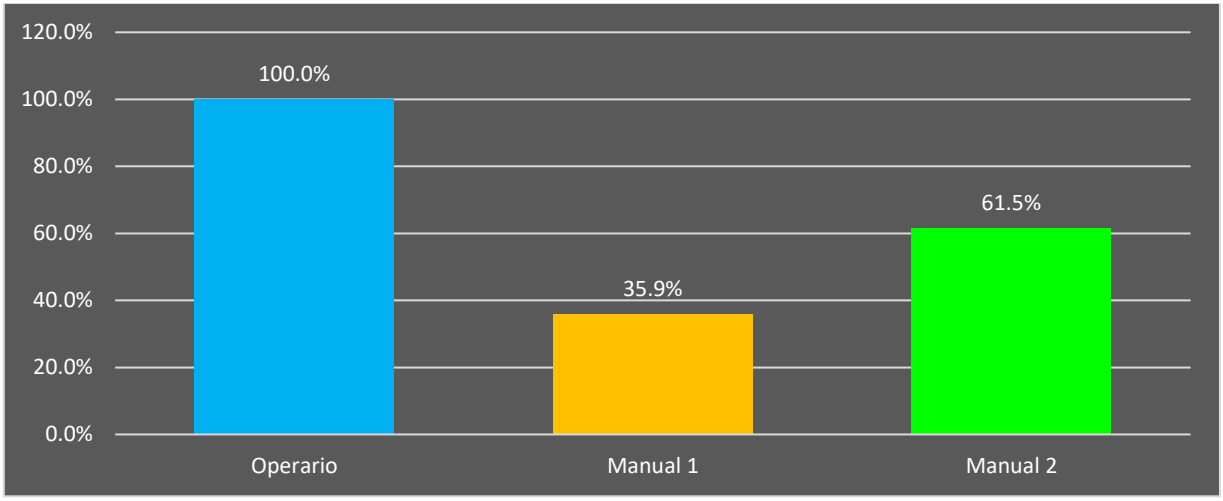


Figura 52 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y manual de operaciones ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle.

