



POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-30-No.506-2019

OPCIÓN DE
TITULACIÓN:

PROYECTOS DE DESARROLLO

TEMA:

REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CICLO DEL SUBENSAMBLE
DE MOTORES DE UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ
DE LA CIUDAD DE QUITO

AUTOR:

CARLOS EMILIO PICHO BARRIONUEVO

DIRECTOR:

LUIS CHRISTIAN JUIÑA QUILACHAMIN

QUITO - ECUADOR
2021

Autor/a:



Carlos Emilio Picho Barrionuevo

Ingeniero Mecánico

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales
por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

cpicho@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Luis Christian Juiña Quilachamin

Ingeniero Mecánico

Magíster en Ingeniería Industrial y Productividad

ljuina@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2021 Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO – ECUADOR – SUDAMÉRICA

PICHO BARRIONUEVO CARLOS EMILIO

***REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CICLO DEL SUBENSAMBLE DE MOTORES
DE UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ DE LA CIUDAD DE QUITO***

RESUMEN

La industria automotriz, es muy importante dentro de la economía del Ecuador, por tal motivo el gobierno ecuatoriano lanza el programa “Camioneta Popular” el cual consiste en exonerar el impuesto a los Consumos Especiales (ICE) al momento de adquirir camionetas a precios más económicos y ensambladas en el país. El presente proyecto se centra en el análisis cuantitativo del 40,1% del tiempo variable que contiene desperdicios y actividades que no agregan valor al producto en las operaciones del armado de un motor, de este modo reducir el tiempo de ciclo en la sección subensamble motores de la empresa General Motors – Ómnibus BB.

Con el fin de cumplir con el desafío planteado, se propuso la utilización de herramientas de mejoramiento continuo y *lean manufacturing* para determinar todas las operaciones que no agregan valor, desperdicios asociados y que son los que provocan una productividad baja, altos costos y reduce la competitividad.

Por medio de la implementación de planes de acción se logró cumplir con el objetivo principal, mejorar el tiempo de ciclo inicial de 2474,59 a 2084,54 segundos, lo que representa un 15,76% de mejora. Además, se estableció un nuevo *Actual Takt Time* (ATT) de 246 segundos que permite aumentar en 2 unidades la capacidad de producción de motores logrando una mejora importante en la productividad pasando de 0,85 a 0,46 horas-hombre por unidad correspondiente al 54,55% de mejora en esta métrica. Esto ayudo en la reducción de 11,2 puntos porcentuales de desperdicios y actividades que no aportan valor al subensamble de motores que representa el 27,93% de mejora. En definitiva, debido a las acciones instauradas se consiguió una reducción de \$5,35 dólares por unidad producida que representa el 18,67% de mejora en el costo por unidad, que multiplicada por la cantidad de unidades producidas se tendrá un ahorro de \$91.662,19 dólares al año, esto representa un precio estructural menor del área, debido a que va de 28,68 a 23,33 dólares por cada unidad fabricada.

Palabras claves: Mejora del proceso de producción, Teoría de las Restricciones, Metodología SMED, Manufactura esbelta, Balanceo de cargas de trabajo.

ABSTRACT

The automotive industry is very important within the economy of Ecuador, for this reason the Ecuadorian government launches the "Popular Truck" program which consists of exempting the tax on Special Consumption (ICE) when acquiring trucks at cheaper prices and assembled in the country. This project focuses on the quantitative analysis of 40.1% of the variable time that contains waste and activities that do not add value to the product in the operations of assembling an engine, thus reducing the cycle time in the motor subassembly section. of the company General Motors - Ómnibus BB.

In order to meet the challenge posed, the use of lean manufacturing and continuous improvement tools was proposed to determine all operations that do not add value, associated waste and that are those that cause low productivity, high costs and reduce competitiveness .

Through the implementation of action plans, it was possible to meet the main objective, to improve the initial cycle time from 2474.59 to 2084.54 seconds, which represents a 15.76% improvement. In addition, a new Actual Takt Time (ATT) of 246 seconds was established, which allows the engine production capacity to be increased by 2 units, achieving a significant improvement in productivity from 0.85 to 0.46 man-hours per unit corresponding to the 54.55% improvement in this metric. This helped in the reduction of 11.2 percentage points of waste and activities that do not add value to the motor sub-assembly, which represents a 27.93% improvement. In short, due to the actions taken, a reduction of \$ 5.35 dollars per unit produced was achieved, which represents an 18.67% improvement in the cost per unit, which multiplied by the number of units produced will result in a saving of \$ 91,662. \$ 19 a year, this represents a lower structural price for the area, since it ranges from \$ 28.68 to \$ 23.33 for each unit manufactured.

Keywords: Production Process Improvement, Theory of Constraints, SMED Methodology, Lean Manufacturing, Workload Balancing.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Ramón y Magdalena, quienes han sido el pilar fundamental de ayuda y motivación para lograr con éxito una meta más en mi vida.

A la empresa GM-OBB del Ecuador por siempre estar comprometida con el desarrollo personal y profesional de sus colaboradores.

CARLOS EMILIO PICHO BARRIONUEVO

DEDICATORIA

A mi esposa Narciza, mis hijos Mateo y Matías que son el motivo para mi superación profesional y personal.

CARLOS EMILIO PICO BARRIONUEVO

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
NOMENCLATURA	XVI
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
Variable Independiente	2
Variable Dependiente	2
OBJETO DE ESTUDIO	3
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
OBJETIVOS	4
Hipótesis de la investigación	5
Alcance de la investigación	5
Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación	6
CAPÍTULO 1	7
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO	7
1.1 Procesos	7
1.2 Partes de un proceso	7
1.2.1 Entradas de un proceso	8
1.2.2 El Proceso	8

1.2.3	Controles en un proceso.....	8
1.2.4	Recursos de un proceso.....	9
1.2.5	Salidas de un proceso.....	9
1.3	Mejora en los procesos de producción	9
1.3.1	Ciclo Deming - PHVA.....	10
1.3.1.1	Planear.....	10
1.3.1.2	Hacer.	11
1.3.1.3	Verificar	11
1.3.1.4	Actuar.....	11
1.3.2	Six Sigma y su metodología DMAIC	12
1.3.2.1	Definir	13
1.3.2.2	Medir	13
1.3.2.3	Analizar	13
1.3.2.4	Mejorar.....	13
1.3.2.5	Controlar	14
1.4	Pensamiento “Lean manufacturing”	14
1.4.1	Principios de “ <i>Lean manufacturing</i> ”	17
1.4.2	Administración por <i>Takt Time</i>	18
1.4.2.1	<i>Takt Time</i> (TT) o Tiempo Ideal.....	18
1.4.2.2	Tiempo Disponible de Operación (TDO)	19
1.4.2.3	<i>Actual Takt Time</i> (ATT) o Tiempo Real.....	19
1.4.2.4	<i>Over Speed</i>	20
1.4.2.5	Tiempo de ciclo.....	20
1.4.2.6	Pared de balanceo.....	21
1.4.3	Identificación de valor agregado.....	22
1.4.3.1	Valor Agregado (VA)	22
1.4.3.2	Valor No Agregado-Desperdicio (VNA).....	22

1.4.4	Los 7 desperdicios	23
1.4.4.1	Sobreproducción	24
1.4.4.2	Exceso de Inventario	24
1.4.4.3	Transportes Innecesarios.....	24
1.4.4.4	Exceso de Movimientos	24
1.4.4.5	Procesos Innecesarios.....	25
1.4.4.6	Reprocesos	25
1.4.4.7	Esperas	25
1.5	Teoría de restricciones.....	26
1.5.1	Eliminación de restricciones.....	27
1.5.1.1	Recolectar información	27
1.5.1.2	Identificar la restricción	28
1.5.1.3	Proceso de solución de problemas	28
1.5.1.4	Planes de acción	28
1.5.1.5	Seguimiento a indicadores	28
CAPÍTULO 2.....		29
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL		29
2.1.	La industria automotriz en el Ecuador.....	29
2.1.1.	Ensamblaje de vehículos en el Ecuador.....	29
2.1.1.1.	Participación del mercado	30
2.1.2.	Programa camioneta Popular	30
2.2.	Antecedentes y visión general de la empresa General Motors- OBB	30
2.2.1.	Productos General Motors –OBB	31
2.2.2.	Líneas de producción	32
2.2.2.1.	Línea Comerciales.....	32
2.2.2.2.	Línea de Pasajeros.....	32
2.2.2.3.	Área de subensambles	32

2.3.	Proceso de ensamble de un motor	32
2.3.1.	Modelo de operación	33
2.3.2.	Capacidad actual de la línea subensamble de motores	34
2.3.3.	Gerenciamiento por <i>Takt Time</i> subensamble motores.....	35
2.4.	Mapeo y flujograma del proceso productivo.....	39
2.4.1.	Estructura de los equipos de producción	39
2.4.2.	Subensambles pasajeros.....	40
2.4.3.	Subensamble Comerciales	42
2.5.	Oportunidades de mejora identificadas	44
2.5.1.	Tiempo de traslado por cambio de línea.....	44
2.5.2.	Determinar Cuellos de Botella.....	47
2.5.2.1.	Paras de proceso.....	48
2.5.2.1.1.	Daño al ingreso y salida de la mesa.....	51
2.5.2.1.2.	Problemas de material en el punto de consumo	56
2.5.3.	Desbalanceo de cargas de trabajo	60
2.5.3.1.	Eficiencia Operacional ($\sum CT$)	60
2.5.3.2.	Trabajo Neto ($\sum ET$).....	60
2.5.4.	Tiempos muertos o de espera, excesos de desplazamiento.	64
CAPÍTULO 3.....		67
IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO		67
3.1.	Tiempo de traslado por cambio de línea (15 min).....	68
3.1.1.	Cálculo de la ruta más corta.....	68
3.1.2.	Sistema de Cambio (SMED).....	71
3.1.2.1.	Implementación de racks para herramienta.....	71
3.1.2.2.	Simplificación del método de <i>check list</i> de MTC (<i>error proofing</i>)	72
3.1.3.	Medición de las mejoras en el proceso	74
3.2.	Cuellos de botellas.....	76

3.2.1. Unificación de las dos líneas	76
3.3. Tiempos muertos/o de espera, exceso de desplazamientos	78
3.3.1. Implementación del <i>Set Part System</i> (SPS)	79
3.4. Desbalanceo de cargas.....	83
3.4.1. Balanceo nuevo ATT línea unificada.	85
CAPÍTULO 4.....	88
EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	88
4.1. Mejora en el tiempo de ciclo	88
4.2. Mejora en los indicadores de producción.....	90
4.3. Mejora en el indicador de productividad.....	91
4.4. Análisis económico	92
4.4.1. Mejora en el costo estructural.....	93
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS	98
ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes e interacción de un proceso.	8
Figura 2. Ciclo Deming.....	12
Figura 3. Estructura Lean Manufacturing	16
Figura 4. Técnicas empleadas para la mejora de sistemas productivos. [22]	17
Figura 5. Actual Takt Time.....	19
Figura 6. Tiempo de ciclo	21
Figura 7 : Composición del tiempo de ciclo	23
Figura 8 : Siete desperdicios en el tiempo de ciclo.....	25
Figura 9 : Capacidades de un sistema de producción.	26
Figura 10 : Proceso para eliminar cuellos de botella	27
Figura 11 : Venta de vehículos por ensambladora [29]	29
Figura 12 : Portafolio de vehículos Chevrolet	31
Figura 13 : Layout área Ensamble	33
Figura 14. Over Speed	39
Figura 15 : Mapa de procesos Sail Motores	41
Figura 16 : Cargas de Trabajo Motores Sail	42
Figura 17 : Mapa de procesos D-MAX Motores	43
Figura 18 : Cargas de Trabajo Motores D-Max.....	44
Figura 19 : Rutas utilizadas para el cambio de línea	45
Figura 20 : Diagrama Causa y Efecto- Demora en el cambio de línea.....	46
Figura 21 : Causas con mayor impacto- Cambio de Línea.....	47
Figura 22 : Pareto por estación de trabajo sub ensamble pasajeros.....	48
Figura 23 : Pareto por evento de para línea pasajeros	49
Figura 24 : Pareto por estación de trabajo sub ensamble D-Max	50
Figura 25 Pareto por evento de para línea Comerciales.....	50
Figura 26 : Diagrama de estrategia daño de la mesa	52
Figura 27 : Diagrama de estrategia eliminación método	53
Figura 28 : Diagrama de estrategia eliminación mano de obra	54
Figura 29 : Indicadores de mantenimiento [33].....	55
Figura 30 : Indicadores de mantenimiento mesa-cilindro	55
Figura 31 : Diagrama de estrategia eliminación falla del componente mecánico	56
Figura 32 : Esquema básico del sistema andon	57

Figura 33 : Seguimiento diario de llamados al equipo de materiales	58
Figura 34 : Principal motivo para el llamado al equipo de materiales	59
Figura 35 : Pared de Balanceo D-Max Motores	61
Figura 36 : Pared de Balanceo Sail Motores.....	62
Figura 37 : Valor Agregado (VA) – Valor No Agregado (VNA)	64
Figura 38 : Extracto del check list de identificación de desperdicios.....	66
Figura 39 : Promedio de tiempo para cambio entre líneas	69
Figura 40 : Ruta más corta para el cambio de línea.....	70
Figura 41 : Rack móvil para herramientas.....	71
Figura 42 : Implementación de equilibradores elásticos para MTC.....	72
Figura 43 : Diagrama de traslado para realizar error proofing	73
Figura 44 : Proceso anterior check list error proofing	73
Figura 45 : Proceso actual check list error proofing	74
Figura 46 : Tiempos predeterminados (STDS).....	75
Figura 47 : Tomar la herramienta del rack	75
Figura 48 : Tomar la herramienta suspendida en su estación.	76
Figura 49 : Matriz de pérdidas por el tiempo medio de reparación.....	77
Figura 50 : Proceso Tradicional vs Sistemas de juego de partes (SPS).....	78
Figura 51 : Sistema de juego de partes (SPS).....	79
Figura 52 : Cantidad de valor agregado y no agregado	80
Figura 53 : Racks y SPS implementados	81
Figura 54 : Racks especiales (minomi).....	82
Figura 55 : Rack de tornillería implementados.....	82
Figura 56 : Cargas de Trabajo línea unificada Motores.....	85
Figura 57 : Cargas de Trabajo estaciones SM2 RH-LH	86
Figura 58 : Eliminación estación SM2 RH D-Max	86
Figura 59 : Eliminación estación SM2 RH Sail.....	87
Figura 60 : Pared de balanceo con las mejoras implementadas.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad de unidades por lote de producción y modelo	34
Tabla 2: Aforo actual del área de subensamble	34
Tabla 3: Tiempo disponible para cada línea de producción.....	36
Tabla 4: Up Time último trimestre del área de ensamble	37
Tabla 5: Tiempo de Ciclo estaciones de trabajo área motores.....	38
Tabla 6: Up Time último trimestre del área de ensamble	38
Tabla 7: Cantidad de METS en subensamble motores	40
Tabla 8: Tiempo de Ciclo estaciones de trabajo área motores pasajeros.....	41
Tabla 9: Tiempo de Ciclo estaciones de trabajo área motores comerciales.....	43
Tabla 10: Definición y puntaje del peso de las causas más potenciales.	46
Tabla 11: Ponderación de las causas más potenciales según LET-MET.....	47
Tabla 12: Cantidad de llamados al equipo de materiales por motivo.	59
Tabla 13: Indicadores de productividad de la línea Dmax.....	62
Tabla 14: Indicadores de productividad de la línea Sail.	63
Tabla 15: Cantidad de elementos del trabajo estandarizado.	65
Tabla 16: Desperdicios identificados en las zonas de motores.	66
Tabla 17: Matriz de causa raíz y problemas identificados.....	67
Tabla 18: Datos para establecer la ruta más corta de traslado.	69
Tabla 19: Resultados MTBF- MTTR.....	77
Tabla 20: Planes de acción para implementar SPS	80
Tabla 21: Indicadores de productividad línea unificada.	82
Tabla 22: Up Time después de las mejoras en área de ensamble	84
Tabla 23: Tabla comparativa de tiempos después de las mejoras.....	88
Tabla 24: Relación tiempo ganado vs Tiempo ideal de operación.	88
Tabla 25: Mejora en el tiempo de ciclo por cada línea después de las mejoras.....	89
Tabla 26: Mejora en el tiempo de ciclo después de unificar las líneas.	89
Tabla 27: Estaciones de trabajo línea unificada.....	90
Tabla 28: Indicadores de producción línea unificada	90
Tabla 29: Mejora de indicadores de producción y productividad línea unificada	91
Tabla 30: Mejora de indicadores en las cuentas del área de ensamble.	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Venta anual de vehículos ensamblados en Ecuador.....	101
Anexo B. Ventas anuales marca Chevrolet.....	101
Anexo C. Cantidad de unidades vendidas por modelo Chevrolet	101
Anexo D. Ejemplo secuencia de producción.	102
Anexo E. Hoja de Tiempos área ensamble.....	102
Anexo F. Matriz de evaluación Causa y efecto, Traslado entre líneas.....	103
Anexo G. Base general de paras del área de Ensamble.....	103
Anexo H. Detalle de paras en las estaciones SM3 LH, SM1 LH, SM2 LH; de la línea pasajeros.....	104
Anexo I. Detalle paras en las estaciones SM1 RH, SM3 RH, líneas comerciales...	104
Anexo J. Formato para auditoria de cumplimiento de trabajo estandarizado.	105
Anexo K. Matriz de Flexibilidad.....	105
Anexo L. Screen work CIMPPLICITY	106
Anexo M. Base de datos GPMC.....	107
Anexo N. Formato para el seguimiento del motivo del llamado andon al equipo de materiales.	107
Anexo O. Detalle de trabajo estandarizado D-max	108
Anexo P. Detalle de trabajo estandarizado Sail.....	108
Anexo Q. Check list de Observación - Identificación de desperdicios	109
Anexo R. Datos para el cálculo de la ruta más corta.....	110
Anexo S. Trabajo estandarizado verificación error proofing.....	111
Anexo T. Firmas de capacitación Nuevo proceso Check List.....	112
Anexo U. Detalle de los datos para el cálculo del MTBF-MTTR.....	113
Anexo V. Precios de vehículos 2021	113
Anexo W. Costo del reemplazo de la mesa de subensamble motores.....	114
Anexo X. Pasos para realizar la caja de SPS.	114
Anexo Y. Elementos que se mueven de las estaciones SM2 RH-LH.....	115
Anexo Z. Eliminación de estación SM2 RH D-Max.....	115
Anexo AA. Eliminación de estación SM2 RH Sail.....	116
Anexo BB. Detalle de cuentas año 2020 área Ensamble.....	116
Anexo CC. Detalle de cuentas año 2021 área Ensamble.....	117

NOMENCLATURA

Abreviatura	Descripción	Unidades
<i>TT</i>	<i>Takt Time (Tiempo ideal)</i>	<i>Segundos</i>
<i>ATT</i>	<i>Actual Takt Time (Tiempo Real)</i>	<i>Segundos</i>
<i>TDO</i>	<i>Tiempo disponible Operación</i>	<i>Horas</i>
<i>VA</i>	<i>Valor Agregado</i>	<i>Segundos</i>
<i>VNA</i>	<i>Valor No Agregado</i>	<i>Segundos</i>
<i>TOC</i>	<i>Theory Of Constraints</i>	<i>N/A</i>
<i>CINAE</i>	<i>Cámara de la Industria Automotriz del Ecuador</i>	<i>N/A</i>
<i>ICE</i>	<i>Impuesto a los Consumos Especiales</i>	<i>%</i>
<i>LG</i>	<i>Líder de Grupo</i>	<i>N/A</i>
<i>LET</i>	<i>Líder de Equipo</i>	<i>N/A</i>
<i>MET</i>	<i>Miembro de Equipo</i>	<i>N/A</i>
<i>MTTR</i>	<i>Mean Time To Repair</i>	<i>Horas</i>
<i>MTBF</i>	<i>Mean Time Between Failure</i>	<i>Minutos</i>
<i>GPMC</i>	<i>Global Production monitoring and Control</i>	<i>N/A</i>
$\sum CT$	<i>Eficiencia Operacional.</i>	<i>%</i>
$\sum ET$	<i>Trabajo Neto</i>	<i>%</i>
<i>SMED</i>	<i>Single Minute Exchange Die</i>	<i>N/A</i>
<i>MTC</i>	<i>Máquina de torque controlado</i>	<i>N/A</i>
<i>SPS</i>	<i>Set Part System</i>	<i>N/A</i>

INTRODUCCIÓN

General Motors – Ómnibus BB Transportes S.A es una empresa dedicada al ensamble de vehículos de la marca Chevrolet. La empresa genera alrededor de 500 puestos de trabajo directo entre personal de producción y personal administrativo. Las principales prioridades de la compañía en la actualidad por la intensa competencia global, los rápidos cambios tecnológicos y los avances en la fabricación, son la mejora en la productividad al ensamblar más vehículos con la misma cantidad de operarios y la reducción en el costo por unidad al eliminar cualquier tipo de desperdicio o actividades que no suman ningún valor al producto final.

El tema a desarrollar plantea varias herramientas *lean manufacturing* que significa manufactura esbelta en español, que ayudan a disminuir los desperdicios y aumentar la rentabilidad al mejorar su calidad y productividad, al reducir el tiempo de fabricación, el costo de producción, tiempo de trabajo suplementario, costo de mano de obra, y regular los actuales procesos que conducen a la mejora. *Lean manufacturing* es una herramienta eficaz y popular en la mayor parte del sector manufacturero automotriz para mejorar las actividades.

En este sentido, la presente investigación busca la reducción del tiempo de ciclo o tiempo de fabricación para generar un beneficio y mejoras en el actual proceso del subensamble de motores en el campo de ensamble general de la empresa General Motors – Ómnibus BB Transportes S.A; al analizar su situación actual, definir y aplicar los instrumentos necesarios de *lean manufacturing* con el propósito de corregir las dificultades que presenta el área, simular el nuevo proceso con los cambios sugeridos para verificar los beneficios y realizar un análisis financiero para garantizar la viabilidad de la implementación.

Con la reducción del tiempo de ciclo o tiempo de fabricación se busca generar un beneficio y mejoras en el actual proceso de ensamblaje de los motores; para cumplir de esta manera una de las prioridades de manufactura como es la eficiencia y sostenibilidad, además de obtener un beneficio económico para la empresa al optimizar tiempos y costos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el Gobierno emitió el programa llamado "Camioneta Popular" con el fin de crear un portafolio de camionetas, las cuales son ensambladas en el país con precios bajos; para lograr estos precios la empresa General Motors – Ómnibus BB Transportes S.A debe implementar y optimizar sus técnicas para la mejora de la producción al utilizar estrategias y herramientas *lean manufacturing* además de técnicas que mejoren el proceso de forma continua y favorezcan a eliminar los desperdicios y actividades que no contribuyan valor al producto que es la problemática central de esta investigación.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo incide la reducción del tiempo de ciclo en el área subensamble de motores de una compañía automotriz de la ciudad de Quito?