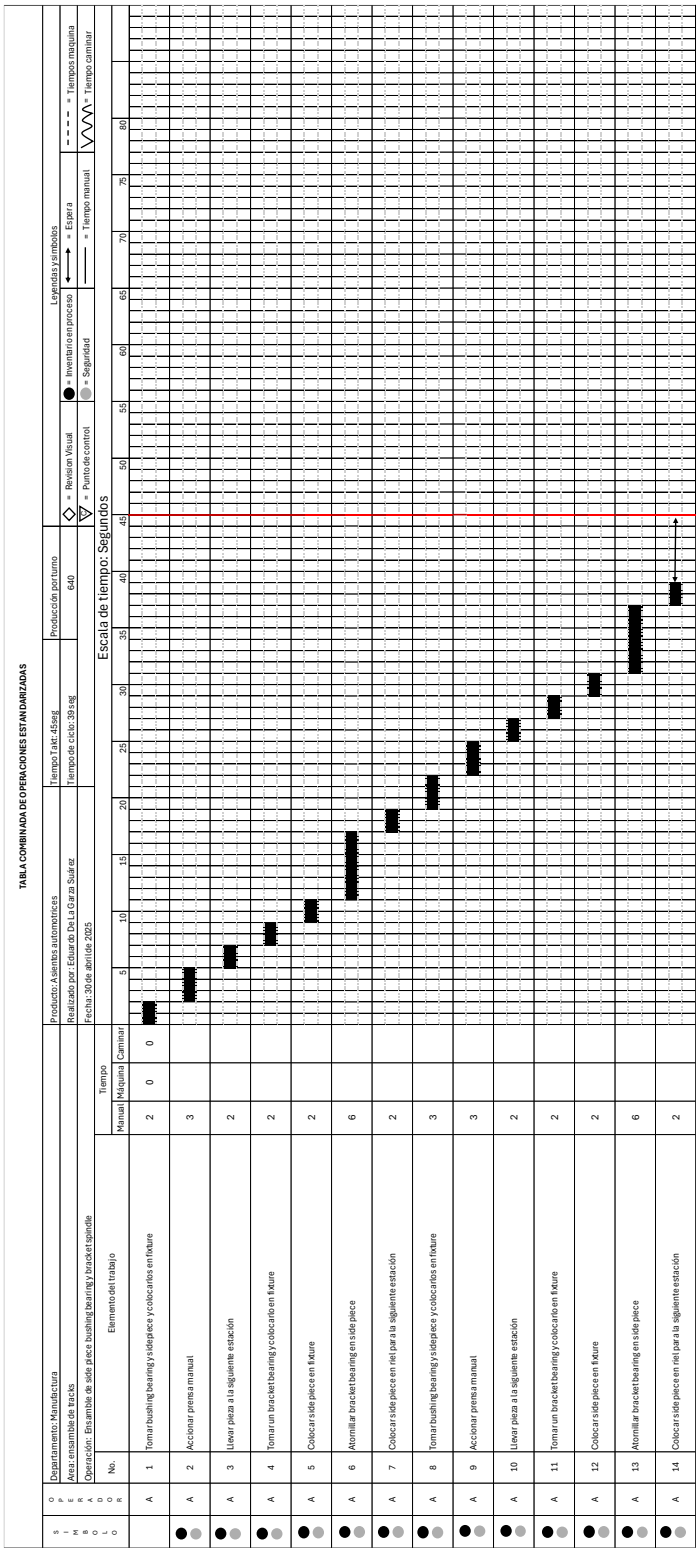
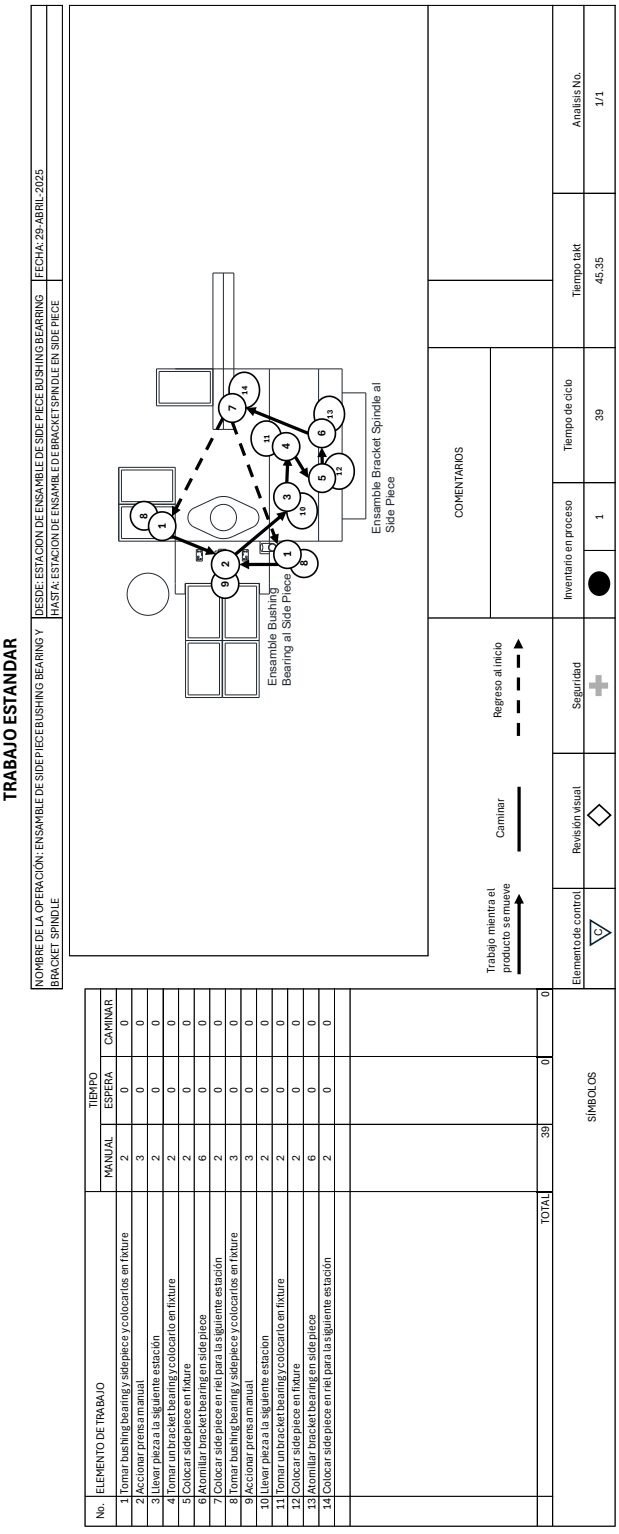