Variable Independiente

Tiempo de ciclo. – Hace referencia a la cantidad de tiempo que conlleva a los operarios de la línea de subensamble de motores completar su operación o secuencia de trabajo.

Variable Dependiente

Subensamble de motores. - Es la cantidad de motores entregados a la línea principal de ensamblaje de vehículos de acuerdo al modelo de producción.

OBJETO DE ESTUDIO

La investigación a desarrollar se enfocará en el área de subensamble de motores la misma que está conformada por dos sub áreas separadas para el subensamble de los motores para automóviles y camionetas, estas áreas cuentan con una mesa de rodillos donde trabajan; 5 operarios para el subensamble de motores de la línea camionetas y 6 operarios para el subensamble de motores de la línea de autos, esto hace que la producción dependa de la velocidad, tiempo de traslado entre las dos áreas y ritmo de trabajo que imponga los operarios.

El tiempo disponible para el ensamble de los motores es 150 minutos para la demanda de camionetas y 310 para la línea de autos. La demanda actual de vehículos por el área de ventas es 28 camionetas y 77 autos un total de 105 unidades por turno. El *Actual Takt Time* o tiempo real de operación en español al que los operarios deberían trabajar para garantizar la producción diaria y evitar pérdidas es 4,54 min para camionetas y 3,57 minutos para autos, se considerara una disponibilidad operacional promedio del 84,7%.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Como se había indicado previamente, la empresa General Motors – Ómnibus BB Transportes S.A del Ecuador tiene entre sus prioridades de manufactura la mejora continua en eficiencia y sostenibilidad de todos sus procesos, con el objetivo de continuar como la marca número uno del mercado ecuatoriano.

Otro aspecto a considerar, es la necesidad de la compañía de ser más competitiva frente a los grandes retos que se plantea en las políticas gubernamentales y fiscales, como son: La implementación de nuevos aranceles al kit para ensamblaje o *Completely Knock Down* (CKD), establecimiento de cupos para importación, porcentaje de partes locales, etc. Esto obliga a la industria en general a buscar optimizar sus recursos y reducir costos para de esta manera obtener mejor rentabilidad.

De esta manera, elaborar una investigación que permita desarrollar una estrategia para la reducción del tiempo de ciclo o tiempo de fabricación y mejora de la productividad, es sin lugar a dudas justificable.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Reducir el tiempo de ciclo del subensamble de motores de una compañía automotriz ubicada en la ciudad de Quito.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los principales desperdicios que no agregan valor al producto en el área de subensamble de motores.
- Definir las estrategias y herramientas *lean manufacturing* apropiadas para la implementación.
- Establecer los parámetros adecuados del proceso productivo acorde a una flexibilidad dada.
- Verificar la viabilidad de la implementación y los beneficios con los cambios sugeridos.
- Analizar los resultados obtenidos como efecto de la implementación de todas las acciones planteadas.

Hipótesis de la investigación

Generar una mejora importante en la empresa General Motors-Ómnibus BB, en su principal indicador de productividad, conseguir pasar de 0,85 horas - hombre a 0,46 por unidad fabricada, lo que equivale al 45,00 % de mejora en esta métrica, a eliminar los desperdicios y actividades que no aportan valor al subensamble de motores.

Alcance de la investigación

El desarrollo de la actual investigación se focaliza en el análisis del 40,1% del tiempo variable que contiene las operaciones del armado de un motor, para eliminar los desperdicios y actividades que no proporcionan valor al producto; con ello lograr la reducción del tiempo de ciclo o tiempo de trabajo en la sección subensamble motores de la empresa General Motors – Ómnibus BB situada en la ciudad de Quito.

Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación

En el primer capítulo se definirá y respaldará las estrategias *lean manufacturing* apropiadas para la implementación. Así mismo, se desarrollará la teoría necesaria, con el fin de emplear los métodos y herramientas que serán utilizadas a lo largo del avance de la presente investigación.

El segundo capítulo iniciará analizando la actual situación del sector automotriz en Ecuador, para luego pasar a analizar los datos que ayuden a identificar las actividades que muestran oportunidades de mejora que permitirán llegar al objetivo, el cual es, de disminuir y eliminar los residuos de actividades que no aportan valor al producto final.

En el tercer capítulo está detallado todas las implementaciones y mejoras realizadas en el proceso una vez que ha realizado el estudio de la causa raíz y se ha establecido acciones individuales para cada estación que permitan lograr una mejora en los indicadores de productividad.

En el capítulo cuarto se realizará la presentación de los resultados, los cuales serán alcanzados como producto de la implementación de acciones diseñadas y puestas en marcha durante el capítulo anterior con el fin de comprobar los beneficios y la factibilidad de la implementación.

CAPÍTULO 1

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1 Procesos

La fabricación de sub partes en la industria automotriz suele ser una tarea compleja. Por este motivo las empresas buscan en sus procesos y operaciones sean lo más efectivas y eficientes.

En cuanto al estudio más cercano a la investigación propuesta es el estudio de Carlos García, debido a que este autor menciona que el proceso está conformado por una serie de actividades las cuales se integran secuencialmente, dando, así como resultado un producto o servicio, si bien el producto ya es considerado importante para el cliente, al tener un valor agregado lo vuelve más atractivo y deseoso para el comprador y es por ello que está a dispuesto a pagar.

Debido a que el termino proceso ha sido estudiado por diferentes autores, Glavan y Gradišar han considerado que un proceso tiene entradas o *inputs* y resultados u *outputs*, en el caso de un proceso de producción los resultados no son el fin del proceso, sino se vuelven una puerta a nuevos procesos. Estos ciclos por los que debe pasar un proceso para poder ejecutarse depende de recursos humanos, financieros, materiales como máquinas y métodos, con el fin de obtener el resultado esperado.

Al analizar de forma detallada cada uno de los procesos se puede identificar de manera sistemática los diferentes desperdicios que existen en cada una de las líneas del subensamble. Otro factor importante para asegurar un correcto entendimiento de los procesos es poseer personal que comprenda y conozca bien los mismos, así también contar con trabajadores que no dominen las actividades, pero que por sus conocimientos puedan identificar las labores que, habitualmente no son captados por los operarios en virtud de la rutina en la que se encuentran. Estas experiencias serian claves y de gran importancia, para comprender y actuar con mejoras en cualquier proceso.

1.2 Partes de un proceso

Así mismo se establece los diferentes componentes que participan en un proceso y su nivel de correlación marcara la eficiencia del mismo.

Los procesos se pueden relacionarse de distinta forma, en la Figura 1 se puede evidenciar los diferentes elementos y la interacción con el fin de obtener el resultado esperado.

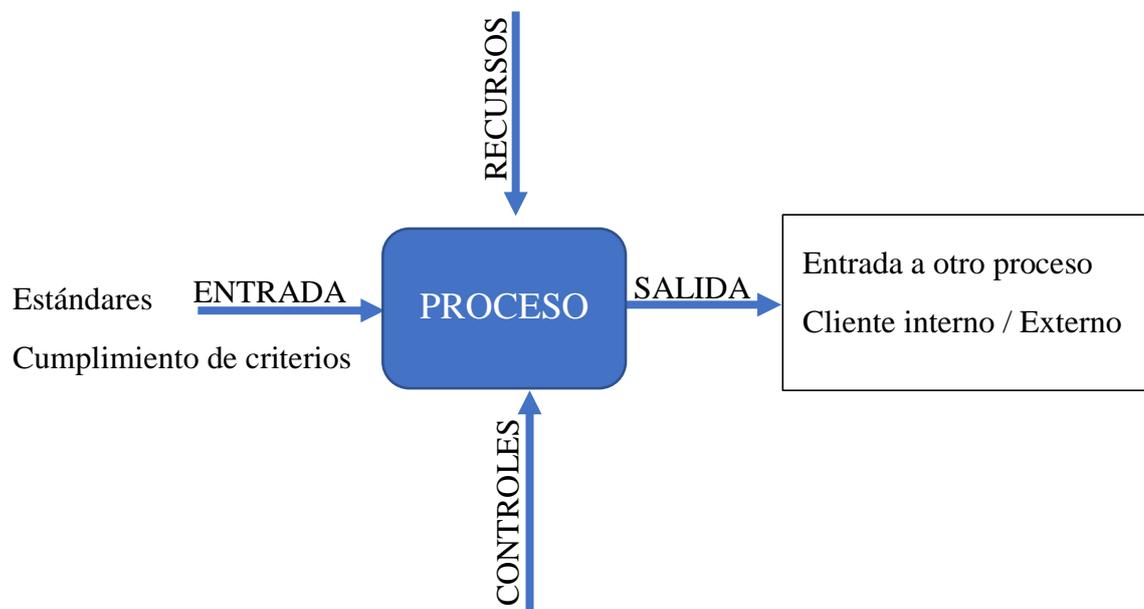


Figura 1. Componentes e interacción de un proceso.

1.2.1 Entradas de un proceso

Las entradas simbolizan los recursos que pasaran por una transformación en el desarrollo productivo o de servicio, y deben cumplir con ciertas características planteadas. Estos recursos pueden ser elementos físicos, humanos o técnicos; que pueden estar representados por la materia prima, documentos, personas e información. En conclusión, en esta área se encuentran los elementos que entran al proceso, y sin ellos no se podría realizar el proceso.

1.2.2 El Proceso

Representa a las actividades o labores que se necesitan para fabricar o modificar las entradas en un producto parcial o final, y esto a su vez puede producir una nueva entrada.

1.2.3 Controles en un proceso

De acuerdo con Coello los controles de un proceso consisten en inspeccionar las labores y los resultados obtenidos, compararlos con los objetivos y las metas

planteadas, en el caso que exista alguna desviación, se debe tomar los correctivos que sean necesarios.

1.2.4 Recursos de un proceso

Se incluye a aquellos insumos o medios que se necesitan en la transformación para la fabricación de la materia prima, estos pueden ser la mano de obra, máquinas, dinero, entre otros.

1.2.5 Salidas de un proceso

Las salidas muestran la producción final que resulta de la implementación de las actividades de la transformación, mismas que deben estar acorde a calidad establecida por el cliente externo o interno.

1.3 Mejora en los procesos de producción

En cuanto a la mejora continua, todas las empresas manufactureras y de servicios buscan la mejora de sus procesos de manera permanente, con el fin de garantizar a sus clientes sus productos y entregar servicios de calidad; de igual forma las empresas buscan la eficiencia al momento del manejo de los recursos, esto se puede conseguir con la reducción de sus gastos y mejorar su productividad para ser más competitivos.

Antes de que una transformación sea mejorada debe ser medido como lo manifestó el físico-matemático William Thomson Kelvin, originario de Gran Bretaña, (1824 – 1907). Por consiguiente, uno de los factores importante para conseguir la satisfacción de todos los grupos de interés, es el mejoramiento de los procesos en una organización, con ello se obtiene importantes ventajas competitivas frente a la competencia.

Desde el punto de vista de Yang y Zhu, el perfeccionamiento de los procesos está marcada por la caracterización de todas las transformaciones que no agregan valor, desperdicios asociados al procedimiento y que conlleva a una baja productividad, altos costos y baja la competitividad de muchas organizaciones [4]. En cuanto a lo mencionado, es sencillo confirmar que, las compañías que instauran la continua mejora de sus procesos como uno de sus valores corporativos son definitivamente aquellas que se destacan en el mercado.

Debido a que las operaciones de manufactura forman parte del estudio de esta investigación es importante garantizar las herramientas y métodos con el fin de tener

un adecuado acercamiento hacia la caracterización y eliminación de cualquier tipo de desperdicio, actividades y acciones que no agregan ningún valor al producto final.

El establecer patrones de operación para asegurar la repetitividad del producto, adecuación en las estaciones de trabajo será utilizado como inicio para analizar las opciones más probables de mejora que se puedan efectuar, este es el punto de partida que se debe cumplir.

Al pasar de los años se ha desarrollado distintas metodologías con el fin de mejorar los procesos, entre las fundamentales que se utilizan se tiene los siguientes:

- ✓ Ciclo Deming o PHVA (Planear, Hacer, Verificar Actuar).
- ✓ *Six Sigma* o seis sigma en español y su metodología *DMAIC* (“*Define*”, “*Measure*”, “*Analyze*”, “*Improvement*”, *Control*”)
- ✓ Metodología *Lean*
- ✓ Teoría de restricciones TOC (*Theory of Constraints*)

1.3.1 Ciclo Deming - PHVA

Si se quiere mejorar un proceso se puede utilizar el ciclo PHVA (o ciclo Deming), esta es una herramienta fundamental para conseguir un mejoramiento continuo en las empresas, su principal fortaleza es generar un círculo virtuoso en el que permanentemente se debe incorporar nuevas mejoras.

1.3.1.1 Planear.

Esta fase es la más importante, ya que garantizar una correcta guía para la mejora, permite instaurar de manera precisa los indicadores, la finalidad, las herramientas o métodos y el tiempo a utilizar, ayuda a orientar los esfuerzos de mejora. En esta fase los resultados a alcanzar serán:

- ✓ Entender y definir el proyecto o el problema a estudiar
- ✓ Definir metas claras.
- ✓ Colocar indicadores que controlen el desempeño.
- ✓ Establecer el tiempo en que debe cumplirse los objetivos.
- ✓ Definir responsables para ejecutar y controlar.

1.3.1.2 Hacer.

Una vez que el plan se ha establecido, se procede a llevarlo a la práctica y ejecutar las labores del plan de acuerdo a los tiempos establecidos.

1.3.1.3 Verificar

En el momento que los planes de mejora se encuentren bien planteados se debe probar si los objetivos establecidos con anterioridad fueron alcanzados.

En esta etapa se busca:

- ✓ Verificar si los resultados obtenidos son igual a los objetivos planteados
- ✓ Certificar si hubo mejora.

1.3.1.4 Actuar

En el momento que los objetivos fueron alcanzados se procede a la documentación y estandarización de las acciones que fueron tomadas, con el fin de asegurarse que el resultado obtenido sea el mismo. En el caso de que el objetivo no se haya cumplido, es decir que el plan no coincide con el resultado, se debe analizar para encontrar la raíz que causo las desviaciones y con ello se retorna nuevamente a la etapa de planeación, en esta etapa se corrige y se repite de nuevo ciclo de mejora continua.

En la Figura 2 se muestra el ciclo PHVA y las interacciones que van a realizar en cada una de las etapas, si bien esta no es la única metodología que se puede utilizar para mejorar de forma continua, de todos los métodos que hay es la más utilizada por su claridad y lógica al momento de implantarlo.

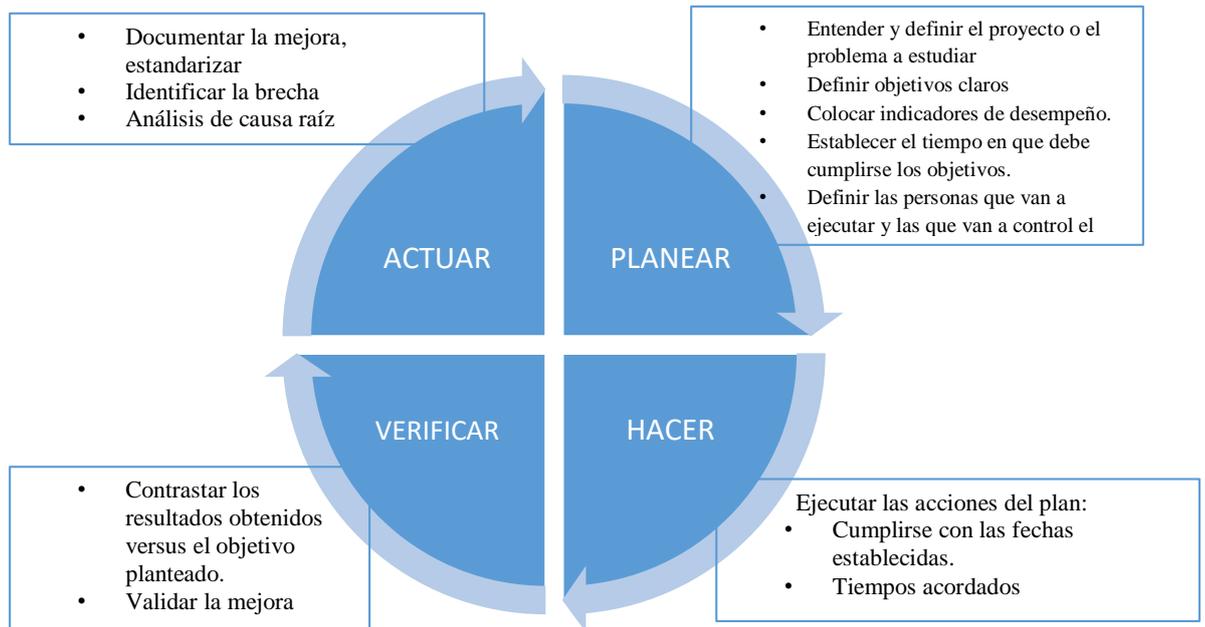


Figura 2. Ciclo Deming

1.3.2 Six Sigma y su metodología DMAIC

Según Siqueira, esta metodología se desarrolló por Bill Smith de Motorola en 1985, la metodología DMAIC brinda un camino con el fin de conseguir una mejora continua en la calidad del bien o servicio, debido a que busca ahorrar en costos o que permite el aumento en la satisfacción del cliente, ya que el objetivo es brindar el 99,9999% de eficacia mediante la eliminación de desperdicio, con ello se consigue el efecto que se esperaba.

Los indicadores en la que se basa la metodología *Six Sigma* para lograr el mejoramiento continuo es:

- ✓ El tiempo del ciclo, hace referencia a la velocidad con que se ejecuta un proceso.
- ✓ Cantidad de errores que llegan al cliente (interno/externo).

Six Sigma es el enfoque de gestión para lograr una mejora importante en el proceso mediante la implementación del ciclo DMAIC mediante la eliminación de desperdicios; con ello se establece un ciclo de continua mejora en los procesos de fabricación como afirma De Souza Pinto [6].

El método de definir-medir-analizar-mejorar-controlar (DMAIC) desde el punto de vista de Sharma “se basa en el ciclo PHVA propuesto por Deming y se ejecuta a

través de un ciclo estructurado en 5 etapas o fases las mismas que se analizarán a continuación” [7].

1.3.2.1 Definir

Definir de forma correcta el problema (fallas y variaciones - desperdicios y actividades que no aportan valor al producto), al identificar los indicadores claves del proceso (KPIs), afines a los objetivos que se quiere conseguir, así como las excepciones del proceso y limitaciones.

Para definir el problema en esta etapa, se debe realizar una programación que abarque las necesidades y expectativas de los clientes externos o internos. La caracterización del desarrollo y de sus correlaciones, así como también las variables importantes.

1.3.2.2 Medir

En esta etapa se busca entender cómo se comporta el proceso actualmente, mediante la verificación de lo siguiente:

- ✓ El desenvolvimiento actual del proceso (verificar los indicadores clave KPIs)
- ✓ La información del proceso
- ✓ Identificar los cuellos de botella, las variaciones del proceso y las ineficiencias.

1.3.2.3 Analizar

El análisis de los datos históricos y actuales se realiza en esta etapa, con el fin de observar si existe relación causa efecto, con ello se establecerá puntos importantes, los cuales se deberá atacar. Existen distintas herramientas para poder determinar la raíz causante del problema, entre ellos se tiene a:

- ✓ Espina de pescado
- ✓ Lluvia de ideas
- ✓ Análisis de Pareto
- ✓ 5 por qué

1.3.2.4 Mejorar

En esta fase es importante la evaluación de las diferentes alternativas de solución, con el fin de determinar la más adecuada para la mejora buscada, además de realizar el levantamiento de lecciones aprendidas, las cuales serán utilizadas como instrumentos de mejora continua para la realización de proyectos nuevos o mejorar los procesos que ya se encuentran establecidos.

1.3.2.5 Controlar

En esta fase se verifica y comprueba el funcionamiento correcto de la alternativa que se seleccionó, al analizar los indicadores clave del proceso, tal como el de diseñar y evidenciar los controles requeridos con el fin de que las mejoras que se desean alcanzar sean sostenibles, esto incluye:

- ✓ Desarrollar y estandarizar las mejoras realizadas en el proceso
- ✓ Establecer roles y responsabilidades para asegurar el sostenimiento de las mejoras en el tiempo, esto se logran designando responsabilidades al jefe del proceso.
- ✓ Replicar las oportunidades identificadas a otras áreas o procesos

Para concluir, desde el punto de vista de Alagié [8], el *Lean Six Sigma* combina las dos tendencias más importantes de mejora y avance de los resultados del trabajo, y es: hacer que el trabajo funcione mejor (*Six Sigma*) y hacer que el trabajo sea más rápido (*Lean*).

1.4 Pensamiento “Lean manufacturing”

De acuerdo a Mohan y Lata [9], la compañía automotriz japonesa, Toyota, fundó *lean manufacturing* (LM) o *Toyota Production System* (TPS), que ha sido acogido por la mayor parte de compañías en todo el mundo debido a sus ventajas para mejorar la calidad, reducir costos, flexibilidad y respuesta rápida.

La cultura *lean* generalmente se logra con el uso de herramientas y aplicación de varias técnicas entre algunas el mapeo del flujo de valor, la prueba de errores, la gestión visual y la elaboración de extracción, que son herramientas y técnicas de clase mundial aplicadas con éxito según lo describe Velmurugan [10] e Hinojosa [11].

Para Ahmed Deif [12], *lean manufacturing* proporciona una forma de hacer más y más con cada vez menos. *Lean manufacturing* logra el objetivo anterior a través de un conjunto de métodos y herramientas que eliminan desperdicios en el sistema de manufactura y se enfocan en las actividades de valor agregado. En la fabricación ajustada, el valor solo puede ser definido por el cliente final como indica Womack y Jones [13].

Sánchez y Nagi [14] simplemente definen *lean* como un conjunto de técnicas operativas enfocadas en el uso productivo de los recursos. Otra definición que destaca los aspectos humanos y de variabilidad explica Shah y Ward [15] donde *definen lean manufacturing* como un sistema socio-técnico integrado cuyo objetivo principal es eliminar el desperdicio.

Sutharsan [16] y Barot [17] explican que *lean manufacturing* es la eliminación sistemática del desperdicio de todos los aspectos de las operaciones de una organización, en esta situación el desperdicio se considera como el mal uso o pérdida de recursos que no conduce verdaderamente a la fabricación del producto o servicio que un cliente quiere cuando lo desee.

En la Figura 3 se puede observar el esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota”, en este ejemplo se visualiza de forma instantánea el pensamiento que encierra el “*Lean*” y las metodologías que se pueden utilizar para su ejecución. Los cimientos representan a las personas, estas son fundamentales ya que de ellas depende el éxito de la ejecución del sistema “*Lean*” y de ellas también depende conservar la cultura en el largo plazo. Cuando cada uno de los niveles de la organización, como es el liderazgo, están preocupados por la salud, seguridad y la coordinación de todos los que laboran, se crea fuertes bases de un sistema “*Lean*”.

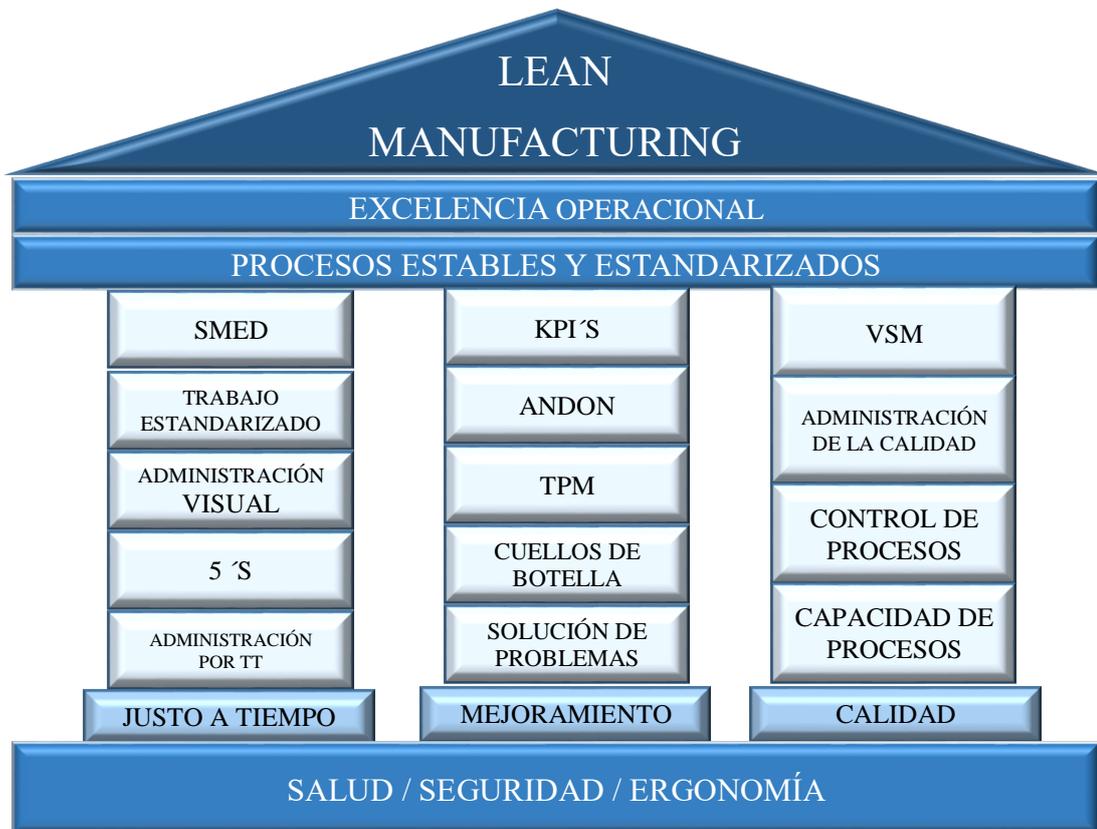


Figura 3. Estructura Lean Manufacturing

Karin, indica que la “aplicación incorrecta de estrategias *Lean* resulta en ineficiencias de los recursos de una organización. Por lo tanto, es muy importante aplicar la estrategia adecuada en el momento adecuado para los fines correctos. El éxito de cualquier estrategia de gestión en particular normalmente depende de las características organizacionales, lo que implica que todas las organizaciones no deben o no pueden implementar un conjunto similar de estrategias en su caso particular” [18].

Desde el punto de vista de Saetta y Caldarelli [19] indican que *lean manufacturing* no es solo una técnica para la reducción de costes empresariales, sino también para la mejora de la sostenibilidad de las empresas. Para lograr el máximo valor agregado se debe identificar y eliminar los siete tipos de pérdidas como: inventario, sobreproducción, defecto, espera, movimiento, transporte, sobre procesamiento, como lo explica Wee [20] y Bergmiller [21].

Desde el punto de vistas de Hernández [22] se encuentran enumeradas diferentes técnicas utilizadas para la el mejoramiento de los sistemas productivos, en la Figura 4 se muestra la lista de técnicas.

• Las 5 S	• Orientación al cliente
• Control Total de Calidad	• Control Estadístico de Procesos
• Círculos de Control de Calidad	• Benchmarking
• Sistemas de sugerencias	• Análisis e ingeniería de valor
• SMED	• TOC (Teoría de las restricciones)
• Disciplina en el lugar de trabajo	• Coste Basado en Actividades
• Mantenimiento Productivo Total	• Seis Sigma
• Kanban	• Mejoramiento de la calidad
• Nivelación y equilibrado	• Sistema Matricial de Control Interno
• Just in Time	• Cuadro de Mando Integral
• Cero Defectos	• Presupuesto Base Cero
• Actividades en grupos pequeños	• Organización de Rápido Aprendizaje
• Mejoramiento de la Productividad	• Despliegue de la Función de Calidad
• Autonomación (Jidoka)	• AMFE
• Técnicas de gestión de calidad	• Ciclo de Deming
• Detección, Prevención y Eliminación de Desperdicios	• Función de Pérdida de Taguchi

Figura 4. Técnicas empleadas para la mejora de sistemas productivos. [22]

1.4.1 Principios de “*Lean manufacturing*”

Son varios principios en los que se fundamenta, pero para este estudio se revisara los siguientes principios que se debe aplicar en una organización que quiere implementar el pensamiento *lean manufacturing*:

- a) **Hacerlo bien a la primera.** – Esto implica lograr cero defectos. Es por ello que se debe detectar bien el problema, para así poder solucionarlo desde el inicio.
- b) **Excluir actividades que no añaden valor.** – No se debe tomar en cuenta lo que suponga un desperdicio y que no suma valor a la experiencia de cliente.
- c) **Mejora continua.** – Al reducir los costos y aumentar la productividad se mantiene la calidad del producto o servicio.
- d) **Procesos *pull*.** – Se busca evitar *stocks*, es por ello que se produce según la demanda.
- e) **Flexibilidad.** – No se debe cerrar a la producción de un solo producto, sino que se debe ser capaz de producir diferentes tipos de productos y ajustarse a las cantidades demandadas.

- f) **Colaborar con los proveedores.** – Las relaciones con los proveedores debe ser buena, con el fin de mantenerla a largo plazo, con acuerdos en beneficio mutuo tanto en costo y riesgos.
- g) **Cambio de enfoque de venta.** - El *lean manufacturing* menciona que al cliente no se le debe ofrecer un producto o servicio, sino se le debe aportar una solución, esta filosofía tiene que ser única para toda la organización.

Las medidas utilizadas para operar y las técnicas relacionadas a los principios mencionados son:

- ✓ Con el fin de evidencias los problemas se crea un flujo de proceso continuo.
- ✓ Manejar sistemas “*Pull*” con el fin de eludir la sobreproducción.
- ✓ Igual las líneas de producción, nivelando la carga laboral.
- ✓ Ajustar las tareas para mejorar continuamente.
- ✓ Mediante la visualización detectar el problema del proceso.
- ✓ Eliminar inventarios mediante las técnicas JIT.
- ✓ Reducir los ciclos de fabricación y diseño.
- ✓ Eliminar los defectos.

En conclusión, el objetivo de la filosofía *lean manufacturing* es optimizar el sistema de producción y disminuir o eliminar las tareas que no suman valor. En el *lean manufacturing* los desperdicios o despilfarro son actividades que no aportan al proceso de producción y mucho menos con el cliente.

1.4.2 Administración por *Takt Time*

La administración por *Takt Time* o tiempo ideal en español es un sistema que nos ayuda a regular la velocidad de producción conforme a la demanda. Dentro de los beneficios se encuentra el balancear los requerimientos de producción.

1.4.2.1 *Takt Time* (TT) o Tiempo Ideal

Takt, es un término que proviene del alemán y significa medición, calculo o regulador de velocidad. *Takt Time* es la velocidad de una línea en segundos (por vehículo o pieza) que es necesaria para cumplir con el programa de producción (según demanda del cliente) en un tiempo disponible sin considerar las paradas programadas y con un up time del 100%. El *takt time* hace referencia al ritmo de trabajo ideal que se requiere para producir.

- ✓ Determina la velocidad de la línea.
- ✓ Es el tiempo disponible para producir un componente o una unidad.
- ✓ Determinado por el número de motores/ componentes requeridos al final del día para cubrir el objetivo de producción.

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible para producir}}{\text{Demanda de unidades}}$$

1.4.2.2 Tiempo Disponible de Operación (TDO)

Esta variable hace referencia a tiempo total disponible al día, excluyendo paras programadas

$$TDO = \text{Tiempo programado inicial} - \sum(\text{paras programadas})$$

1.4.2.3 Actual Takt Time (ATT) o Tiempo Real

El *Actual Takt Time* es el tiempo disponible para realizar las operaciones en una estación de trabajo, es la velocidad de una línea en segundos (por vehículo o pieza) disponible para el programa de producción como se representa en la Figura 5; el *actual takt time* es la velocidad a la que realmente corre la línea y a diferencia del tiempo tacto en este se incluyen problemas de línea, tales como paros por atraso en la operación, fallas de maquinaria, herramienta, problemas de calidad, ANDON, faltante de material, etc.

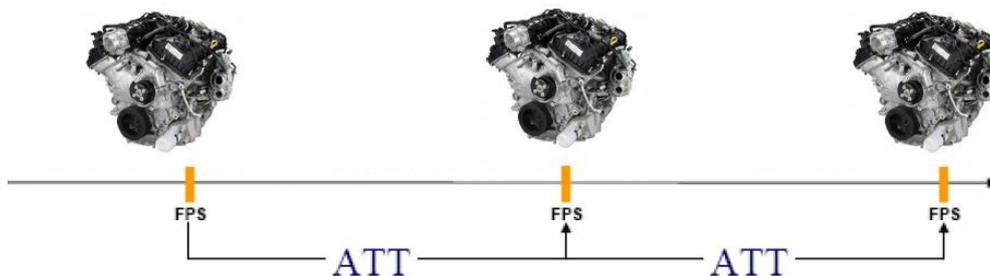


Figura 5. Actual Takt Time

$$ATT = \text{Takt Time} \times \text{Up time}$$

El ATT es siempre menor que el TT y la diferencia entre ellos debe ser la menor posible.

1.4.2.4 Over Speed

Es un indicador que administra las pérdidas dentro de cada línea de producción, para ello mide las siguientes paradas:

- ✓ Parada de Producción (Proceso / Calidad / Falta de material)
- ✓ Parada de Mantenimiento
- ✓ Espera / Starved

$$OVER\ SPEED = \frac{TT - ATT}{ATT} \times 100$$

Este indicador es muy importante y se lo analizara, a través de la herramienta TIP (*Troughput Improvement Process*) donde se identifica y elimina los cuellos de botella.

1.4.2.5 Tiempo de ciclo

Este tiempo hace referencia a la cantidad de tiempo que se demoran los operarios o las máquinas en completar sus actividades o secuencia laboral. En este tiempo se debe tomar en cuenta elementos de valor agregado como el trabajo, y sin valor agregado, es decir el tiempo de caminar y espera que es inevitable dentro del ciclo de trabajo. Lo ideal es que, el tiempo del ciclo debería ser igual o lo más cercano posible al actual takt time.

En la Figura 6 se puede observar al detalle los indicadores del gerenciamiento por *Takt Time*.

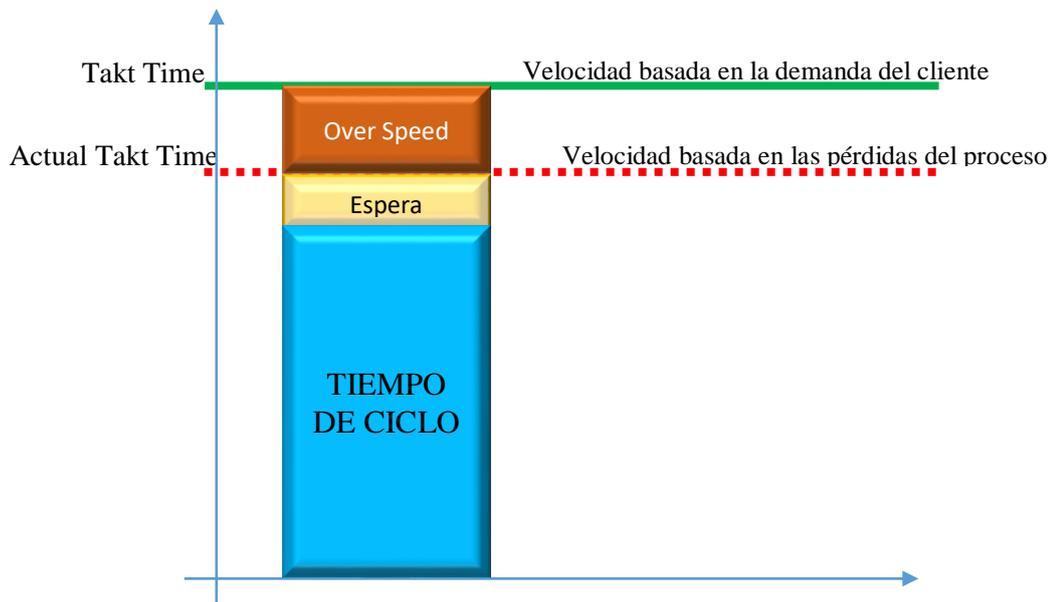


Figura 6. Tiempo de ciclo

1.4.2.6 Pared de balanceo

El control de la producción se puede mantener con diferentes herramientas, el balanceo de línea es una de ellas, debido a que una equilibrada fabricación permite optimizar variables que alteran a la productividad de un proceso, entre ellas: los tiempos de fabricación, inventarios de la producción (que se esperaría que el stock no sea alto) y las entregas parciales.

El balanceo de línea busca equilibrar y regular los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

Para poder obtener una línea de producción equilibrada es necesario adquirir una base de datos que contenga de forma completa los movimientos de recursos, aplicación teórica, e incluso inversiones monetarias.

La pared de balanceo es una gráfica que ayuda a determinar cómo se encuentran las cargas de trabajo y a qué ritmo se debe producir respecto al *takt time*. Los principales objetivos de una pared de balanceo son los siguientes:

- a) Designar de forma balanceada las cargas de trabajo, entre las distintas estaciones, la carga de trabajo por lo general debe ser similar para cada estación de trabajo.
- b) Establecer el número de operarios que se necesita para cada operación. Al determinar los tiempos de las operaciones.

- c) Al conocer el tiempo de ciclo se debe minimizar el número de estaciones de trabajo.
- d) Mayor productividad.
- e) Tiempos mínimos en los procesos.
- f) Disminución o eliminación de desperdicios.
- g) Administrar la cantidad de producción
- h) Control de la producción.

Cabe concluir que para lograr un nivel standard de productividad y poder optimizar el proceso, el balanceo de líneas es una herramienta fundamental.

1.4.3 Identificación de valor agregado

El termino de valor hace referencia a la percepción que se le da a un producto o servicio. Es aquello que hace que se cumplan las funcionalidades deseadas por el cliente, con un alto nivel de calidad, tiempo de uso esperado y coste por el cual está dispuesto a pagar el cliente. Como afirma Díaz del Castillo que, “para entender claramente el concepto "Desperdicio", se debe comprender el concepto de valor agregado” [23].

1.4.3.1 Valor Agregado (VA)

Este valor está formado por todas las operaciones, actividades y procesos productivos que ajustan la forma o función del producto o servicio para cumplir con las perspectivas y especificaciones del cliente. Es el costo que el cliente está dispuesto a pagar.

- ✓ Colocar, montar y fijar las piezas a su ubicación final
- ✓ Colocación o reposicionamiento de herramientas para asegurar la posición final de las piezas.
- ✓ Todo Proceso que agrega valor al producto

1.4.3.2 Valor No Agregado-Desperdicio (VNA)

Es toda operación o actividad que añade costo, pero no agrega valor al producto. Representa todo aquello por lo que el cliente no está dispuesto a pagar.

- ✓ Tomar/ dejar objetos (piezas, máquinas, herramientas ...)
- ✓ Caminar / Transportar
- ✓ Esperar

- ✓ Buscar, encontrar, seleccionar
- ✓ Desechar, organizar, ajustar o colocar objetos en ubicaciones temporales
- ✓ Inspecciones / Verificaciones de calidad
- ✓ Preparación de material y *pre-stock* de piezas
- ✓ Desembalaje, manipulación de embalajes
- ✓ Operaciones de reparo *online* y *offline*

Para identificar de forma correcta la causa raíz, es importante conocer y entender el desperdicio. Ya identificados los desperdicios se puede eliminar.

En la Figura 7 se muestra gráficamente como influye el valor no agregado dentro del tiempo de ciclo.

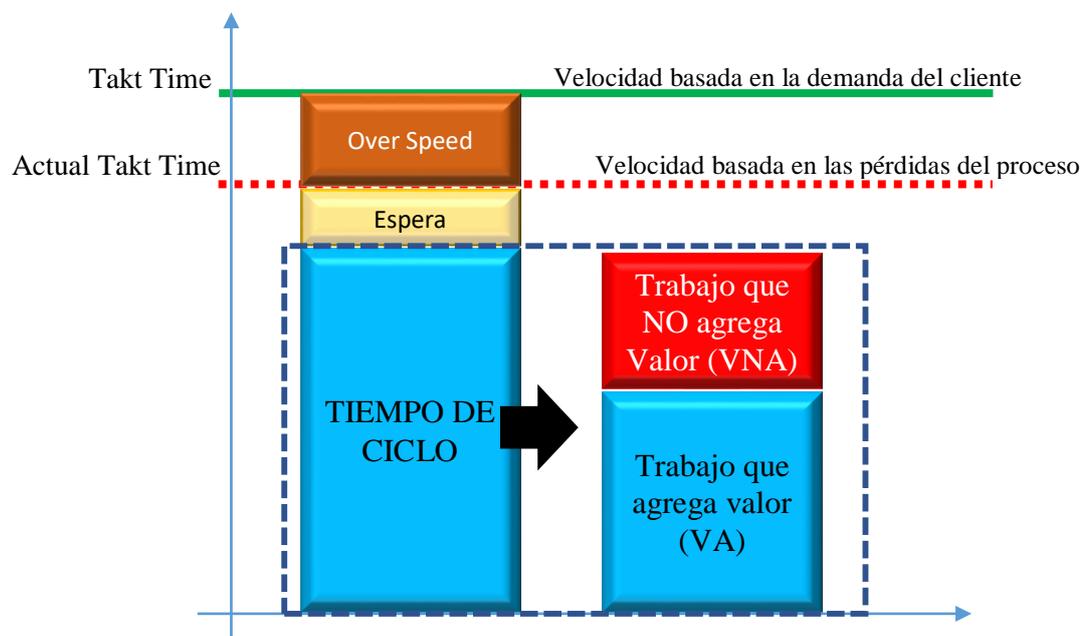


Figura 7 : Composición del tiempo de ciclo

En conclusión como opina Giannasi [24] se denomina desperdicio a todo aquello que no es valor agregado y es un costo para la empresa. Según la teoría *Lean* existen 7 desperdicios básicos.

1.4.4 Los 7 desperdicios

Los desperdicios hacen referencia a toda actividad que ocupa tiempo y recursos, pero no agrega valor, por esta razón *Lean* busca eliminarlos por completo ya que, estos residuos son los causantes primordiales de la poca eficiencia en los procesos productivos causando así: altos costos de producción y baja productividad según Crespo [25].

El directivo de Toyota, Taiichi Ohno (1912-1990), estuvo en contra de los despilfarros, por tal motivo identifico los siete primeros tipos de desperdicios.

1.4.4.1 Sobreproducción

Sobreproducción es realizar lo que es innecesario, cuando es innecesario y en cantidades innecesarias. Las causas principales generalmente son:

- ✓ Un inapropiado plan de producción
- ✓ Mayor capacidad de maquinaria usadas o equipos, lo que la vuelve innecesaria.

Para evitar la sobreproducción se debe:

- ✓ Producir según la demanda
- ✓ Producción en lotes.
- ✓ Implementación de Sistema *Pull*
- ✓ Balancear la línea de producción

1.4.4.2 Exceso de Inventario

Hernández, al igual que muchos expertos, mencionan que, este desperdicio es la raíz de todas las complicaciones ya que el despilfarro de los productos se presenta al momento del almacenamiento, en ello se esconde ineficiencias y problemas habituales.

Los diferentes aspectos negativos de este desperdicio son:

- ✓ Los programas de producción no están coordinados entre procesos.
- ✓ La administración visual no se utiliza para minimizar el proceso; como marcado de estaciones, máximos y mínimos, flujo de proceso, etc.

1.4.4.3 Transportes Innecesarios

Los trasportes necesarios son aquellos desperdicios de movimiento necesarios para movilizar el material hacia las líneas de producción, esto demanda demasiados bienes, capital humano es decir el hombre, y excesiva maquinaria y equipos. El desperdicio de transporte innecesario no es lo mismo que el que exceso de movimientos que se explicara a continuación.

1.4.4.4 Exceso de Movimientos

En este caso este desperdicio hace referencia a todo tipo de movimiento que es necesario para continuar con la producción, por ejemplo, si se requiere movilizar para agarrar una pieza o trasladarse para colocar otra, no es un movimiento innecesario, si bien esto puedo

ser obvio, es necesario recalcar que la meta no es dejar en cero el desplazamiento o el movimiento, ya que si se quisiera eso se buscaría convertir al trabajador en una fantasía.

Este desperdicio está enfocado directamente con el objetivo del proyecto que es reducir el valor no agregado del tiempo de ciclo al eliminar o reducir el exceso de movimientos.

1.4.4.5 Procesos Innesarios

Los procesos innesarios se relacionan a la realización de actos que son innesarias para la elaboración de un producto o servicio y que utiliza recursos y tiempo.

1.4.4.6 Reprocesos

Reprocesos es toda aquella corrección o reparación que se ejecuta al producto por problemas de calidad o por procesos ineficientes, operarios poco entrenados o calificados; así mismo la inspección que se da como efecto de la limitación de problemas en lugar de eliminarlos.

1.4.4.7 Esperas

Las esperas es uno de los desperdicios más comunes en la línea de producción, favorablemente también es uno de los más fácil de identificar. La mayoría de veces el esperar provoca un mal balanceo en las estaciones de trabajo lo cual conlleva a que existan procesos, operarios y maquinaria detenida, mientras que otras estaciones se hallan con una carga de trabajo muy elevada. Este desperdicio puede llegar a provocar un cuello de botella del proceso.