Tabla 35 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle.



No.	ELEMENTO DE TRABAJO	TIEMPO MANUAL	TIEMPO ESPERA	TIEMPO CAMINAR
1	Tomar bushing bearing y sidepiece y colocarlos en fixture	2	0	0
2	Accionar prensa manual	3	0	0
3	Llevar pieza a la siguiente estación	2	0	0
4	Tomar un bracket bearing y colocarlo en fixture	2	0	0
5	Colocar side piece en fixture	2	0	0
6	Atornillar bracket bearing en side piece	6	0	0
7	Colocar side piece en riel para la siguiente estación	2	0	0
8	Tomar bushing bearing y sidepiece y colocarlos en fixture	3	0	0
9	Accionar prensa manual	3	0	0
10	Llevar pieza a la siguiente estacion	2	0	0
11	Tomar un bracket bearing y colocarlo en fixture	2	0	0
12	Colocar side piece en fixture	2	0	0
13	Atornillar bracket bearing en side piece	6	0	0
14	Colocar side piece en riel para la siguiente estación	2	0	0
	TOTAL	39	0	0

Figura 53 Trabajo estándar de estación combinada de ensamble de side piece bushing bearing y bracket spindle.

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA

Hoja N°_____ De:__ Diagrama N°:__ **Proceso: Ensamble de frame y quebradora de frame**

Fecha: 04/15/2025	**Elaborado por: Eduardo De La Garza Suárez**	**Actividad manual 1: ensamble de frame**
El estudio Inicia: Quebradora de Frame	**Operario: Yahir Silva**	**Maquina 1: Quebradora de frame**

Operario			Actividad manual 1		Maquina 1	
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad
1	6	Tomar frame y colocarlo en fixture de maquina 1	6	Inactividad	6	Inactividad
2						
3						
4						
5						
6						
7	3	Colocar sub ensamble frame en fixture actividad manual 1	3	Colocar sub ensamble frame en fixture actividad manual 1	21	Operación Maquina 1
8						
9						
10	3	Tomar linkage y colocarlos en fixture actividad manual 1	3	Tomar linkage y colocarlos en fixture actividad manual 1		
11						
12						
13	4	Tomar tubo frontal y colocarlo en fixture actividad manual 1	4	Tomar tubo frontal y colocarlo en fixture actividad manual 1		
14						
15						
16						
17	6	Atornillar	6	Atornillar		
18						
19						
20						
21						
22						
23	4	Colocar frame a la siguiente estacion Maquina 1	4	Colocar frame a la siguiente estacion Maquina 1		
24						
25						
26						
27	1	Inactividad	6	Inactividad	5	Inactividad
28	5	Colocar Frame en rampa para siguiente estacion				
29						
30						
31						
32						

Figura 54 Diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de frame y quebradora de frame.

Resumen y Análisis de la información				
Tipo	**Tiempo del Ciclo Seg.**	**Tiempo de Acción Seg.**	**Tiempo de Inactividad Seg.**	**% de Utilización**
Operario	32.00	**31.00**	**1.00**	**96.9%**
Manual	32.00	**20.00**	**12.00**	**62.5%**
Maquina	32.00	**21.00**	**11.00**	**65.6%**

Tabla 36 Resumen y análisis de diagrama hombre-máquina de operaciones ensamble de frame y quebradora de frame.