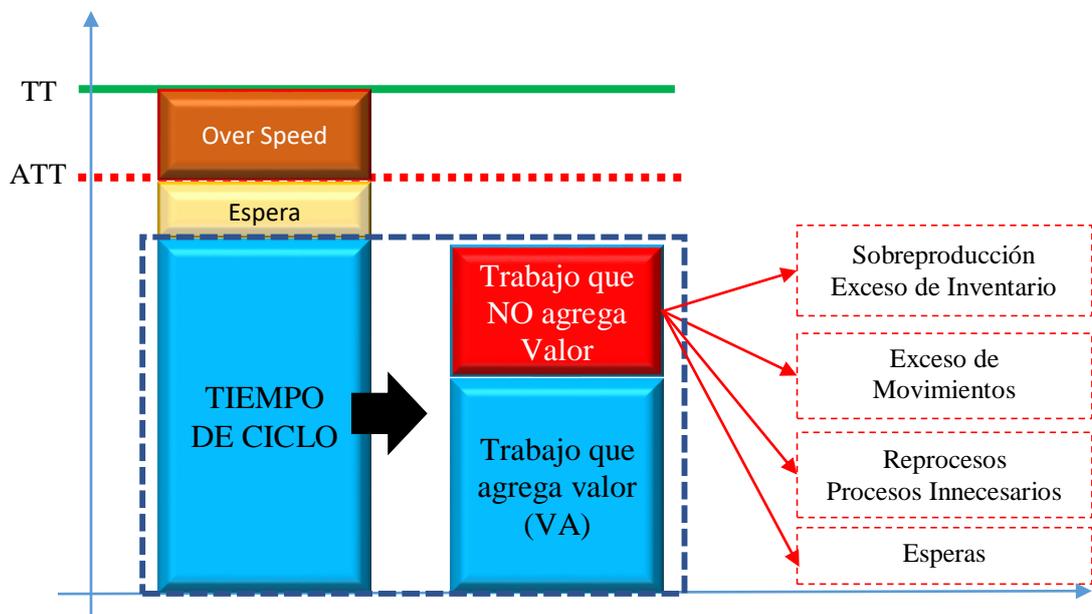


Figura 8 : Siete desperdicios en el tiempo de ciclo

1.5 Teoría de restricciones

Cevallos señala que, “la teoría de restricciones o TOC (por sus siglas en inglés *Theory Of Constraints*) es una herramienta de gestión utilizada desde los años 70, por su principal autor, Eliyahu Goldratt” [27] .

La teoría de restricciones es una metodología de gestión, el mismo que tiene como finalidad el mejorar la eficiencia, productividad y ganar dinero. Para ello se necesita elevar el *Throughput* que significa Rendimiento en español, que es un proceso sistemático y estructurado para detectar, analizar y eliminar cuellos de botella. Además, está fundamentado en equipos multidisciplinarios de trabajo que a través de acciones enfocadas permiten incrementar la producción neta de la Planta.

Los beneficios del proceso de mejora de *Throughput* son:

- ✓ Reduce Tiempo Extra
- ✓ Incrementa la Flexibilidad
- ✓ Involucramiento de la Gente

Cuando se necesita revisar una restricción o cuello de botella en un proceso productivo, se busca que la capacidad de entrega sea menor a la que se requiere por parte del mercado. En la Figura 9, se puede verificar los procesos y el sistema de producción que debe seguir un producto y sus distintas capacidades. Se observa que, aunque existan procesos con capacidad altas para producir zona D, el cuello de botella zona C muestra la capacidad máxima que deberían producir el sistema.

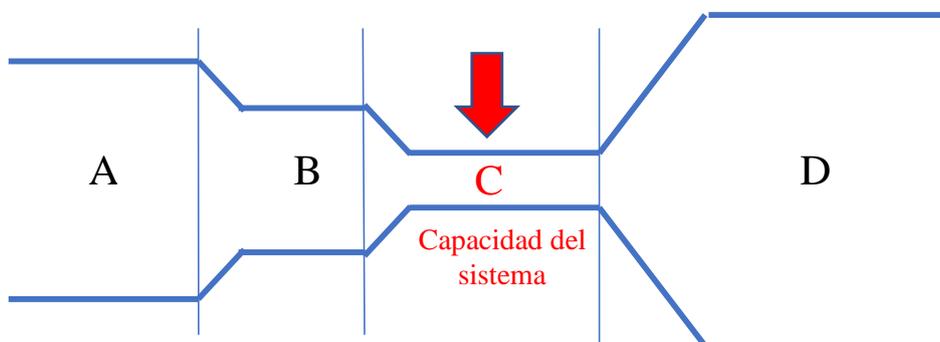


Figura 9 : Capacidades de un sistema de producción.

En la teoría de restricciones, el principio primordial es que todo proceso de producción existe un eslabón débil, el mismo que es más lento y establece el ritmo de todo el

proceso. De esta forma, un proceso es tan eficiente como lo es su eslabón más débil, ya que es quien limita al proceso para alcanzar su meta.

La base de metodología de la teoría de restricciones es un ciclo de mejoramiento continuo, los pasos para maximizar el desempeño de una cadena producción son:

- ✓ Identificar la restricción o cuello de botella
- ✓ Explotar la restricción o el cuello de botella
- ✓ Dominar al sistema y las resoluciones de la limitación.
- ✓ Elevar la restricción.
- ✓ Al eliminar el cuello de botella se aparece un nuevo y se reinicia con el proceso.

1.5.1 Eliminación de restricciones

En la Figura 10 se puede observar un resumen de los cinco pasos que se deben seguir para dar solución a las restricciones.

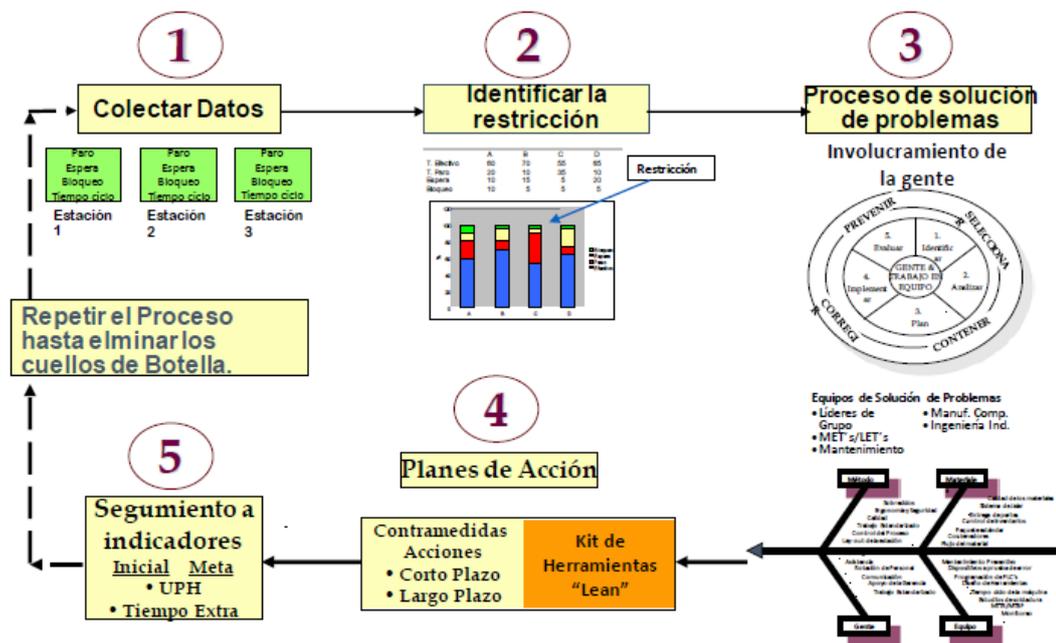


Figura 10 : Proceso para eliminar cuellos de botella

1.5.1.1 Recolectar información

Es importante la recolección de información de frenadas de producción producidas por daños de partes, retraso de los operadores, falta de materia prima, máquinas dañadas, entre otras. Una vez recolectados los datos de los distintos eventos de forma correcta,

se procede a tabularlos y analizarlos para identificar cual es la estación que genera pérdidas en el del proceso.

1.5.1.2 Identificar la restricción

Una vez que se tiene la data se debe analizar donde en el proceso se acumulan las partes, autos, motores de la operación ya que generalmente este evento sucede antes de la estación con restricción o que es cuello de botella. Como ayuda se puede utilizar una pared de balanceo.

1.5.1.3 Proceso de solución de problemas

En esta etapa se necesita el involucramiento de todas las áreas, para identificar, analizar, implementar y evaluar las diferentes actividades que se realicen. Por lo general se utiliza la espina de pescado para analizar:

- ✓ **Método:** Trabajo estandarizado, Control del proceso, Ergonomía y seguridad, Lay-out de la estación, calidad.
- ✓ **Materiales:** Calidad de los materiales, entrega de partes, Control de inventarios, Flujo de material, Rack adecuados.
- ✓ **Gente:** Entrenamiento, Asistencia, Rotación de personal, Comunicación
- ✓ **Equipo:** Mantenimiento preventivo, Dispositivos a prueba de error, Tiempo de ciclo de la máquina.

1.5.1.4 Planes de acción

Esta es la etapa donde se debe buscar las herramientas *lean* que sean las más adecuadas para aplicar en la estación de trabajo. Se colocarán contramedidas a todos los hallazgos con acciones a corto y largo plazo.

1.5.1.5 Seguimiento a indicadores

Como último paso se debe dar seguimiento a los indicadores claves del proceso, para garantizar y confirmar que los planes de acción implementados si eliminaron el cuello de botella o restricción ya que esto permitirá que se pueda iniciar un nuevo ciclo de mejoramiento.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. La industria automotriz en el Ecuador

La industria automotriz, es muy importante dentro de la economía del Ecuador. Según Arias, “la industria automotriz tiene sus inicios en la década de los años 50 con una manufactura de carrocerías, asientos y algunas partes o piezas” [28]. En Ecuador, al paso de los años, la industria automotriz ha tenido un importante desarrollo ya que intervienen, empresas de operaciones o servicios, y múltiples industrias como las siguientes:

- ✓ Industria metalmecánica (carrocerías, suspensión, chasises, piezas y repuestos)
- ✓ Industria del caucho (llantas, ribetes, mangueras)
- ✓ Industria del vidrio (parabrisas, ventanas, custodios)
- ✓ Industria química (polímeros, pintura, baterías, poliuretano)
- ✓ Industria electrónica (radios, rastreo satelital)
- ✓ Industria textil (foros de asientos, tapicerías, cinturones de seguridad)

2.1.1. Ensamblaje de vehículos en el Ecuador

Según la Cámara de la Industria Automotriz del Ecuador (CINAE) [29], la industria está constituida por tres ensambladoras Omnibus BB donde se ensamblan vehículos de la marca Chevrolet; Aymesa donde se fabrica vehículos de la marca Kia, Hyundai, Volkswagen y Jac; mientras que Ciauto comercializa las marcas Great Wall, Zotye; dos de estas se encuentran en la provincia de Pichincha y una ubicada en la provincia de Tungurahua respectivamente. Posteriormente, en la Figura 11 se puede evidenciar el porcentaje de venta de vehículos fabricados por cada ensambladora del país.

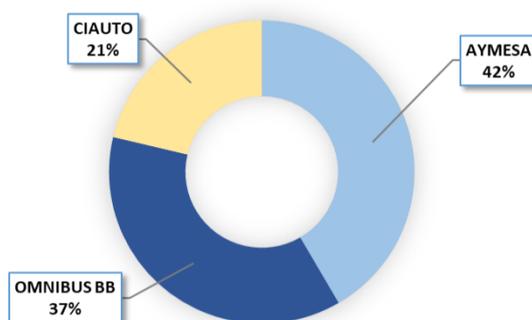


Figura 11 : Venta de vehículos por ensambladora [29]

2.1.1.1.Participación del mercado

Según David Molina director ejecutivo de la Cámara de la Industria Automotriz del Ecuador (CINAE) [30], la industria automotriz principalmente sus ensambladoras han perdido de manera importante su participación en el mercado, si esta tendencia continua las marcas importadas, especialmente desde china, en un momento determinado van a liderar el mercado. Esto se da, debido a que la competitividad de la industria ecuatoriana ha disminuido por los altos impuestos en toda su cadena productiva.

En el Anexo A se puede revisar la venta anual de vehículos ensamblados en Ecuador de las últimas dos décadas.

2.1.2. Programa camioneta Popular

El gobierno ecuatoriano en la búsqueda de reactivar la producción nacional en ciertos sectores como la industria automotriz y apoyar a los sectores de la agricultura, ganadería y acuicultor lanza el programa “Camioneta Popular” exonerando el “impuesto a los Consumos Especiales (ICE) con hasta el 20% en la adquisición de camionetas para trabajo ensambladas en el país” [31].

El objetivo del plan camioneta popular es establecer un portafolio de vehículos pick up para trabajo, las cuales serán ensambladas en el país y a precios más económicos. Las marcas que ensamblan este tipo de vehículos en el territorio nacional, y que participan en este plan son:

- ✓ Chevrolet, con las D-Max
- ✓ Great Wall, con las Wingle
- ✓ Volkswagen, con las Amarok

2.2. Antecedentes y visión general de la empresa General Motors- OBB

La historia se remonta al año 1975 cuando un visionario de origen húngaro crea Ómnibus Bela Botar Transportes S.A. (OBB). Para el año 1981 la corporación General Motors se integra como el mayor de los accionistas y constituyen General Motors- Ómnibus BB (GM-OBB) desde entonces la marca Chevrolet es ensamblada en el Ecuador.

GM-OBB es la planta de ensamblaje automotriz más grande y pionera del Ecuador con más de cuatro décadas de trayectoria (45 años), esto le ha permitido posicionarse como un referente en el sector automotor ecuatoriano, se encuentra ubicada estratégicamente en la zona industrial cerca de proveedores en el sector norte de Quito.

En el anexo A se puede revisar el comportamiento de las ventas anuales y la participación, en porcentaje, de la marca en el mercado ecuatoriano. Al cierre del 2020 la industria ecuatoriana automotriz tuvo ventas totales de 85,818 unidades de las cuales 17,730 unidades fueron de la marca Chevrolet que representa el 20,7% de participación en el mercado. En el anexo B también se muestra los principales modelos de la marca que fueron vendidos en el año 2019 y 2020.

Entre los productos que se ofrecen al mercado ecuatoriano constan vehículos importados, así como vehículos manufacturados, los cuales se han posicionado gracias a sus números concesionarios como la marca número por sus características únicas de calidad, precios cómodos y accesibles para el consumidor ecuatoriano.

2.2.1. Productos General Motors –OBB

General Motors- Ómnibus BB dentro de su amplia variedad de productos que ofrece al mercado tiene vehículos ensamblados localmente e importados desde otras plantas de la región, los modelos más representativas y disponibles para el 2021 con su país de fabricación se muestran en la Figura 12.



Figura 12 : Portafolio de vehículos Chevrolet

2.2.2. Líneas de producción

Como lo explica Rodríguez, “el proceso productivo permite convertir los insumos utilizados en productos o servicios, para satisfacer las necesidades de los clientes” [32]. Por tal motivo se necesita realizar un análisis estratégico del proceso.

El proceso productivo del área de ensamble está definido por las dos líneas principales por donde pasan las unidades y las líneas o islas de subensambles.

2.2.2.1. Línea Comerciales

En esta línea se ensambla las camionetas o vehículos todo terreno que poseen chasis. La línea de comerciales está conformada por la línea de Trim donde se instalan todos los componentes dentro y fuera de la carrocería; la línea de Chasis donde se viste con todos los componentes de la suspensión; la línea de *Overhead* donde se realiza el matrimonio o unión entre el chasis y la carrocería; por último, está la línea Final donde se revisa la parte funcional de vehículo.

2.2.2.2. Línea de Pasajeros

En esta línea de ensamblaje se fabrican todos los modelos que no poseen chasis. Está conformada por la línea de trim, over head, power train y línea final.

2.2.2.3. Área de subensambles

La línea de subensamble abarca el armado de todos los componentes que por sus dimensiones, elementos o dispositivos especiales no se los puede realizar dentro de las anteriores líneas de producción. Dentro de estas áreas o islas se encuentran las subensamble tableros, subensamble de techos, ABS, radiadores, ECM, consolas y Subensamble de motores que es el área de estudio de este proyecto.

2.3. Proceso de ensamble de un motor

Posteriormente se hace una descripción breve del proceso de producción de un motor en el área de subensamble. Como primer paso es asegurar el correcto abastecimiento del material en los racks ubicados en cada estación de trabajo según la secuencia de producción establecida.

Una vez que el material se encuentre abastecido el motor ingresa a la primera estación donde el proceso principal es la instalación de la caja de cambios y disco de embrague, una vez que el proceso fue terminado al cumplir todos los elementos de su trabajo estandarizado los operarios proceden a empujar el motor a la siguiente estación donde

se instala como proceso principal el arnés principal del motor y el compresor, de la misma manera una vez que se ensambla todos los componentes de su proceso se procede a empujar el motor para la tercera estación; en la tercera estación se saca las improntas del motor (número único de fabricación del motor), y con ayuda de un teclé se procede a colocar el motor terminado en un coche de traslado para ser llevado por el área de manejo de materiales al punto de consumo.

2.3.1. Modelo de operación

Este modelo o patrón hace referencia a la manera en la que se ejecuta la producción y está determinada en función de la cantidad demandada de cada modelo. En el área de subensamble, actualmente, el modelo de operaciones está establecido por una tripulación de 5 operarios para el subensamble de motores de la línea camionetas y 6 operarios para el subensamble de motores de la línea de pasajeros, esta manera de trabajo es altamente productiva y permite una gran flexibilidad.

Los operarios trabajan 310 minutos de tiempo disponible (TD) en la línea de pasajeros y 150 min en la línea de comerciales y ensamblan las versiones de vehículos según la secuencia de producción establecida (Anexo D).

En la Figura 13 se observa la distribución de las áreas de subensamble en las líneas principales.

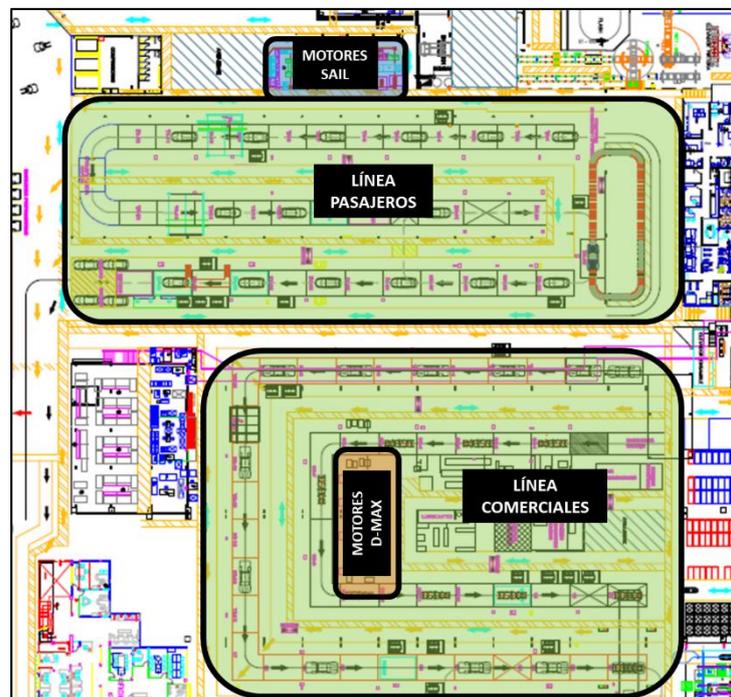


Figura 13 : Layout área Ensamble

La fabricación de cada versión es realizada en lotes, la cantidad unidades del lote depende de la proporción de abastecimiento del material por parte de la fuente. La cantidad de unidades producidas de cada modelo se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Cantidad de unidades por lote de producción y modelo

Modelo	Cantidad [unidades]
Sail Std	48
Sail A/C	48
D-Max Full.	15
D-Max Hide Ride	15

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por: el autor

2.3.2. Capacidad actual de la línea subensamble de motores

El área de subensamble de motores actualmente está conformada por una mesa de rodillos y unas bases o soportes donde se coloca las partes para ser ensambladas. La capacidad actual de cada mesa de trabajo está medida en unidades/hora (jph) y se define como se señala en la Tabla 2.

Tabla 2: Aforo actual del área de subensamble

Línea	Modelo	Capacidad	Tiempo
		Actual [jph]	Variable [min]
Pasajeros	Sail Std –AC	16,8	439,92
Comerciales	D-Max Full.	13,2	552,15

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

El principal desafío de la presente investigación se centraliza en el análisis del tiempo variable que contiene las operaciones del armado de un motor, para eliminar los desperdicios y acciones que no aportan valor al producto; de esta manera lograr la reducción del tiempo de ciclo o tiempo de trabajo; para mejorar su principal indicador de productividad al pasar de 0,85 a 0,46 horas - hombre por unidad producida, equivalente al 45,00 % de mejora en esta métrica.

2.3.3. Gerenciamiento por *Takt Time* subensamble motores

Para poder cumplir con la producción planificada se debe establecer un tiempo, con el fin de garantizar la cantidad de motores que deben ser ensamblados para compensar la demanda del mercado. Al establecer los correctos tiempos en cada estación de trabajo ayuda a determinar la cantidad de recurso humano, herramientas y cantidad de estaciones que se requieren para cumplir con el volumen requerido. A continuación, se realiza el cálculo de los indicadores de *Takt Time* (tiempo ideal).

Tiempo disponible (TDO) como se explicó en el capítulo I el tiempo disponible de operación es el tiempo total que un operario se encuentra produciendo en la planta menos las paras planificadas.

$$TDO = \text{Tiempo programado inicial} - \Sigma(\text{paras programadas})$$

$$TDO = Top - \Sigma(Tseg + Tre)$$

Donde:

Top: Tiempo de operación = 480 minutos

Tseg: Tiempo de preparación= 5 minutos

Tre: Tiempo de refrigerio= 15 minutos

Al tomar en consideración estos tiempos se procede a calcular el tiempo disponible de operación de la planta de ensamble.

$$TDO = 480min - \Sigma(5min + 15min)$$

$$TDO = 460min$$

Una vez que se ha identificado el tiempo disponible de operación total de la planta de ensamble se explica el tiempo disponible para la demanda diaria de cada una de las líneas. En la Tabla 3 se puede verificar los tiempos disponibles establecidos por el área de planificación de la producción de acuerdo con la cantidad de unidades solicitadas por ventas.

Tabla 3: Tiempo disponible para cada línea de producción

Línea	Modelo	Tiempo Disponible [min]	Demanda [und]
Pasajeros	Sail Std –AC	310	77
Comerciales	D-Max Full.	150	28

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Takt Time (TT) es el tiempo ideal que se requiere para producir ya que no considera para su análisis paras de producción, generalmente por atrasos del operador, demora en la entrega de materiales, problemas de calidad, equipos averiados o cualquier situación que impida que la línea continúe con producción normal.

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible para producir}}{\text{Demanda de unidades}}$$

$$TT_{pas} = \frac{310 \text{ minutos}}{77 \text{ unidades}} = 4,03 \frac{\text{min}}{\text{unidad}} \approx 242 \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}$$

$$TT_{com} = \frac{150 \text{ minutos}}{28 \text{ unidades}} = 5,36 \frac{\text{min}}{\text{unidad}} \approx 321 \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}$$

Actual Takt Time (ATT) es el tiempo real de operación, es decir es la velocidad a la que corre la cadena por tal motivo es el límite superior que puede tomar el tiempo de ciclo de una operación sin que esta genere problemas en el sistema. Para el análisis del actual *takt time* se incluyen problemas de línea, tales como paros por atraso en la operación, fallas de maquinaria, herramienta, problemas de calidad, faltante de material, etc.

$$ATT = \text{Takt Time} \times \text{Up time}$$

UpTime o tiempo de actividad en español. -es un indicador de eficiencia que indica el porcentaje de tiempo efectivo que se utiliza para producir. Para el cálculo del ATT se utiliza el promedio del histórico de tres meses de las paras de línea generadas en el área.

$$Up\ Time = \frac{Tiempo\ disponible - Tiempo\ de\ paras}{Tiempo\ disponible}$$

En la Tabla 4 se evidencia el promedio del up time del primer trimestre de la línea de ensamble estos datos serán utilizados para el cálculo del ATT.