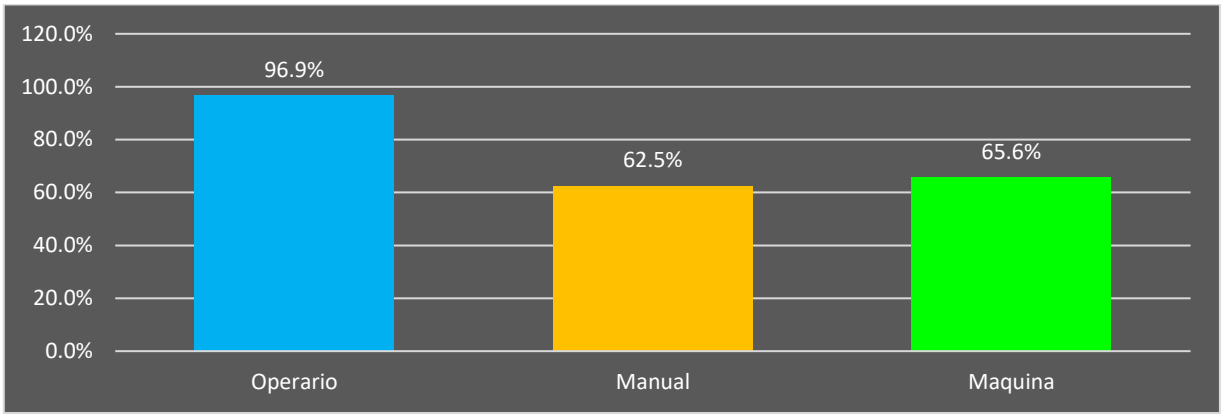


Figura 55 Grafica que muestra porcentaje de utilización operario, maquina 1 y manual de operaciones ensamble de frame y quebradora de frame.

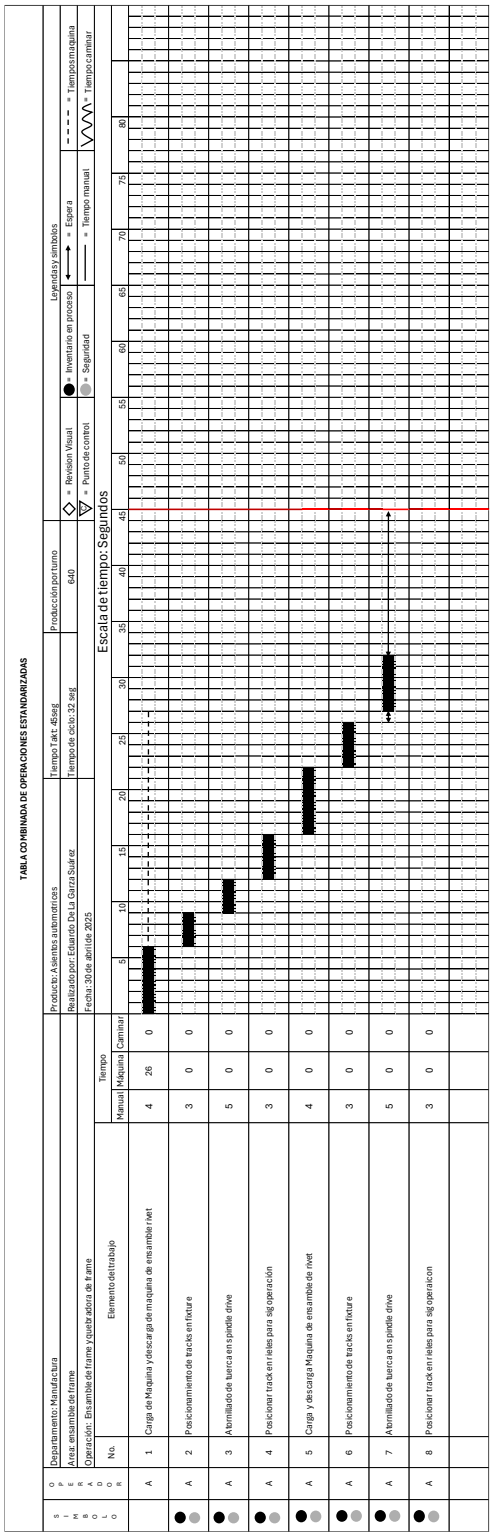


Tabla 37 Tabla combinada de operaciones estandarizadas de estación de ensamble de frame y quebradora de frame.

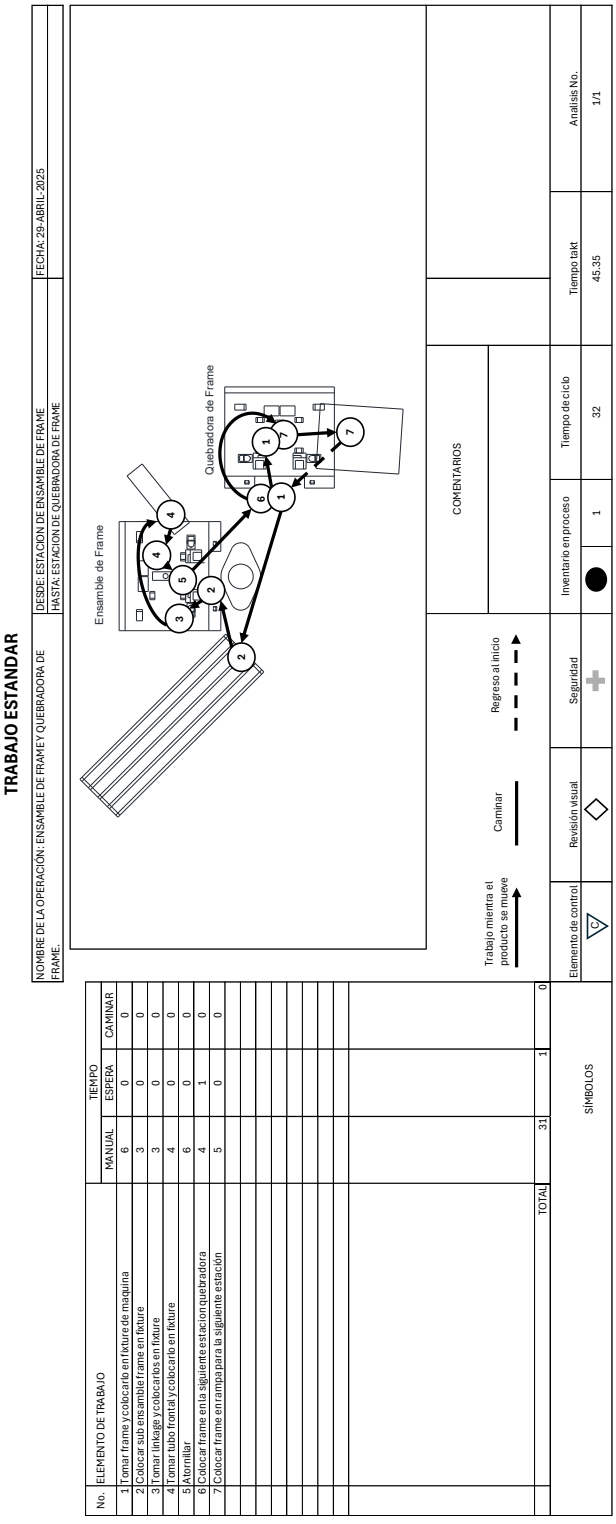


Figura 56 Trabajo estándar de estación combinada de ensamble de frame y quebradora de frame.