Tabla 4: Up Time último trimestre del área de ensamble

Línea	Demanda Diaría [und]	Enero [%]	Febrero [%]	Marzo [%]	Promedio [%]
Pasajeros	77	88,3	87,9	89,6	88,6
Comerciales	28	85,1	86,2	82,8	84,7

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

$$ATT_{pas} = 242 \frac{segundos}{unidad} \times 88,6\% = 214 \frac{segundos}{unidad}$$

$$ATT_{com} = 321 \frac{segundos}{unidad} \times 84,7\% = 272 \frac{segundos}{unidad}$$

Overspeed o sobre velocidad en español. - Es el porcentaje de aceleración de la línea con la finalidad de cumplir con la demanda del cliente, siempre se debe tener en cuenta paros no programados de línea. Es la brecha entre el TT y el ATT.

$$OVER\ SPEED = \frac{TT - ATT}{ATT} \times 100$$

Σ **CT.** - El sigma de tiempo de ciclo representa cuán eficiente es la operación respecto del ATT.

$$\Sigma CT = \frac{\Sigma(Tiempos\ de\ Ciclo)}{ATT \times \#de\ Estaciones} \times 100$$

En la Tabla 5 se muestra el valor del tiempo de ciclo que actualmente se tiene en las estaciones de trabajo.

Tabla 5: Tiempo de Ciclo estaciones de trabajo área motores

Línea	VA [seg]	VNA [seg]	Tiempo de Ciclo [seg]
D-Max	618,16	552,15	1171,11
Sail	863,56	439,92	1303,48

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Una vez establecido todos los valores necesarios para el cálculo de los parámetros que serán referencia para medir la mejora esperada en la reducción del tiempo de trabajo o tiempo de ciclo se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6: Up Time último trimestre del área de ensamble

Línea	Demanda [und]	Takt Time [segundos]	UpTime [%]	Actual Takt Time [segundos]	Over Speed [%]
Comerciales	77	321	84,7	272	18,06
Pasajeros	28	242	88,6	214	12,87

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

La tabla completa o llamada hoja de tiempos se encuentra en el Anexo E de este documento.

Con estos resultados apalancan la decisión del enfoque en trabajar en la línea de comerciales para reducir el 18,06 % de *overspeed*. La diferencia entre las velocidades del TT y el ATT, está representada de forma gráfica en la Figura 14.

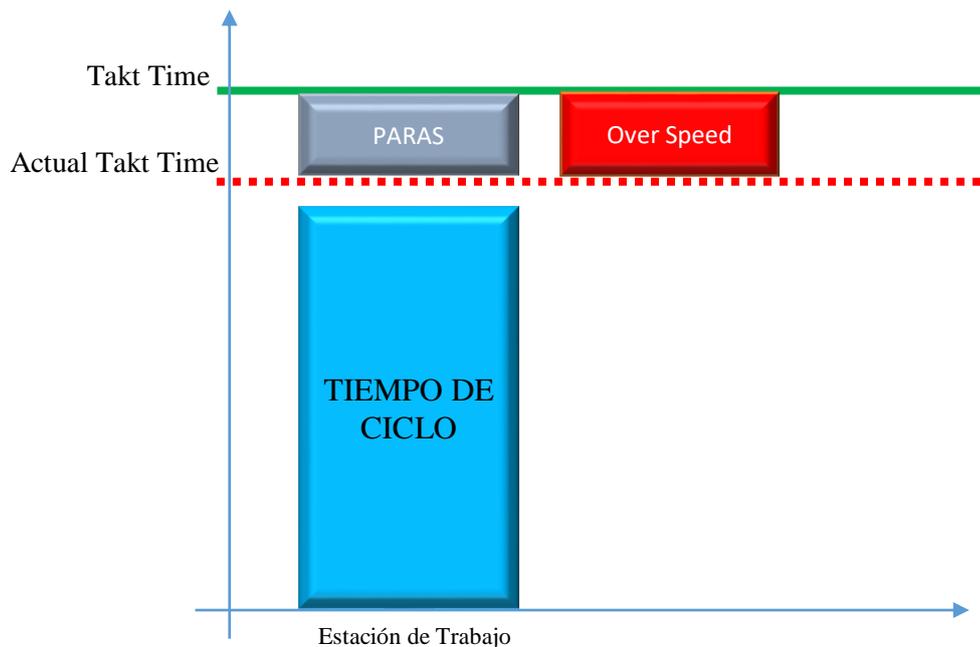


Figura 14. Over Speed

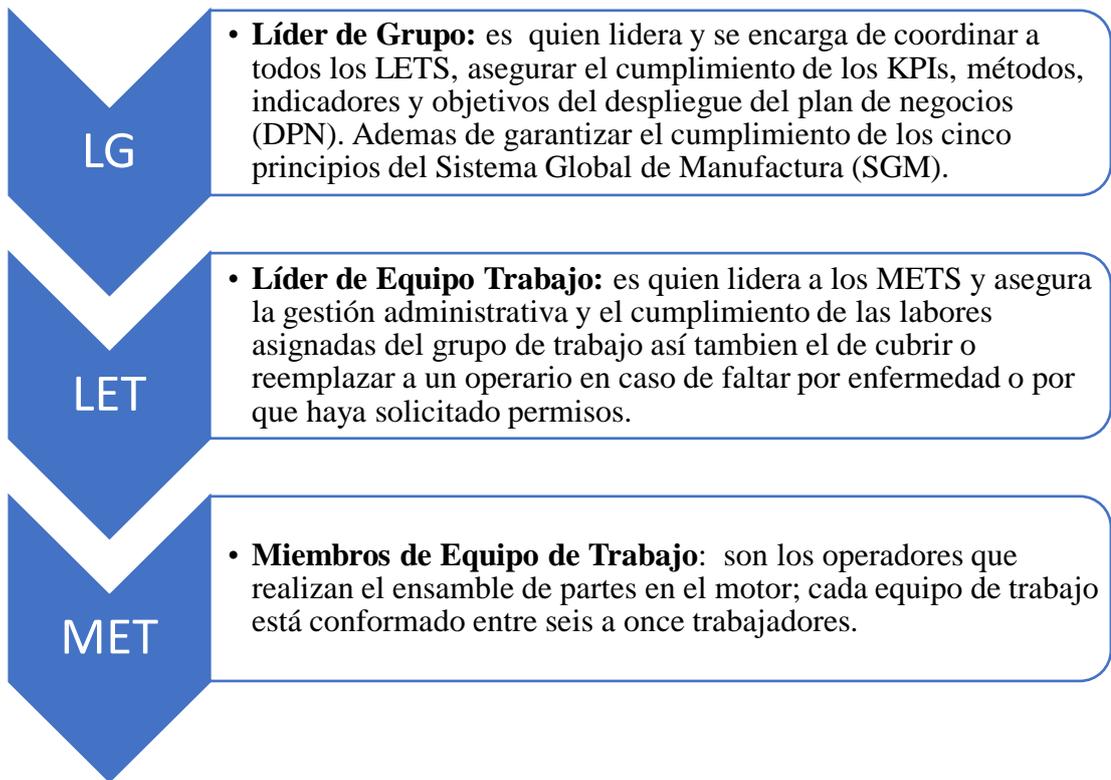
Mediante el gráfico se puede concluir que mientras mayor sea la diferencia entre el *takt time* y el *actual takt time*, el desperdicio en el proceso de producción es mayor.

2.4. Mapeo y flujograma del proceso productivo

Para comprender y realizar un análisis profundo en búsqueda de desperdicio que no agregue valor al producto final es necesario explicar el proceso a un nivel más detallado. Es importante considerar que las dos áreas de subensamble operan de manera similar con diferencias de velocidades, por tal motivo las herramientas Lean y de mejoramiento que se utilicen en el análisis serán aplicadas para las dos líneas de producción que se tiene.

2.4.1. Estructura de los equipos de producción

En el área de manufactura el personal productivo o mano de obra directa (MOD) está compuesta por 3 niveles:



El resumen de los operarios (METS) que actualmente se necesita para producir los motores de pasajeros y comerciales se puede evidenciar en la Tabla 7.

Tabla 7: Cantidad de METS en subensamble motores

Línea	LG [Head]	LET [Head]	MET [Head]
Comerciales	1	1	6
Pasajeros			5

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Con todos los datos numéricos anteriormente explicados se inicia el análisis del proceso de cada línea de subensamble que permita identificar, eliminar o reducir el valor no agregado en los procesos de ensamble de motores.

2.4.2. Subensambles pasajeros

El área de subensamble de motores pasajeros está ubicada fuera de la línea principal. Los motores son ensamblados en una mesa con estaciones de trabajo estáticas, de las cuales seis son operativas con un valor agregado de 863,56 segundos y 439,92

segundos de valor no agregado para lo cual se necesita actualmente un tiempo de ciclo total de 1303,48 segundos para ensamblar un motor como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Tiempo de Ciclo estaciones de trabajo área motores pasajeros

Estación de trabajo	VA [seg]	VNA [seg]	Tiempo Ciclo [seg]
SM1 RH: Preparación motor y accesorios	152,70	58,02	210,72
SM1 LH: Subensamble caja cambios	122,25	89,88	212,13
SM2 RH: Instalación de bases, alternador	148,64	65,52	214,16
SM2 LH: Instalación base del compresor, impronta	155,22	57,66	212,88
SM3 RH: Instalación de arnés motor	119,69	91,26	210,95
SM3 LH: Instalación catalizador.	165,06	77,58	242,64
			1303,48

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

El *layout* con los racks de material que es utilizado para el proceso se muestra Figura 15, con su respectiva posición con respecto a la operación representados por un triángulo.

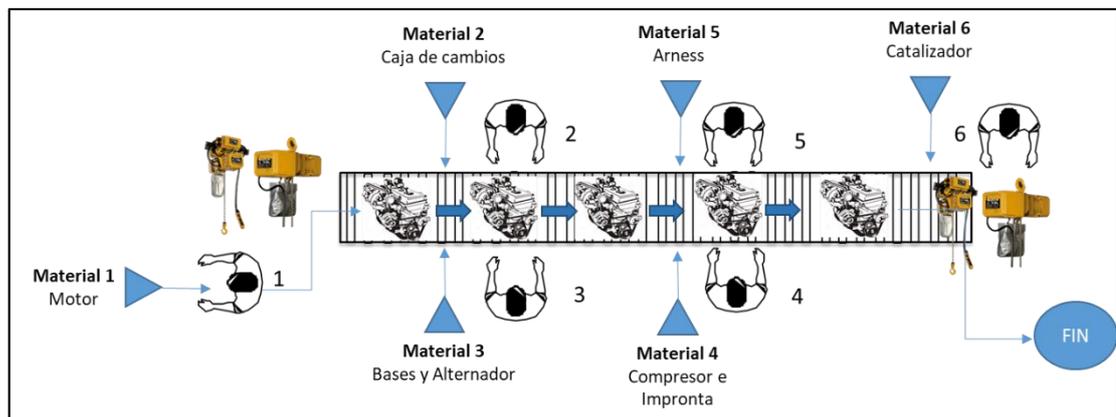


Figura 15 : Mapa de procesos Sail Motores

Para que el análisis de elementos sea más fácil de entender se desarrolla una gráfica de barras donde se pueda identificar operaciones que no agregan valor como caminar, esperar y los tiempos propios de la operación. Los tiempos de ciclo de pasajeros sail, puede observar en la Figura 16.

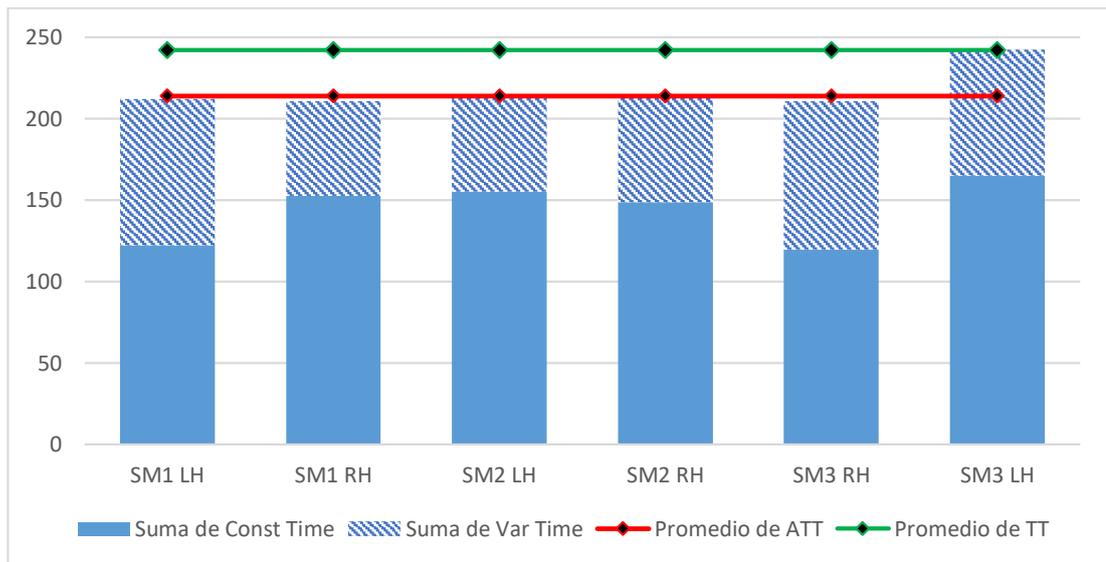


Figura 16 : Cargas de Trabajo Motores Sail

A continuación, se realiza el análisis de la gráfica donde se observa que cinco de las estaciones están junto a la línea que representa el actual *takt time* (ATT) y esto puede entender como un problema si existe una variación de velocidad; por lo contrario la estación SM3 LH instalación catalizador está por encima del ATT y llega al límite del *takt time* (TT) por tal motivo se concluye que esta estación no es capaz de producir una unidad en el tiempo establecido y será considerada como cuello de botella de este sistema.

2.4.3. Subensamble Comerciales

Al contrario de la línea de pasajeros, esta línea de subensamble está ubicada en la línea de chasis. Los motores son ensamblados en una mesa con 8 estaciones de trabajo estáticas, de las cuales 5 son operativas con un valor agregado de 618,96 segundos y 552,15 segundos de valor no agregado para lo cual se necesita actualmente un tiempo de ciclo total de 1171,11 segundos para ensamblar un motor como se evidencia en la Tabla 9.

Tabla 9: Tiempo de Ciclo estaciones de trabajo área motores comerciales

Estación de trabajo	VA [seg]	VNA [seg]	Tiempo Ciclo [seg]
SM1 RH: Trasladar motor	109,80	150,42	260,22
SM1 LH: Montaje plato y disco de Embrague	145,02	106,47	251,49
SM2 RH: Sacar improntas, acoplar transfer	83,88	122,58	206,46
SM2 LH: Montaje compresor A/C	110,40	75,30	185,70
SM3 RH: Montaje Alternador y Bomba	169,86	97,38	267,24
			1171,11

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

De igual forma que en la línea de pasajeros, cada estación dispone con racks de material que será utilizado para su proceso. La Figura 17 evidencia las entradas y posición del material respecto a la operación que se va a realizar.

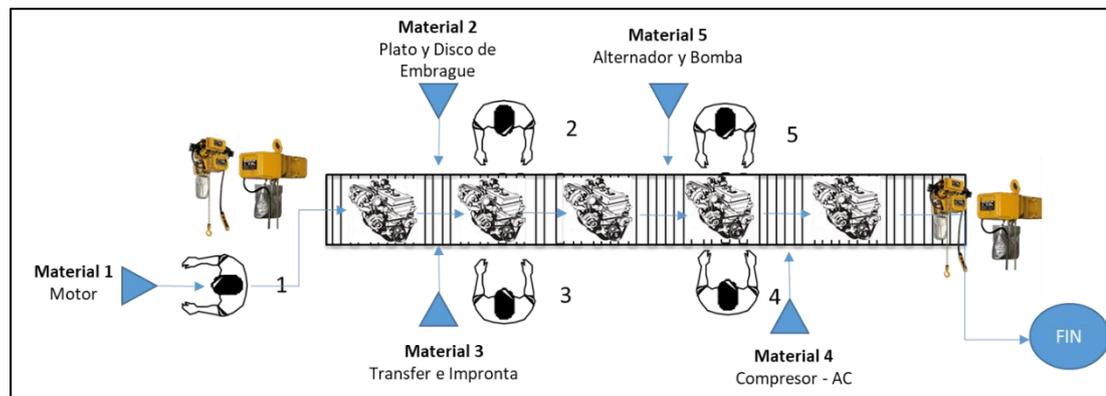


Figura 17 : Mapa de procesos D-MAX Motores

Similar a la línea de pasajeros para que el análisis de elementos sea más fácil de entender se desarrolla una gráfica de barras donde se pueda identificar operaciones que no agregan valor y los elementos propios de la operación. En la Figura 18 se puede observar los tiempos de ciclo de comerciales.

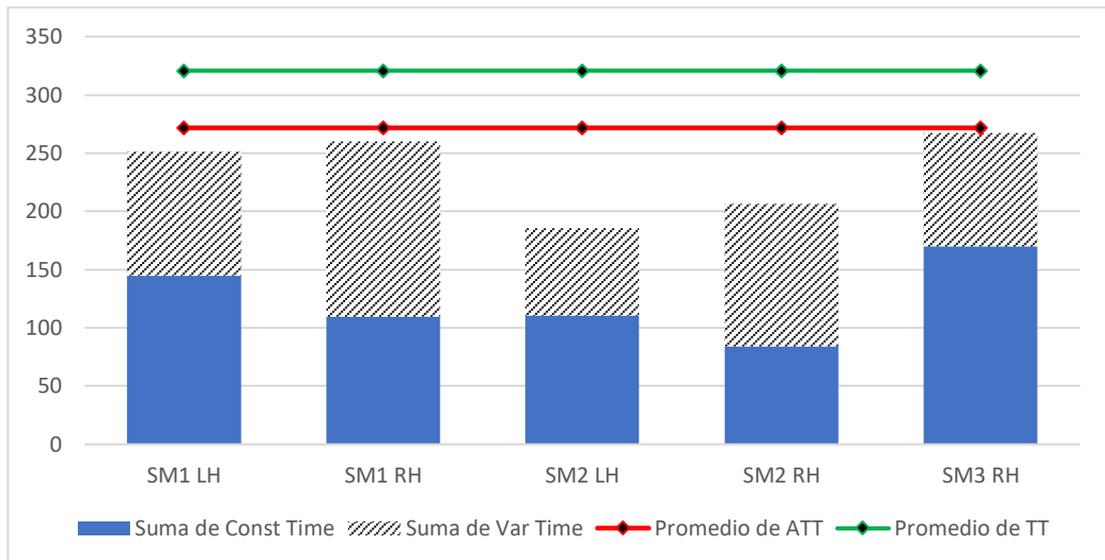


Figura 18 : Cargas de Trabajo Motores D-Max

A diferencia del modelo Sail en comerciales existen dos estaciones SM2 LH y SM2 RH cuyas cargas de trabajo son bajas y todas las estaciones están compuestas con una gran cantidad de operaciones que no agregan valor, esto se puede observar en la Figura 18. Para este sistema la estación cuello de botella es SM3 RH: Montaje Alternador y Bomba.

2.5. Oportunidades de mejora identificadas

Las principales mejoras que se identifican con ayuda del flujograma en cada una de las estaciones del proceso son las siguientes:

- Tiempo de traslado por cambio entre líneas (10 minutos) al cumplir el volumen de producción en el tiempo disponible establecido, además del tiempo de preparación de herramienta y material de la nueva línea.
- Alto porcentaje de paras en las estaciones, lo que produce un cuello de botella.
- Estaciones de trabajo con cargas desbalanceadas, tiempo de espera en las estaciones de trabajo.
- Tiempos muertos por esperas del proceso y excesos de desplazamiento para tomar material de los racks.

2.5.1. Tiempo de traslado por cambio de línea

Al tener una sola tripulación de operarios que inician su proceso en la línea de comerciales y una vez que se ha cumplido con el tiempo disponible y el volumen

establecido se realiza un movimiento de todos los operarios hacia la línea de pasajeros para realizar el respectivo arranque de línea y se pierden diariamente 10 minutos.

En la Figura 19 se representa las tres rutas utilizadas por los operadores para el traslado y cambio de líneas.

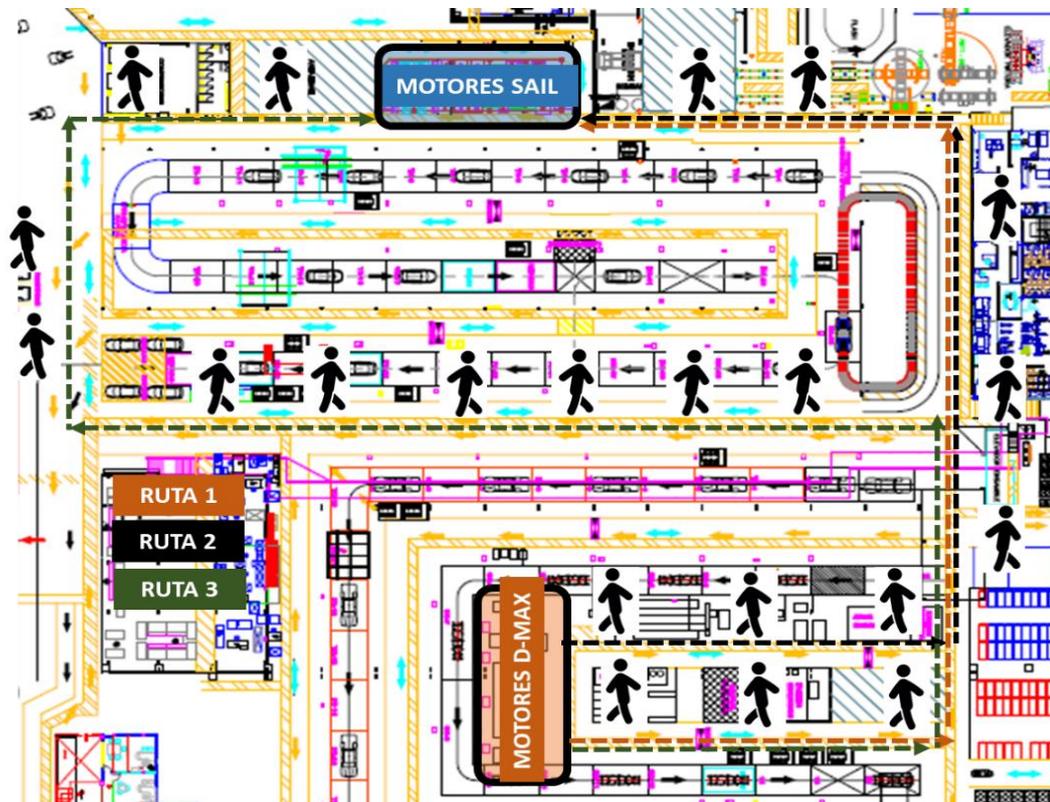


Figura 19 : Rutas utilizadas para el cambio de línea

Para empezar, se debe identificar los distintos motivos que ocasionan las demoras en el cambio de línea. Para este análisis se utilizará el diagrama de causa y efecto o de espina de pescado, también conocido como diagrama de Ishikawa, este esquema se combinará con una matriz de impacto.

Para el levantamiento de las causas más probables de la demora en el cambio de línea se realiza un taller de lluvia de ideas entre los miembros de equipo de trabajo (METs) y líderes de equipo (LETs) quienes son los que experimentan este proceso a diario.

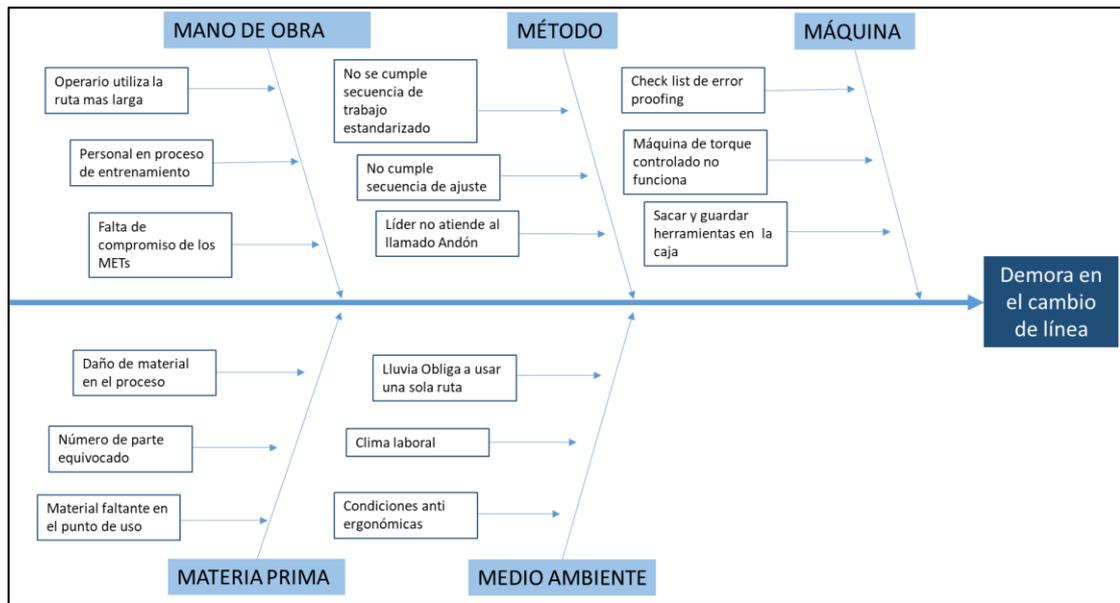


Figura 20 : Diagrama Causa y Efecto- Demora en el cambio de línea

En el diagrama causa efecto de la Figura 20 se aprecia el análisis de las posibles causas que generan la demora de los operarios en el cambio de línea ordenadas de acuerdo al criterio en las 5M's

Así mismo para poder definir de manera correcta la causa más probable se utilizará una matriz de riesgos o de impacto, con el fin de valorar la importancia de cada una de las causas más potenciales respecto al efecto obtenido.

Enseguida en la Tabla 10 se muestra la definición y el puntaje que se utilizara para cualificar el peso de las causas más potenciales estudiadas.

Tabla 10: Definición y puntaje del peso de las causas más potenciales.

Puntaje	Definición
0	No existe correlación con el efecto o problema
1	Afecta o atribuye muy poco al problema
2	El efecto es moderado con respecto al problema
3	Tiene un efecto fuerte y directo en el problema

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Al empezar el análisis los operadores y los líderes de equipo han considerado necesario según la importancia, establecer el peso de cada uno como se observa en la Tabla 11:

Tabla 11: Ponderación de las causas más potenciales según LET-MET.

Ponderación	Definición
10	Se redujo el derroche de movimientos
9	Elimina Procesos sobrantes
8	Reducir Transportes innecesarios
7	Elimina trabajos realizados por errores
6	Reducción de paradas o esperas

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

En el Anexo F, se encuentra los datos tabulados de acuerdo con la evaluación de impacto de las causas y efectos; para la penalización o valoración se solicitó a los operarios de producción y líderes de equipo quienes son los que diariamente viven la realidad de este proceso.

Los resultados de la evaluación de las causas de mayor impacto se pueden evidenciar en la Figura 21.

Nivel de importancia para el cliente	10	9	8	7	6	TOTAL
Procesos Salidas (Que se va ha mejorar)   Proceso Entradas (Actividades, Iniciativas)	Reducción de exceso de movimientos	Elimina Procesos innecesarios	Reduce Transportes innecesarios	Elimina re-trabajos por errores	Reducción de esperas o paras	
Sacar y guardar herramientas en la caja	9	9	9	3	6	300
Operario utiliza la ruta más larga	9	3	9	1	9	250
Lluvia Obliga a usar una sola ruta	9	6	9	3	0	237
Check list de error proofing	3	9	3	6	9	231

Figura 21 : Causas con mayor impacto- Cambio de Línea

Estas causas de mayor impacto serán analizadas, reducidas y en el mejor de los casos eliminadas en el planteamiento del capítulo 3 de este proyecto.

2.5.2. Determinar Cuellos de Botella

Como se explicó en el apartado 1.5 el principio fundamental de la teoría de restricciones se basa en que todo proceso tiene un eslabón débil, es el proceso más lento y marca el ritmo de trabajo.

Para el análisis de esta investigación se establecerá en primera instancia el top de paras del sistema para identificar cuál de las estaciones es la que más problemas a tenido para producir constantemente los motores. Seguido se construirá una pared de balanceo con las cargas de trabajo de cada estación para su respectivo análisis.

2.5.2.1. Paras de proceso

Cuando se ha cumplido la producción y se realiza los cambios de líneas se puede evidenciar dentro del sistema paras no programadas propias del proceso, estas paras generan pérdidas de producción.

En el Anexo G, se muestra un extracto de la base general de paras donde se registran todas las pérdidas de producción del área de ensamble estos datos serán analizados para identificar las paras de mayor impacto y buscar las posibles soluciones para garantizar que no exista demoras en las estaciones de trabajo.

En la Figura 22 se puede observar las tres estaciones de la línea de pasajeros donde están concentradas el 80% de los problemas sobre las cuales se debe colocar planes de acción.

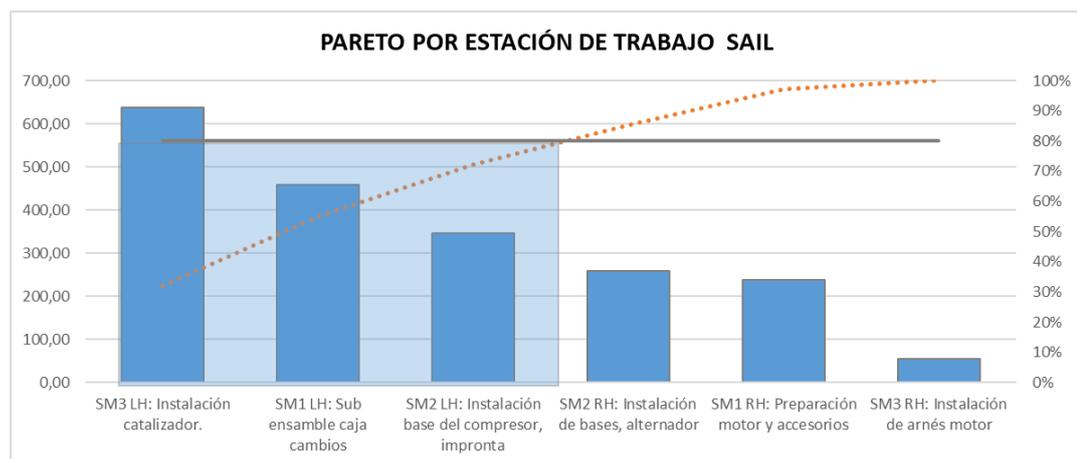


Figura 22 : Pareto por estación de trabajo sub ensamble pasajeros

Del análisis del Pareto de las seis estaciones de la línea de subensamble de motores pasajeros se deduce que las estaciones con mayor aportación de paras del proceso son:

- SM3 LH: Instalación catalizador
- SM1 LH: Subensamble caja cambios
- SM2 LH: Instalación base del compresor, impronta

Con estos resultados se debe centralizar al análisis más enfocado en los eventos ocurridos en estas estaciones.

En el Anexo H se muestra el detalle de los 1442,82 minutos de para en los eventos ocurridos en las 3 estaciones en estudio, con estos datos se realiza un nuevo análisis de Pareto para identificar los eventos principales que afectaron a estas estaciones; para determinar en cual del 20% de las causas, están el 80% de los problemas a resolver.

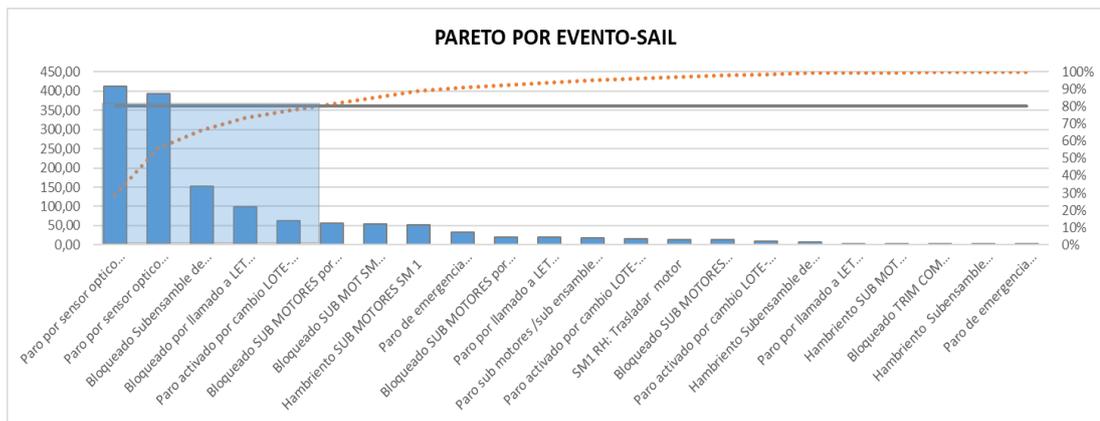


Figura 23 : Pareto por evento de para línea pasajeros

En la Figura 23 se puede observar el 80% de los problemas según el Pareto están enfocados en 5 causas de las cuales, los dos primeros eventos, paro por el sensor óptico están relacionadas al equipo de mantenimiento por daño en la mesa transportadora al ingreso y salida de la mesa. El tercer evento Bloqueado subensamble se refiere cuando existe algún problema en el área de materiales para distribuir los coches de motores terminados. El cuarto y quinto evento bloqueado por llamado a LET (Líder de Equipo) está directamente relacionado a los problemas que el operario encuentra al momento de realizar su operación como son: ingreso de material en mal estado, cantidad de material no adecuado, material no está a tiempo en el punto de uso.

Para eliminar los desperdicios y actividades que no aportan valor al subensamble de motores las operaciones que se deben tomar en cuenta para solucionar estos problemas en la línea de pasajeros según el análisis realizado sería, eliminar el daño al ingreso y salida de las mesas para sub ensamblar y eliminar los problemas de material en el punto de consumo.

Posteriormente, se efectúa un análisis similar para la línea de comerciales.

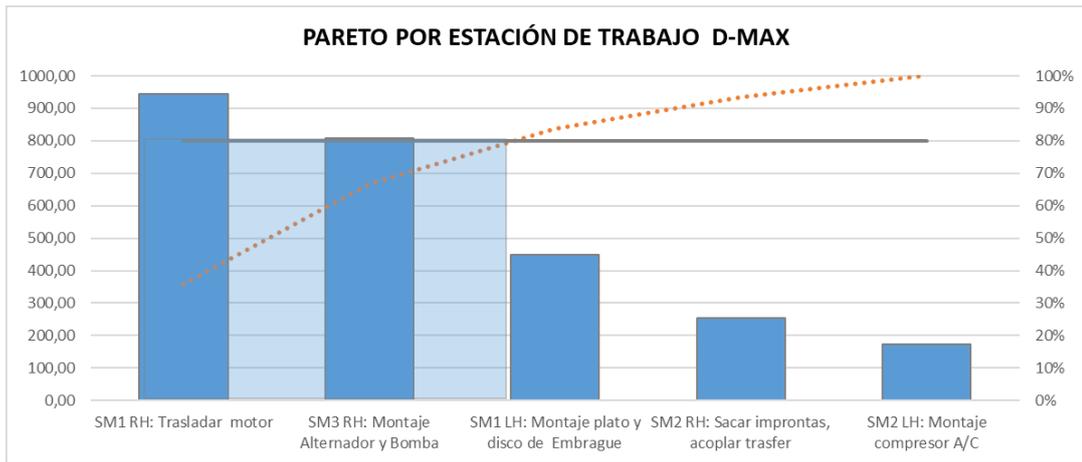


Figura 24 : Pareto por estación de trabajo sub ensamble D-Max

En la Figura 24 : Pareto por estación de trabajo sub ensamble D-Max se puede observar que el 80% de los problemas se encuentra en las estaciones:

- SM1 RH: Trasladar motor
- SM3 RH: Montaje Alternador y Bomba.

De la misma manera con esta información se busca identificar el 80% de los problemas a resolver de todos los eventos ocurridos en estas dos estaciones. En el Anexo I se puede observar el detalle de eventos y los 1751,83 minutos que generaron desperdicio en las estaciones; con estos datos se construirá el Pareto para identificar los eventos principales que afectaron a estas estaciones.

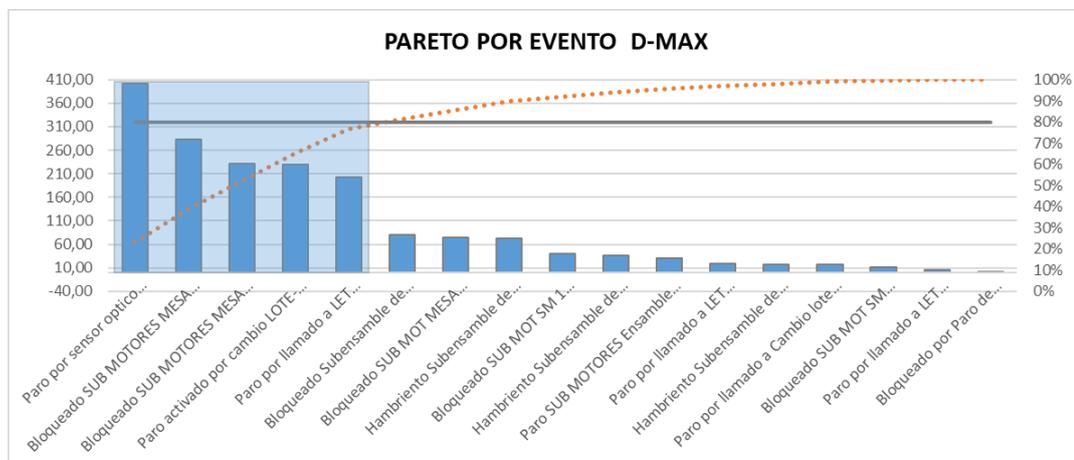


Figura 25 Pareto por evento de para línea Comerciales

En la Figura 25 se puede identificar el 80% de los problemas según el Pareto están enfocados en 5 causas de las cuales, el primer evento, paro por el sensor óptico están relacionadas al equipo de mantenimiento por daño en la mesa transportadora al ingreso y salida de la mesa, similar situación a la línea de pasajeros. El segundo y tercer evento Bloqueado subensamble se refiere cuando existe algún problema en el área de materiales para distribuir los coches de motores terminados o no existía motores para iniciar el proceso. El cuarto y quinto evento son similares a los encontrados en la línea de pasajeros como se evidencia en la Figura 23 y Figura 25.

Bajo estas consideraciones y siguiendo la línea de investigación que es el eliminar los desperdicios y actividades que no aportan valor al tiempo de ciclo para el subensamble del motor; las acciones que se debe tomar en las dos líneas para eliminar estos problemas son las siguientes:

- Daño al ingreso y salida de las mesas para sub ensamblar.
- Problemas de material en el punto de consumo.

2.5.2.1.1. Daño al ingreso y salida de la mesa

En esta investigación se realizó un análisis más profundo a la problemática, es por ello que se aplicó una de los métodos más fáciles para la solución de problemas, esta es el “ir y ver”, esta técnica fue aplicada por el mismo Taiichi Ohno. Durante la investigación y visita a las estaciones de trabajo los miembros de equipo (MET) indican, que para este evento las paradas son bastante repetitivas; por tal motivo se aprovecha y se realiza una lluvia de ideas con los operarios de producción y mantenimiento.

El diagrama de estrategias es utilizado en esta ocasión con el fin de identificar la causa raíz de este evento, como se presenta en la Figura 26 donde se colocará las ideas principales de las posibles variables que lo genera.

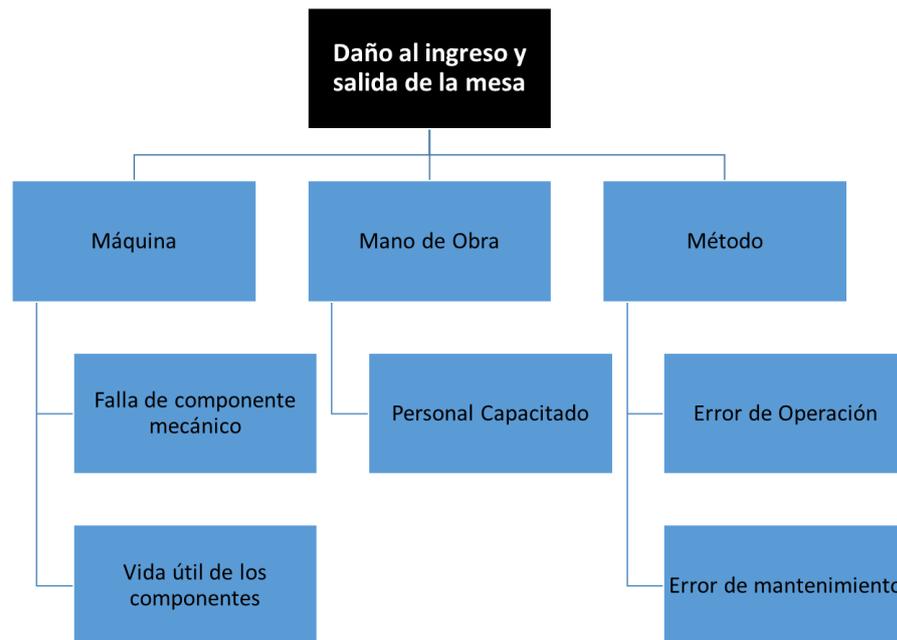


Figura 26 : Diagrama de estrategia daño de la mesa

El análisis parte por el método donde se encuentra dos posibles causas; error en la operación y error en el mantenimiento. Para descartar estas posibles causas se realiza una auditoria para comprobar el cumplimiento del trabajo bajo los estándares especificados (Anexo J) en el caso de los operarios de producción y manual de operación para los técnicos de mantenimiento.

Realizada la auditoria se puede evidenciar que el trabajo realizado en cada estación de trabajado se realiza de forma correcta, con una alteración menor al 2% de diferencia respecto a los expuestos en los documentos auditados. Por ello se descarta la rama del método como causante principal del problema como se puede confirmar en la Figura 27.

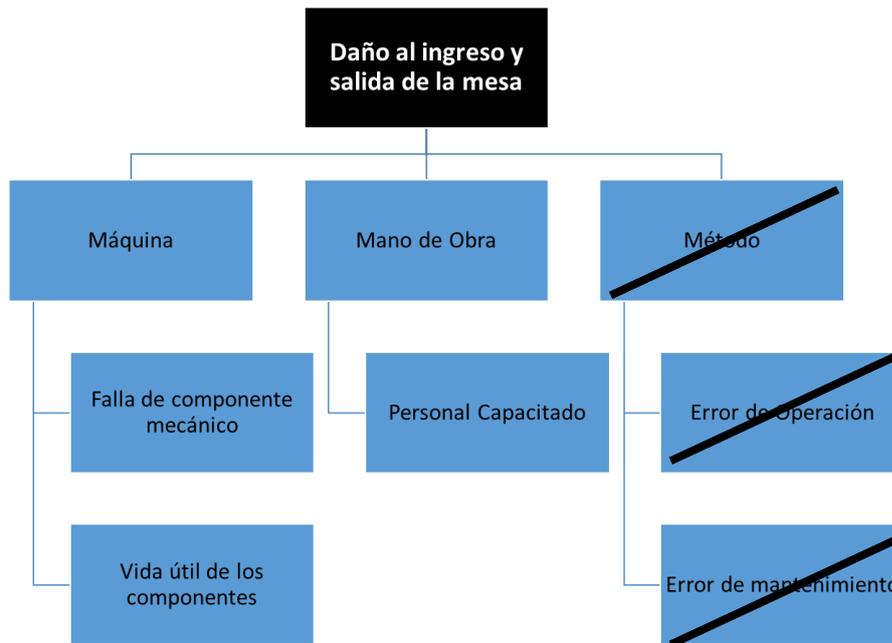


Figura 27 : Diagrama de estrategia eliminación método

Para realizar el análisis de mano de obra se solicita al líder de grupo de producción la matriz de flexibilidad (Anexo K), donde indique que los operarios están certificados en la operación de la mesa. Para el área de mantenimiento se solicita al técnico su matriz de versatilidad que indique que el técnico está capacitado para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de esta máquina.

Los líderes de grupo presentan la información solicitada, esto conlleva a que, se descarta la rama de mano de obra como causa principal del problema como se verifica en la Figura 28.