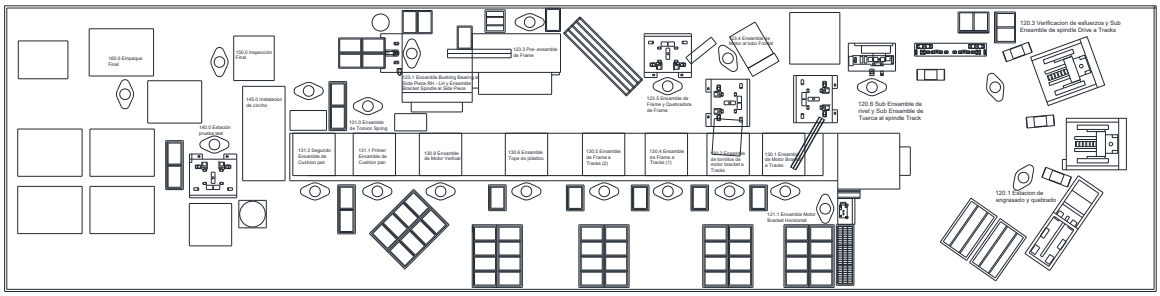


Figura 57 Layout de línea de producción después de mejoras.

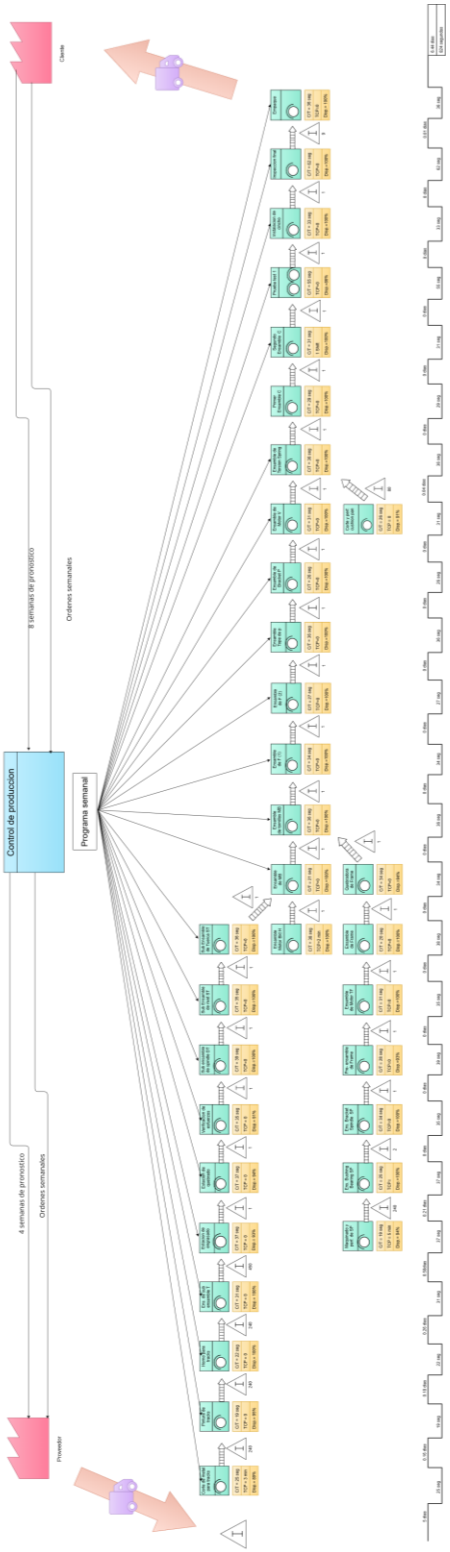


Figura 58 Value Stream Map previo a mejoras.