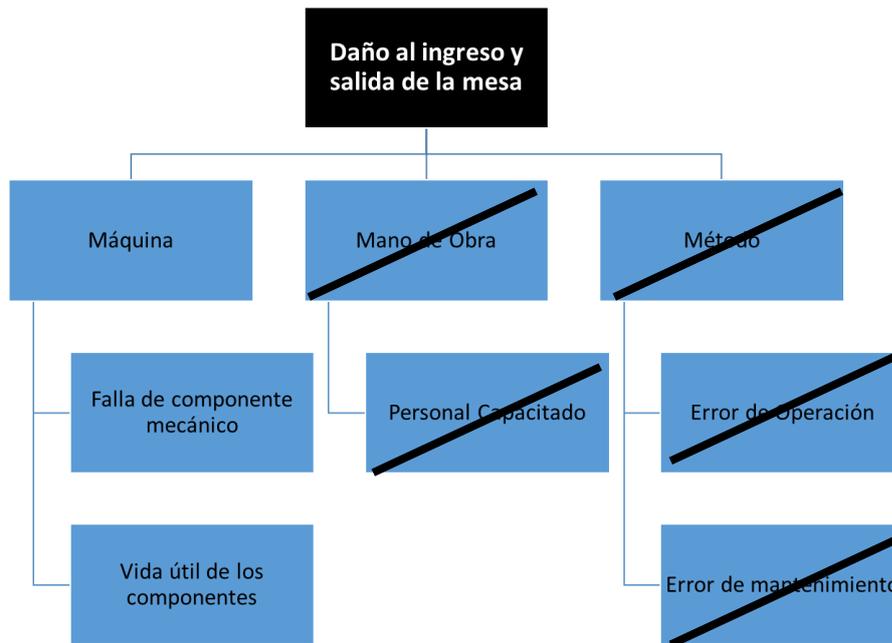


Figura 28 : Diagrama de estrategia eliminación mano de obra

Una vez descartado el método y la mano de obra se centra el análisis en la máquina con dos posibles causas la falla de los componentes mecánicos que en este caso es un cilindro y la vida útil del mismo.

En la Figura 29 se detallan los indicadores de mantenimiento con los cuales se revisaran para validar la frecuencia de falla en el cilindro según el fabricante Festo [33]:

- *Mean Time To Repair* (MTTR) o tiempo medio de reparación en español: Es el tiempo medio para el restablecimiento después de una avería de un sistema.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo Total de Mantenimiento Correctivo}}{\textit{Número de acciones de Reparación}}$$

- *Mean Time Between Failure* (MTBF) o tiempo medio entre fallos en español: Describe el tiempo entre dos averías en productos reparables y una probabilidad de averías constante.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo Total Disponible} - \textit{Tiempo Perdido}}{\textit{Número de paradas}}$$

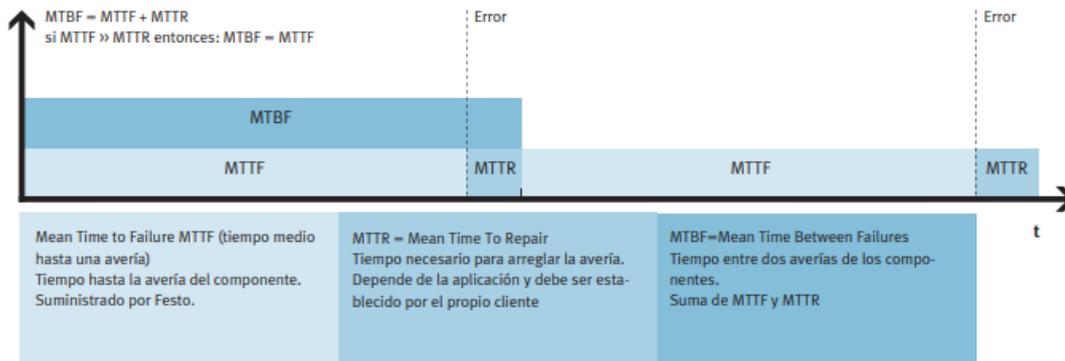


Figura 29 : Indicadores de mantenimiento [33]

El tiempo medio entre las averías (MTBF) se convierte en un indicador de rendimiento muy significativo para las máquinas, así como el tiempo medio de reparación (MTTR) o restablecimiento después de una avería de la máquina. Con esta consideración el equipo de mantenimiento realiza el análisis con la información de reparaciones y eventos suscitados en estos elementos de la mesa, principalmente en el sensor óptico que se activa cuando el cilindro ha realizado correctamente la función de subir y bajar la mesa.

Al analizar los datos que se almacena en el sistema de procesamiento GPMC (*Global Production monitoring and Control* o Monitoreo y control de la producción global en español) se confirma que el sensor óptico que se activa cuando el cilindro ha realizado correctamente la función de subir y bajar la mesa es el que más fallos ha detectado en las dos líneas y que su tiempo de reparación es el más elevado como se puede ver en la Figura 30.

LINEA	Alarm Message	TIEMPO DE PARA MIN.	CANTIDAD DE FALLAS	TIEMPO DE PARA HORAS
COMERCIALES	Paro por sensor optico Subensamble Motores	322,52	10	5,38
	Bloqueado SUB MOTORES MESA 3	231,00	1	3,85
	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estaci	71,97	5	1,20
	Bloqueado Subensamble de Motores en estacion SM 1	57,50	1	0,96
PASAJEROS	Paro por sensor optico Subensamble Motores	549,17	31	9,15
	Bloqueado Subensamble de Motores en estacion SM 3	152,13	1	2,54
	Bloqueado SUB MOTORES SM 1	133,00	1	2,22
	Paro de emergencia Subensamble Motores Estación 3	12,60	36	0,21
	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estaci	8,67	11	0,14

Figura 30 : Indicadores de mantenimiento mesa-cilindro

Con esta información descartan el daño del cilindro más bien lo direccional a que ya cumplió su vida útil y necesita un reemplazo urgente ya que las paradas de la producción por averías prolongadas e inesperadas también significan grandes pérdidas de tiempo y dinero.

Con este análisis las variables o modos de fallas son descartados en el diagrama de estrategias, en la Figura 31 se puede evidencia el desarrollo del diagrama, hasta llegar a la conclusión que la vida útil del componente es la causa raíz.

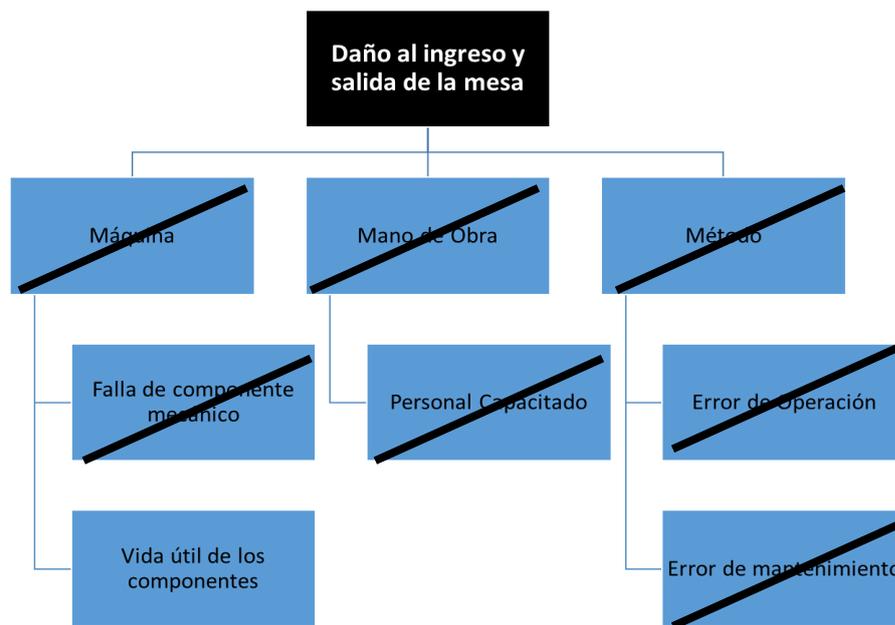


Figura 31 : Diagrama de estrategia eliminación falla del componente mecánico

Al determinar con ayuda del diagrama de estrategia que la principal causa raíz de la falla de la mesa al ingreso y salida de la mesa es la vida útil de la misma, en el capítulo 3 de este proyecto se planteara una posible solución a este problema que afecta a las dos líneas.

2.5.2.1.2. Problemas de material en el punto de consumo

Para el análisis de este problema se solicita soporte al área de materiales ya que según indican los miembros de equipo de trabajo (MET), las paradas de línea son constantes por problemas de ingreso de material en mal estado, cantidad de material no adecuado al modelo y lote que se está por ensamblar, además de material que no está a tiempo en el punto de uso.

Para encontrar la causa raíz de este problema se utiliza una herramienta implementada en la planta de GM-OBB dentro del principio de mejoramiento continuo como es el sistema andon. El andon es un sistema de control de procesos de piso operativo (que se puede activar manual o automáticamente), con el fin de comunicar la necesidad de asistencia cuando ocurren situaciones inconsistentes, así como notificar información relevante.

Para este caso de estudio se analizará los llamados al equipo de materiales desde las distintas estaciones de trabajo del área de subensamble motores, de acuerdo con los datos que proporciona las distintas pulsaciones de la botonera andon y tiempo de parada de la línea que se almacena el sistema de procesamiento GPMC (*Global Production monitoring and Control*). En el Anexo L se puede verificar la pantalla de trabajo realizada por el área de mantenimiento para el análisis de cuellos de botella.

La Figura 32 se ejemplifica un esquema básico del funcionamiento del sistema andón implementado en el área de subensamble de motores. El sistema cuenta con un botón de color amarillo que se utiliza para llamar al líder de equipo, un botón color azul el que se presiona cuando se necesita ayuda del equipo de mantenimiento y un botón color verde que se utiliza cuando se necesita soporte del área de materiales.

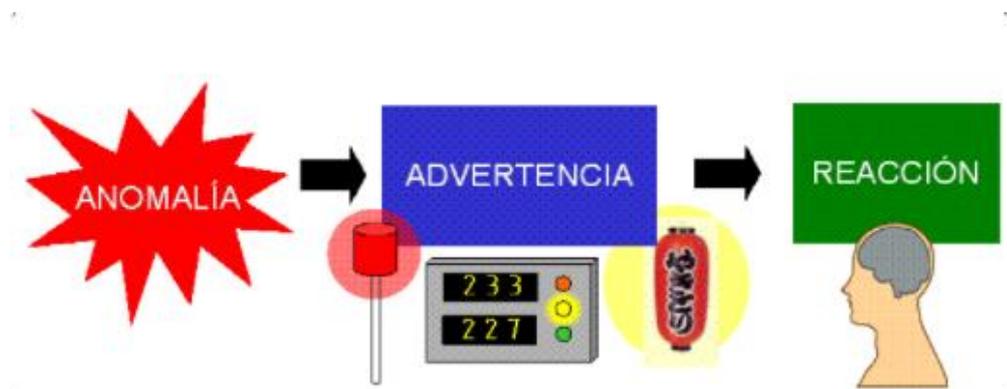


Figura 32 : Esquema básico del sistema andon

Para empezar con el análisis se explica brevemente el correcto funcionamiento del sistema andon. Inicia cuando el operario de la estación detecta una anomalía en su proceso que no le permita continuar con su secuencia de trabajo establecida, para lo cual activa el llamado al líder de equipo al presionar el botón color amarillo en la botonera de su estación de trabajo. Seguido se enciende la baliza la cual se ubica en la

parte superior, de la estación donde se necesita ayuda, mientras tanto en el sistema GPMC se activa una alerta que marcara el inicio y final del llamado.

Para el análisis de este proyecto se utiliza la información de llamados al equipo de materiales y con ayuda de los líderes de equipo se realiza un levantamiento de los motivos más probables de los inconvenientes por los cuales se activó el llamado andón, esta información se colocará en el formato de llamados (Anexo N).

Para establecer los principales motivos por los cuales se realiza el llamado al equipo de materiales se realiza una entrevista a los operarios de las dos líneas quienes son los principales usuarios que viven el trabajo diario, obtenido como resultado los siguientes motivos principales:

- Material equivocado
- Partes mínimas en el rack
- Faltante de partes
- Material dañado
- Tornillería incompleta

El resumen de los llamados con el detalle del motivo por el cual se acciono el andón en el área de motores se puede evidenciar en la Figura 33.

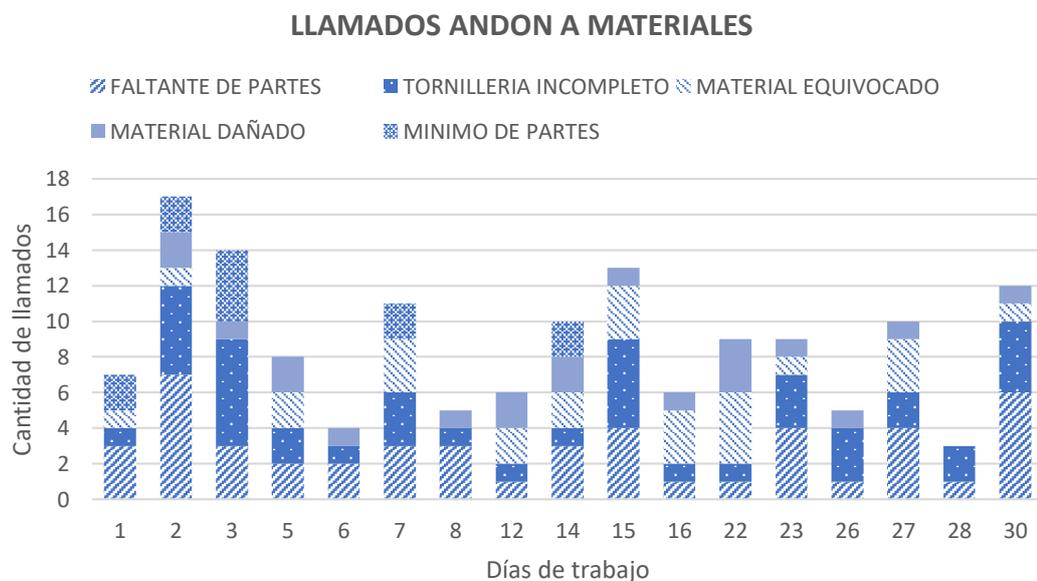


Figura 33 : Seguimiento diario de llamados al equipo de materiales

Para determinar el motivo principal del llamado al equipo de materiales se procede tabular los 149 datos recolectados durante un mes de trabajo organizados en la Tabla 12.

Tabla 12: Cantidad de llamados al equipo de materiales por motivo.

Motivo del llamado	Cantidad.
Faltante de partes	49
Tornillería incompleta	42
Material equivocado	26
Material dañado	20
Mínimo de partes en el rack	12

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Según la Figura 34 existen 3 causas principales, las cuales representan el 80% de los problemas.

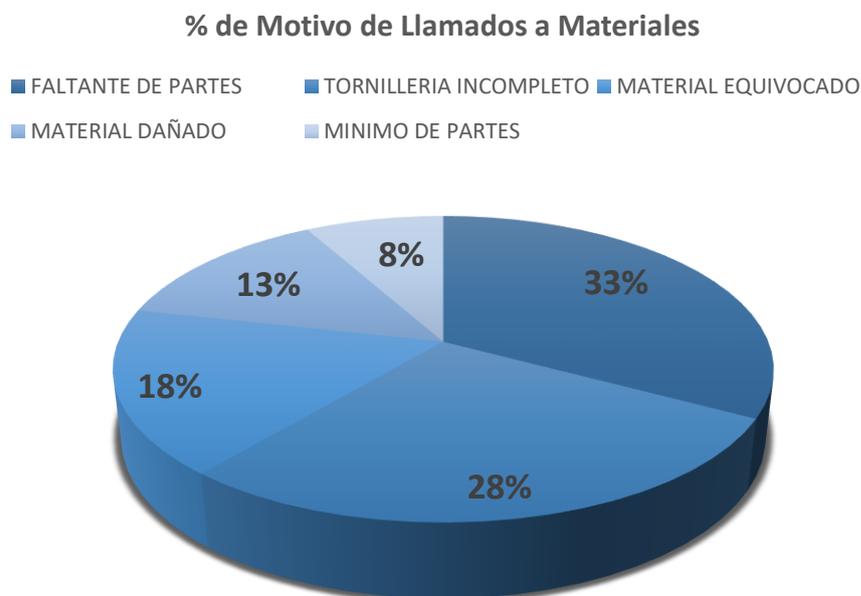


Figura 34 : Principal motivo para el llamado al equipo de materiales

De la misma manera en el capítulo 3 se debe analizar e implementar acciones que minimicen o eliminen los desperdicios y actividades que no aportan valor al subensamble de motores, como es este al romper la secuencia de ensamble al realizar

un llamado por problemas de faltantes de partes, tornillería incompleta y material equivocado en el rack.

2.5.3. Desbalanceo de cargas de trabajo

En la disposición actual para los subensambles de motores cada estación de trabajo se desarrolla con distintos tiempos de ciclo o tiempo de trabajo. Por ende, es indispensable llevar a cabo el levantamiento de los tiempos de trabajo que cada operario realiza identificando los movimientos que se realizan de forma innecesaria, es decir tiempo variable (VNA) y los tiempos constantes (VA), es decir los propios de la operación.

Como se explicó en el apartado 1.4.2.5 de este proyecto, el tiempo de ciclo es la cantidad de tiempo que le toma a los trabajadores del equipo o máquinas del área, completar su acción o secuencia de trabajo. En este tiempo se toma en cuenta los elementos que agregan valor como lo es el trabajar y también el que no agregan valor, el cual hace referencia al movilizarse de un lado a otro, y esperar cuando es inevitable dentro del ciclo de trabajo. Lo ideal es que, el tiempo de ciclo debería ser tan cercano como sea posible al Tiempo Real de Operación.

Para GM-OBB la productividad es un indicador muy importante por tal motivo se mide con los siguientes KPI de productividad los mismos que serán de ayuda para verificar la mejora con los resultados de este trabajo.

2.5.3.1. Eficiencia Operacional (ΣCT)

La eficiencia operacional o sigma CT representa la relación entre el tiempo de ciclo que le ocupa a una persona finalizar su labor o secuencia de trabajo y el Tiempo Real de Operación (ATT) el cual indica el tiempo permitido para producir un artículo o vehículo.

$$\Sigma CT = \frac{\text{Suma de tiempos de ciclo}}{\#Estaciones \times ATT}$$

2.5.3.2. Trabajo Neto (ΣET)

Es la sumatoria del tiempo del elemento que tiene una persona en su serie o secuencia de trabajo y el Tiempo Real de Operación (ATT) el cual, como ya se mencionó

anteriormente, hace referencia al tiempo permitido para producir un artículo o vehículo).

$$\sum ET = \frac{\text{Suma de tiempos de valor agregado}}{\#Estaciones \times ATT}$$

El levantamiento de tiempos por cada estación de trabajo y operador de la línea de comerciales comparada con el actual takt time (ATT) y takt time (TT), se puede observar en la Figura 35.

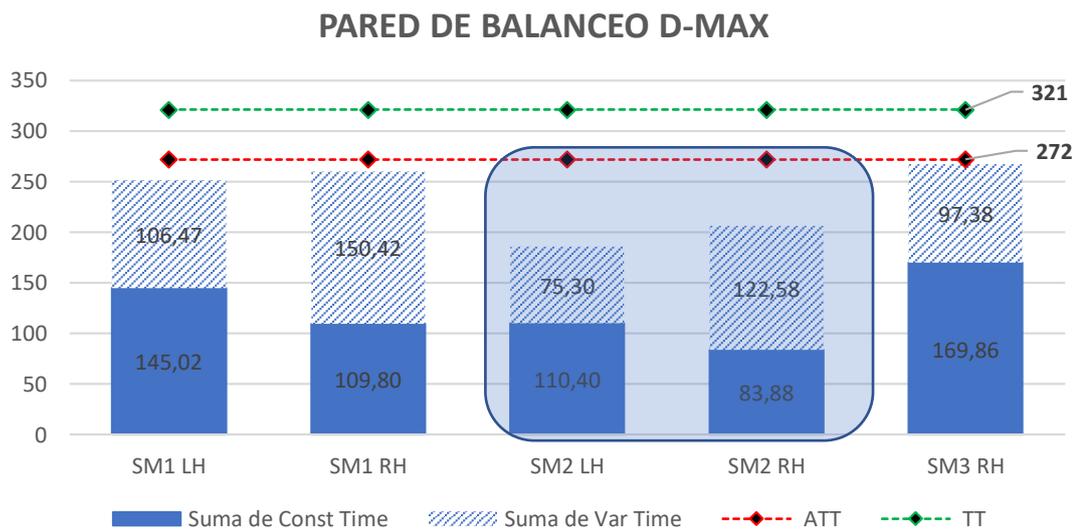


Figura 35 : Pared de Balanceo D-Max Motores

Al realizar el análisis de la pared de balanceo de la línea de D-Max se observa que las estaciones SM2 LH y SM2 RH el tiempo de ciclo es bajo respecto al ATT y en relación a las demás estaciones, lo que evidencia una perdida en los tiempos de espera o tiempos muertos de los operadores entre procesos. Es importante también observar que existe más tiempo variable (Var Time) entre los que puede haber exceso de movimiento y transporte innecesarios.

Para identificar los desperdicios que se encuentran en las estaciones de trabajo y buscar la forma de eliminarlos o reducirlos, se realiza una segregación de las operaciones. En el Anexo O, se puede revisar la segregación de las operaciones que se realizan en cada estación de trabajo, así como el movimiento que el operador realiza para cumplir de la mejor forma con su secuencia de trabajo.

En la siguiente Tabla 13 se muestra los principales indicadores de productividad de la línea de comerciales que son las métricas que deben ser mejoradas.

Tabla 13: Indicadores de productividad de la línea Dmax.

Indicador	Desempeño	Objetivo
Sigma CT (Σ CT)	86,1%	90%
Sigma ET (Σ ET)	45,5%	60%
Valor Agregado (VA)	52,9%	70%
Valor No Agregado (VNA)	47,1%	30%

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

De lo anterior se puede concluir que se debe buscar una mejora del 8,9% de la eficiencia operacional o sigma CT de la línea de comerciales. En cuanto al trabajo neto o sigma ET la mejora esperada es de 34,5%. El principal desafío es reducir el 17,1% los desperdicios expresados en el valor no agregado.

En la Figura 36 se puede evidenciar el levantamiento de tiempos por cada estación de trabajo y operador de la línea de pasajeros comparada con el *actual takt time* (ATT) y *takt time* (TT).