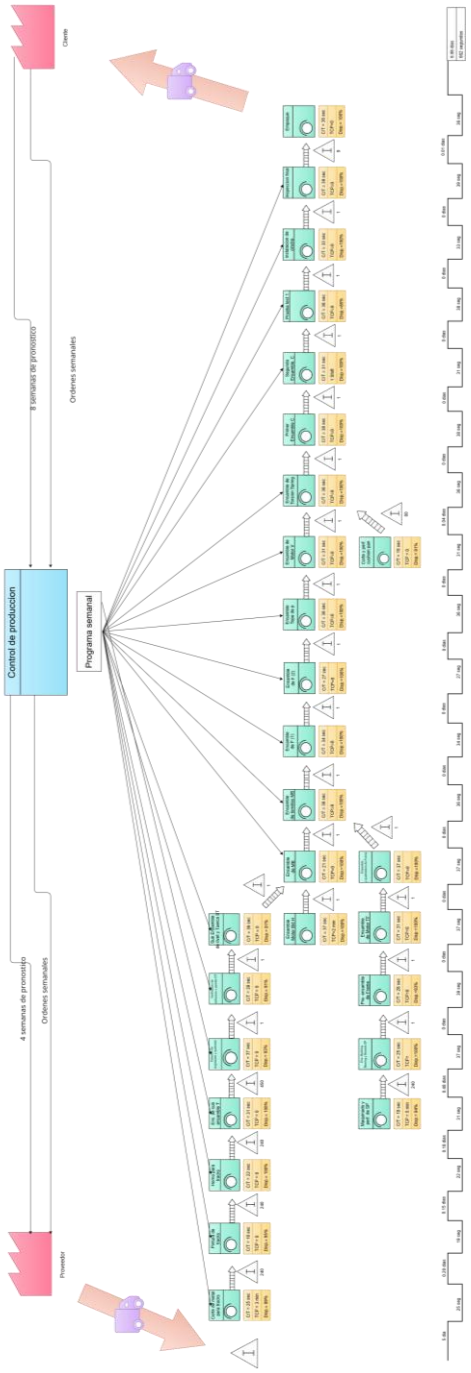


Figura 59 Value Stream Map después de mejoras

1.7. Determinación de recursos: humanos, materiales y financieros y presentación del presupuesto

1.8. Cronograma de ejecución

1.9. Estructura organizativa

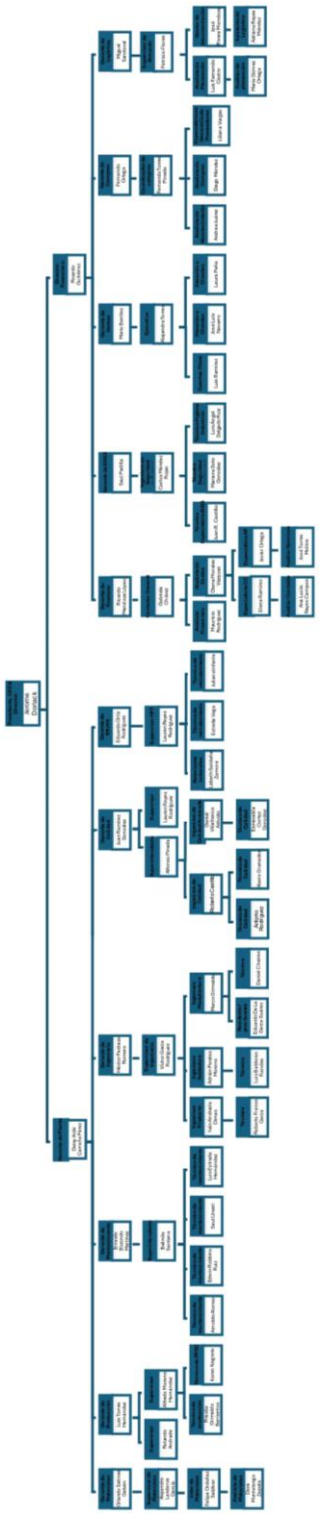
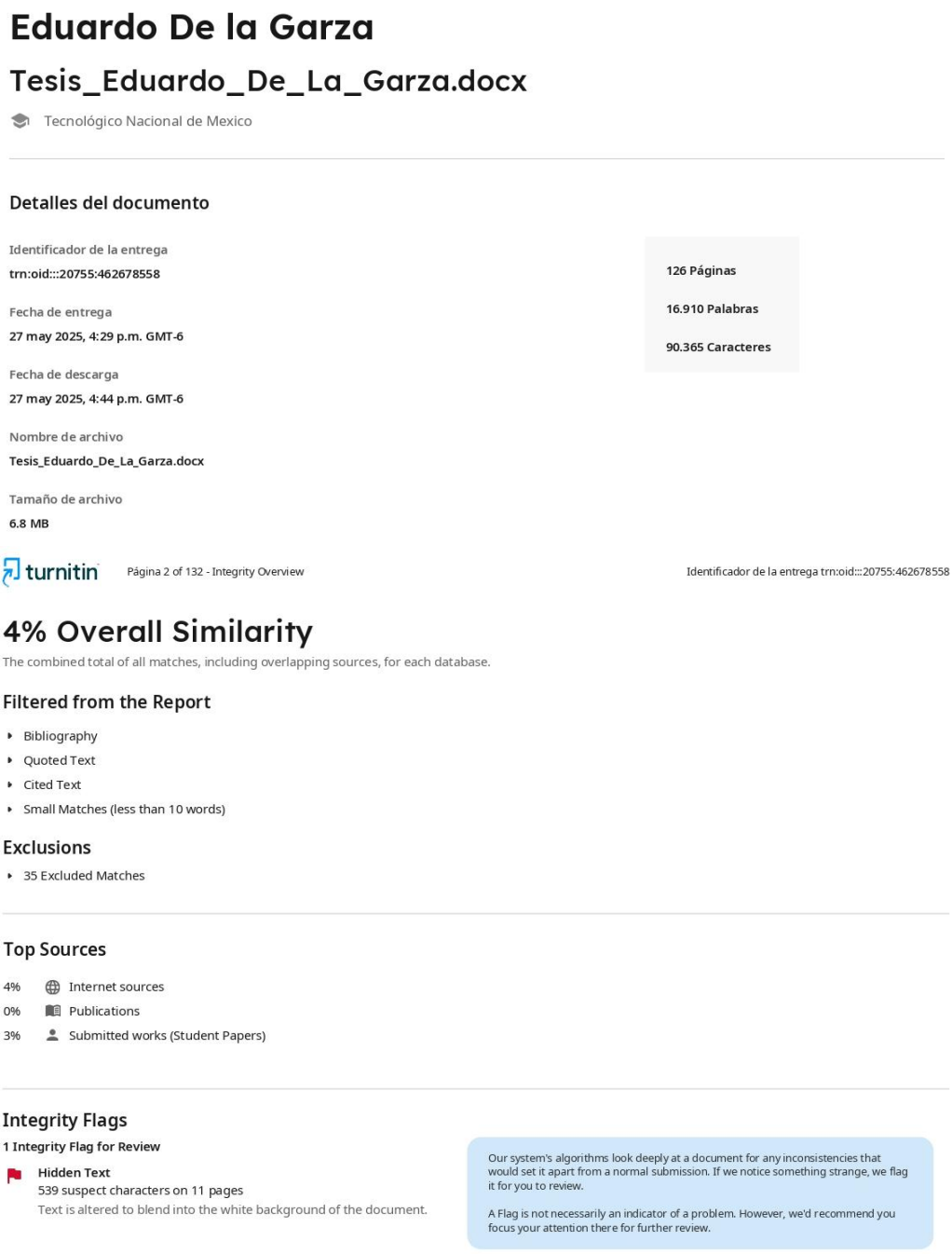


Figura 60 Estructura organizativa.

1.10. Consideraciones acerca de la factibilidad o viabilidad del proyecto

Constancia de No Plagio



Eduardo De la Garza

Tesis_Eduardo_De_La_Garza.docx

Tecnológico Nacional de Mexico

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::20755:462678558

Fecha de entrega
27 may 2025, 4:29 p.m. GMT-6

Fecha de descarga
27 may 2025, 4:44 p.m. GMT-6

Nombre de archivo
Tesis_Eduardo_De_La_Garza.docx

Tamaño de archivo
6.8 MB

126 Páginas

16.910 Palabras

90.365 Caracteres

turnitin Página 2 of 132 - Integrity Overview Identificador de la entrega trn:oid:::20755:462678558

4% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 10 words)

Exclusions

- 35 Excluded Matches

Top Sources

4% Internet sources
0% Publications
3% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

Hidden Text
539 suspect characters on 11 pages
Text is altered to blend into the white background of the document.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Figura 61 Constancia de No plagio del software Turnitin.