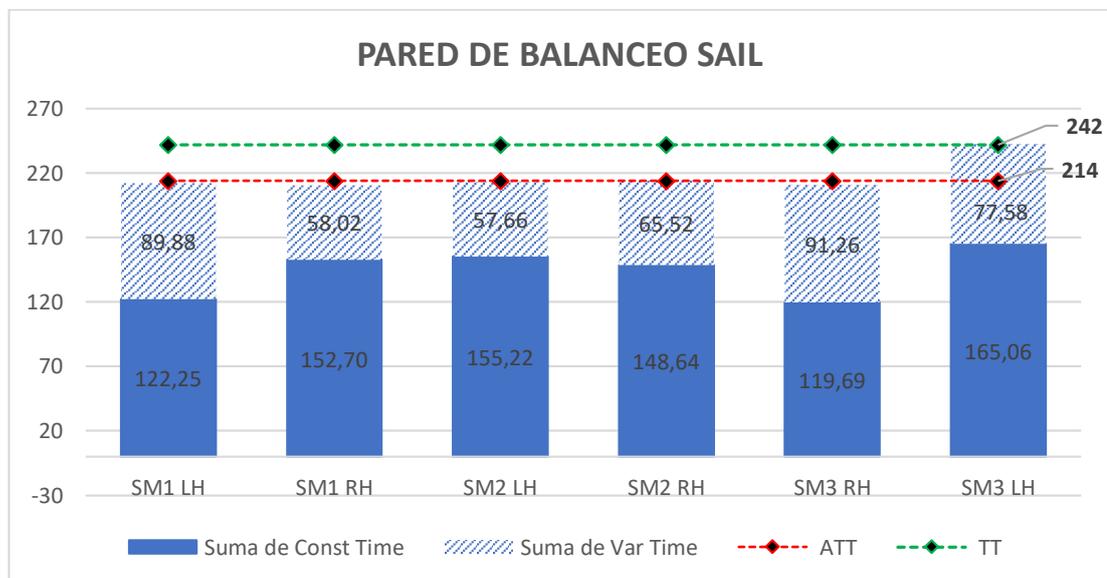


Figura 36 : Pared de Balanceo Sail Motores

En la pared de balanceo del modelo Sail (Figura 36), se evidencia que la mayor parte de los tiempos en las estaciones de trabajo es equivalente al *actual takt time* (ATT), esto quiere decir que hay una alta carga de trabajo e incluso en la estación SM3 LH se observa tiempos superiores al máximo permitido.

Una opción para la mejora de los tiempos de estas estaciones con tiempos cercanos y sobre el ATT es revisar los movimientos, ritmo de trabajo y tiempos de los operadores al explorar los distintos desperdicios que se puedan eliminar o reducir para mejorar el tiempo de ciclo. Adicional, se puede observar en las paredes de balanceo que todas las estaciones tienen un porcentaje de tiempo variable (Var Time) es decir actividades que no agregan valor.

Para identificar los desperdicios que se encuentran en las estaciones de trabajo y buscar la forma de eliminarlos o reducirlos, se realiza un desglose de las operaciones. En el Anexo P, se puede revisar la segregación de las operaciones que se realizan en la estación, así como el flujo de movimiento que el trabajador realiza para cumplir con su secuencia de trabajo.

Los principales indicadores de productividad de la línea de pasajeros se presentan en la Tabla 14, son estas las métricas que deben ser mejoradas.

Tabla 14: Indicadores de productividad de la línea Sail.

Indicador	Desempeño	Objetivo
Sigma CT (Σ CT)	101,5%	95%
Sigma ET (Σ ET)	67,3%	80%
Valor Agregado (VA)	66,3%	70%
Valor No Agregado (VNA)	33,7%	30%

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

El porcentaje de la eficiencia operacional o sigma CT está 1,5% por arriba del valor ideal, eso se evidencia en la Tabla 14, lo que indica que en esa área las estaciones están sobrecargadas de trabajo. En cuanto al trabajo neto o sigma ET la mejora esperada es de 12,7%. A diferencia de la línea de D-Max el desafío es reducir el 3,7% los desperdicios expresados en el valor no agregado.

Una vez realizado el análisis de los indicadores de productividad en cada línea, en la Figura 37 se puede ver un ejemplo del detalle de los elementos que conforman el tiempo de ciclo y los cuales serán analizados en cada una de las estaciones de trabajo del área de subensamble motores.

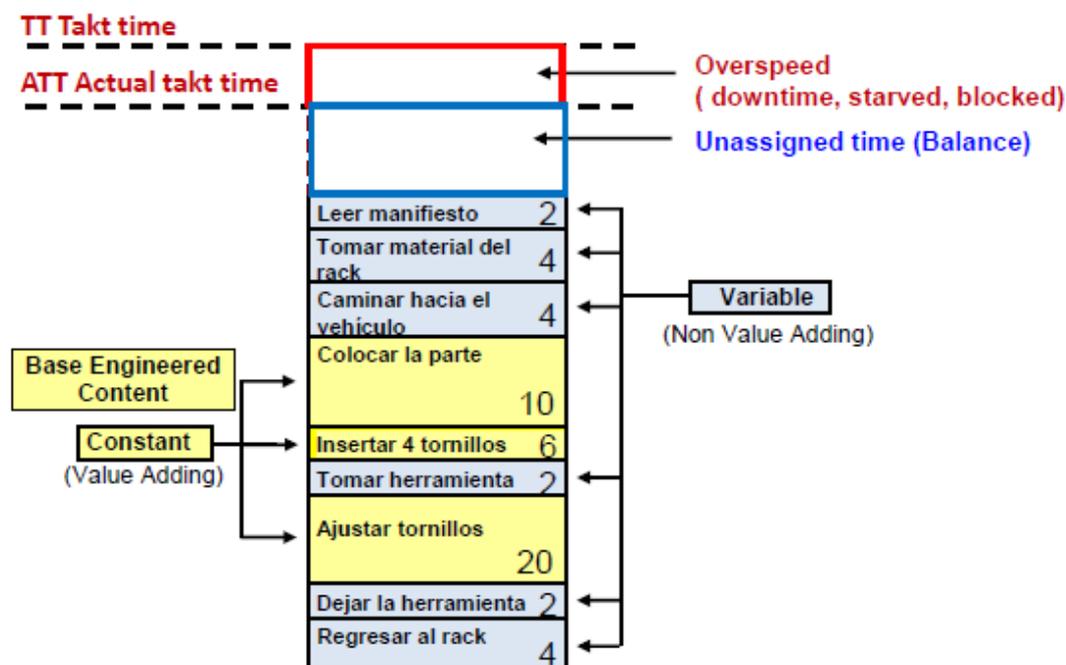


Figura 37 : Valor Agregado (VA) – Valor No Agregado (VNA)

2.5.4. Tiempos muertos o de espera, excesos de desplazamiento.

Para dar solución al problema planteado de eliminar los desperdicios y actividades que no aportan valor al subensamble de motores se debe determinar los distintos desperdicios propios a la operación.

Para iniciar con el análisis y la identificación de desperdicios primero se debe validar la cantidad de elementos que conforman cada una de las estaciones de trabajo. En la Tabla 15 se muestra los 217 elementos que conforman el trabajo estandarizado de las distintas estaciones en análisis.

Tabla 15: Cantidad de elementos del trabajo estandarizado.

Modelo	Estación de trabajo	Cantidad de elementos
D max:	Montaje Alternador y Bomba	24
	Trasladar motor	17
	Sacar improntas, acoplar transfer	14
	Montaje plato y disco de Embrague	21
	Montaje compresor A/C	18
Sail:	Subensamble caja cambios	13
	Preparación motor y accesorios	15
	Instalación base del compresor, impronta	17
	Instalación de bases, alternador	22
	Instalación catalizadora.	33
	Instalación de arnés motor	23
	Total, elementos:	217

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Para encontrar las principales causas se realiza una auditoria a las cinco estaciones de trabajo conformadas por 94 operaciones para el ensamble de un motor D-Max, el mismo proceso se realiza a las seis estaciones de trabajo conformada por las 123 operaciones de la línea Sail.

Para este análisis se utiliza la lista de comprobación de desperdicios (Anexo Q) implementado por el área de mejoramiento continuo de la empresa. El cual está conformado por los diez desperdicios; cada desperdicio está conformado por su criterio de evaluación.

En la Figura 38 se muestra un extracto del check list donde se puede observar el criterio con el cual se evaluará cada una de las estaciones de trabajo del área de subensamble de las líneas de pasajeros y comerciales.

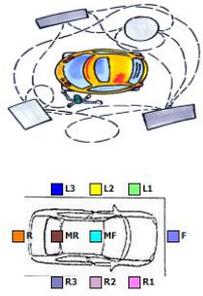
Tipos de Desperdicios		Ejemplos de desperdicio - Criterio	Ideal
 <p data-bbox="308 813 619 857">EXCESO DE MOVIMIENTOS DEL OPERADOR</p>	1	Caminar para tomar partes	Cero
	2	Caminar alrededor del vehículo (sin tomar o ensamblar partes)	Cero
	3	Caminar a tomar la herramienta	Cero
	4	Caminar para intercambiar batería de máquina / transbordo de partes	Cero
	5	Número de zonas del vehículo que trabaja el operador	≤ 3
	6	Caminar con partes en las manos (caminar después de tomar la parte)	Cero
	7	Realización de movimientos innecesarios para la operación	Cero

Figura 38 : Extracto del check list de identificación de desperdicios

En la Tabla 16 muestra el resumen de los principales desperdicios identificados en las operaciones realizadas por los operarios.

Tabla 16: Desperdicios identificados en las zonas de motores.

Desperdicio	Criterio
<ul style="list-style-type: none"> Exceso de movimientos 	<ul style="list-style-type: none"> Caminar para tomar partes Caminar a tomar la herramienta Caminar con partes en las manos Movimientos innecesarios para la operación
<ul style="list-style-type: none"> Esperas 	<ul style="list-style-type: none"> Espera de partes Operador en espera del proceso anterior Espera de máquina defectuosa
<ul style="list-style-type: none"> Exceso de inventario 	<ul style="list-style-type: none"> Utilización inadecuada del rack (equipos)
<ul style="list-style-type: none"> Correcciones 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas de calidad en las partes
<ul style="list-style-type: none"> Procesos innecesarios 	<ul style="list-style-type: none"> Desembalaje de partes

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Una vez detectados los desperdicios, se procede a tomar acciones, para ello en el capítulo 3 se colocara varios planes de acción para reducir o eliminar los mismos.

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO

En las empresas manufactureras existen temas de gran importancia, una de ellas es la productividad, la cual ha sido base de estudios ya sea para empresas que fabriquen productos o que brinden servicios. La productividad permite que las empresas aprovechen de buena forma los recursos disponibles, consiguiendo ser más rentables y productivas frente a la competencia.

En el capítulo anterior se identificó las estaciones de trabajo que tenían varias oportunidades de mejora, que al eliminarlas o reducirlas permitirá cumplir con el objetivo de este proyecto, que es reducir o eliminar las actividades que no aportan valor al subensamble de motor y desperdicios que afectan a la productividad del área.

En la Tabla 17 se muestra una matriz con el resumen de todos los desperdicios y problemas identificados; en esta matriz se incluye, el desperdicio y la causa raíz identificada en el análisis del capítulo anterior. Esta matriz se crea con el fin de trabajar de manera secuencial y más ordena para establecer planes de acción eficientes; estas soluciones serán planteadas e implementadas mientras se desarrolle el presente capítulo.

Por otra parte, una atención importante que se debe tomar en cuenta y como una directriz del liderazgo de manufactura, indica que todas las soluciones y planes de acción que se implementen deben mantenerse y ser perdurables en el tiempo.

Tabla 17: Matriz de causa raíz y problemas identificados

Problema	Desperdicio	Causa Raíz
Tiempo de traslado por cambio de línea (15 min)	Procesos innecesarios	- Operarios usan la ruta más larga (10 minutos)
		- Sacar y guardar herramienta en las dos líneas (3 minutos)
		- <i>Check list</i> de <i>error proofing</i> en las dos líneas (2 minutos)
Cuellos de botella	Correcciones (Paras del proceso)	- Vida útil del componente daño en la mesa de ingreso y salida.

	Esperas (Problemas de Material en el punto de Uso)	- Faltante de Partes - Tornillería Incompleta - Material equivocado
Tiempos muertos/o de espera, exceso de desplazamientos	Exceso de movimiento	-Caminar para tomar partes -Caminar a tomar la herramienta -Caminar con partes en las manos -Movimientos innecesarios para la operación
	Exceso de inventario	-Utilización inadecuada del rack
	Procesos innecesarios	-Desembalaje de partes
Desbalanceo de cargas	Esperas	- Eficiencia operacional y trabajo neto fuera de objetivo

Fuente: Desarrollo de la investigación del autor
Elaborado por el autor

3.1. Tiempo de traslado por cambio de línea (15 min)

El tiempo no productivo dentro del tiempo de operación de una planta es el que más afecta a todas las operaciones. Como se había explicado el apartado 2.3.3 de este proyecto el tiempo disponible de la planta es de 460 minutos al descartar todas las paradas programadas especificadas por el área de planeación de la producción.

Al realizar el análisis en el apartado 2.5.1 se puso en evidencia los problemas que se deben resolver, principalmente tres puntos importantes que generan pérdida de tiempo por el traslado entre líneas:

- Operarios usan la ruta más larga
- Sacar y guardar herramienta en las dos líneas
- Check list de error proofing en las dos líneas

3.1.1. Cálculo de la ruta más corta

La ruta más larga es utilizada por los operarios. - A causa de este traslado diariamente se pierde en un promedio de 10 minutos que bien podrían ser utilizados para aumentar 100 segundos más en el tiempo de ciclo de cada estación de trabajo.

$$Perida\ diaria = 10\ min \frac{60seg}{1\ min} = 600seg.$$

$$\frac{600 \text{ seg}}{6 \text{ estaciones}} = 100 \text{ seg } x \text{ estación}$$

Para implementar un plan de acción se inicia con la administración de tiempos, al comparar entre los operarios el mejor tiempo de traslado sin descuidar un punto muy importante como es la seguridad y que dentro de la planta está totalmente prohibido correr.

En la Figura 19 del apartado 2.5.1 se puede revisar las tres rutas que utilizaban los operarios para el traslado entre líneas; con ayuda del líder de quipo se realiza un seguimiento a los seis operarios que deben trasladarse desde las estaciones de trabajo de la línea de comerciales hacia el subensamble de motores pasajeros (Anexo R).

En la Figura 39 se puede evidenciar el promedio de datos evaluados durante un mes de trabajo. Como se puede apreciar la ruta 2 es la que menos tiempo toma a los seis operarios con un promedio de 5,30 minutos.

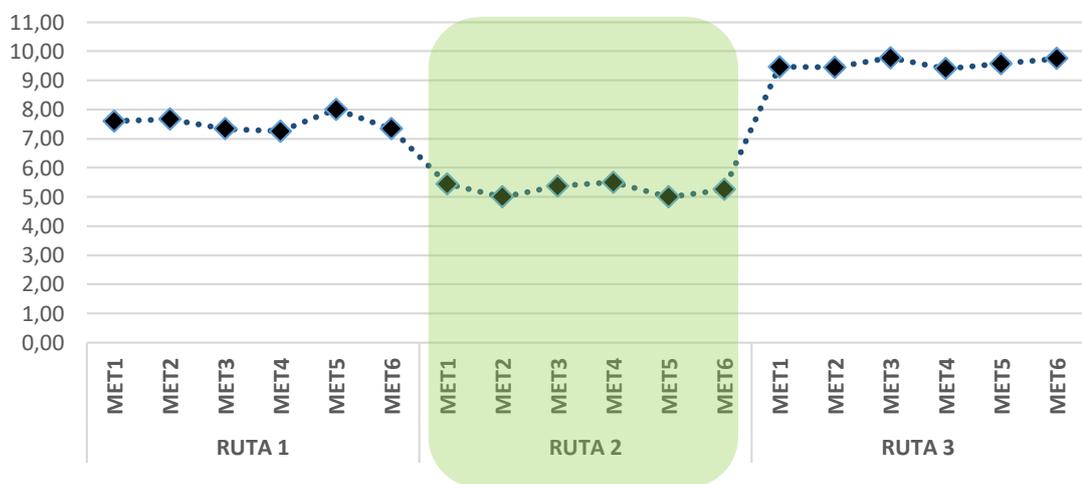


Figura 39 : Promedio de tiempo para cambio entre líneas

En la Tabla 18 se puede revisar un resumen de los datos con los cuales se estableció la ruta más corta.

Tabla 18: Datos para establecer la ruta más corta de traslado.

Ruta	Tiempo Promedio
Ruta 1	7,52 minutos
Ruta 2	5,30 minutos
Ruta 3	9,54 minutos

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

En la Figura 40 se realiza un análisis que representa el recorrido que los operadores deben realizar obligatoriamente para el cambio de líneas.

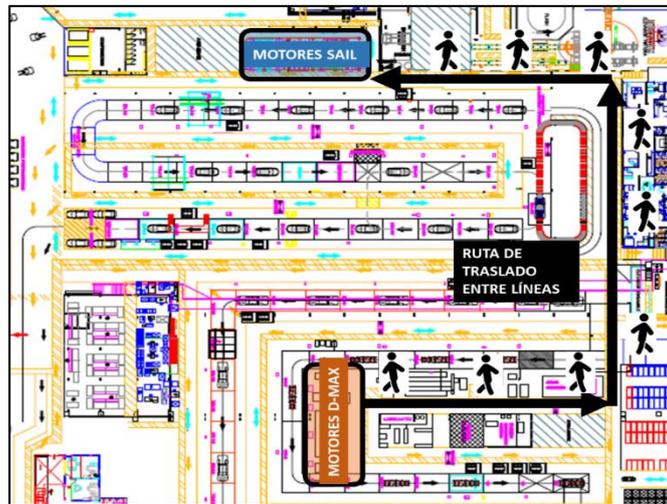


Figura 40 : Ruta más corta para el cambio de línea

Para garantizar el acatamiento de la ruta más corta se realiza una socialización y firma de responsabilidad del cumplimiento con todos los operarios (MET) incluido líder de equipo (LET) y líder de grupo (LG); adicional este documento se almacena en el área de planificación de producción como una lección aprendida, para que siempre se realice el cálculo de la ruta más corta y se estandarice cuando exista desplazamientos necesarios.

Al establecer esta ruta no se elimina el problema, pero sin duda se reduce de 10 minutos a 5,30 minutos que representa el 47% de pérdida de tiempo al realizar este cambio. Además, que representa un aumento en el tiempo disponible de 4,7 minutos.

$$TD \text{ ganado} = 4,7 \text{ min} \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 282 \text{ seg.}$$

$$\frac{282 \text{ seg}}{6 \text{ estaciones}} = 47 \text{ seg} \times \text{estación}$$

En conclusión, con este plan de acción se obtiene un beneficio de 4,7 minutos en el tiempo disponible de operación, que representa 47 segundos en el tiempo de ciclo de las seis estaciones de la línea de pasajeros.

3.1.2. Sistema de Cambio (SMED)

Sacar y guardar herramientas, realizar *check list* de *error proofing*. – Para eliminar o reducir estos dos desperdicios y lograr un cambio de línea de manera más efectiva, minimizando el tiempo de estas actividades, se utiliza la metodología SMED que por sus siglas en inglés significa “*single minute exchange die*”, es una metodología específica para reducir los tiempos de los cambios de manera más eficiente, mediante:

- La preparación en adelante de las herramientas, materiales, etc.
- La sincronización y simplificación de las operaciones en el cambio.

Para este proyecto se establecen las siguientes acciones que fueron implementadas para disminuir los tiempos de cambio de las dos actividades analizadas.

3.1.2.1. Implementación de racks para herramienta

Para dar solución a este problema con ayuda del área de *Kaizen* (Departamento que desarrolla todo tipo de Mejoras para la línea), se establece varios prototipos de racks donde se incluya las herramientas y estas permanezcan en una sola posición y no deban ser guardadas final de la jornada como se muestra en la Figura 41.



Figura 41 : Rack móvil para herramientas.

Adicional para las MTC (máquinas de torque controlado) se realiza la implementación de equilibradores elásticos, o comúnmente conocidos como balancines para que las herramientas permanezcan elevadas sobre las estaciones de trabajo como muestra la

Figura 42. De este modo los operarios solo deben tirar de la herramienta al momento que la vayan a utilizar.

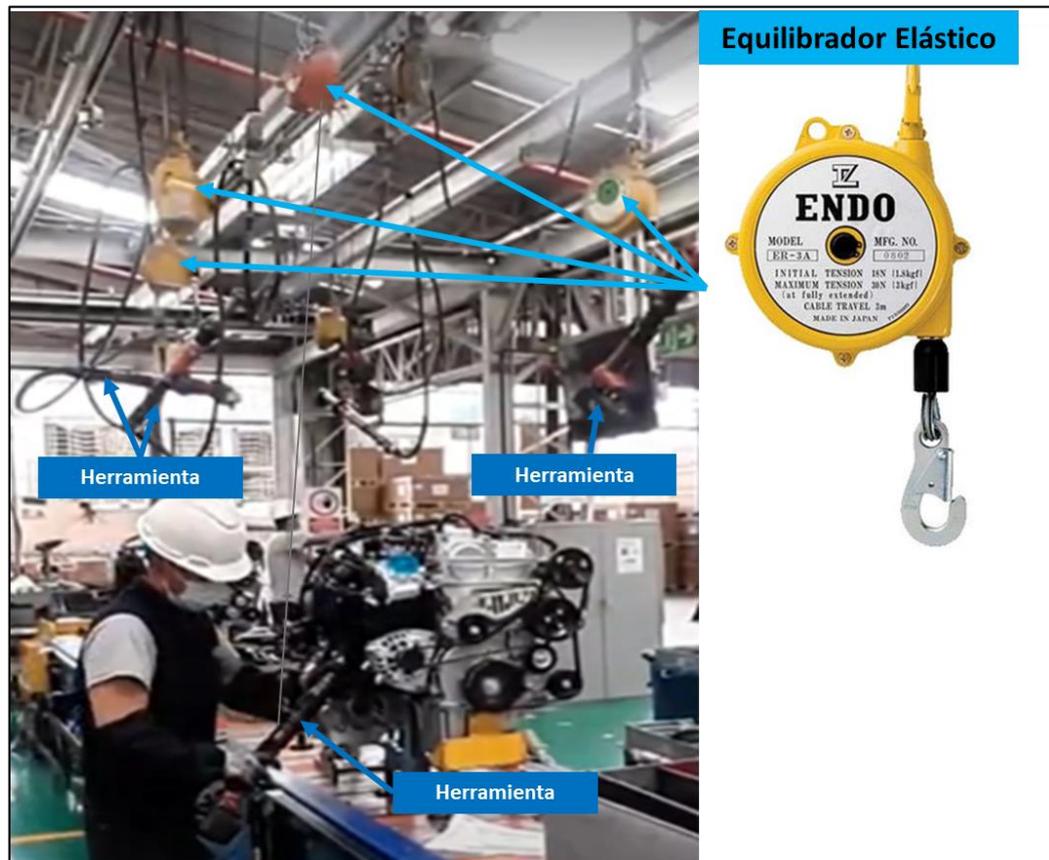


Figura 42 : Implementación de equilibradores elásticos para MTC

Como resultado con esta mejora se elimina 3 minutos utilizados para sacar la herramienta de las cajas y llevar a la estación de trabajo; con esto se garantiza el objetivo del análisis de reducir los tiempos de los cambios de manera más eficiente y que la herramienta siempre va a estar en el punto de uso.

$$TD \text{ ganado} = 3 \text{ min} \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 180 \text{ seg.}$$

$$\frac{180 \text{ seg}}{6 \text{ estaciones}} = 30 \text{ seg} \times \text{estación}$$

3.1.2.2. Simplificación del método de *check list* de MTC (*error proofing*)

La validación del *error proofing* consiste en realizar una verificación del sistema de ajustes como indica el trabajo estandarizado del Anexo S. Para realizar este proceso toma alrededor de 2 minutos por herramienta, el miembro de equipo debe trasladarse

hasta el comprobador de juntas más cercano para realizar el proceso establecido como muestra la Figura 43.

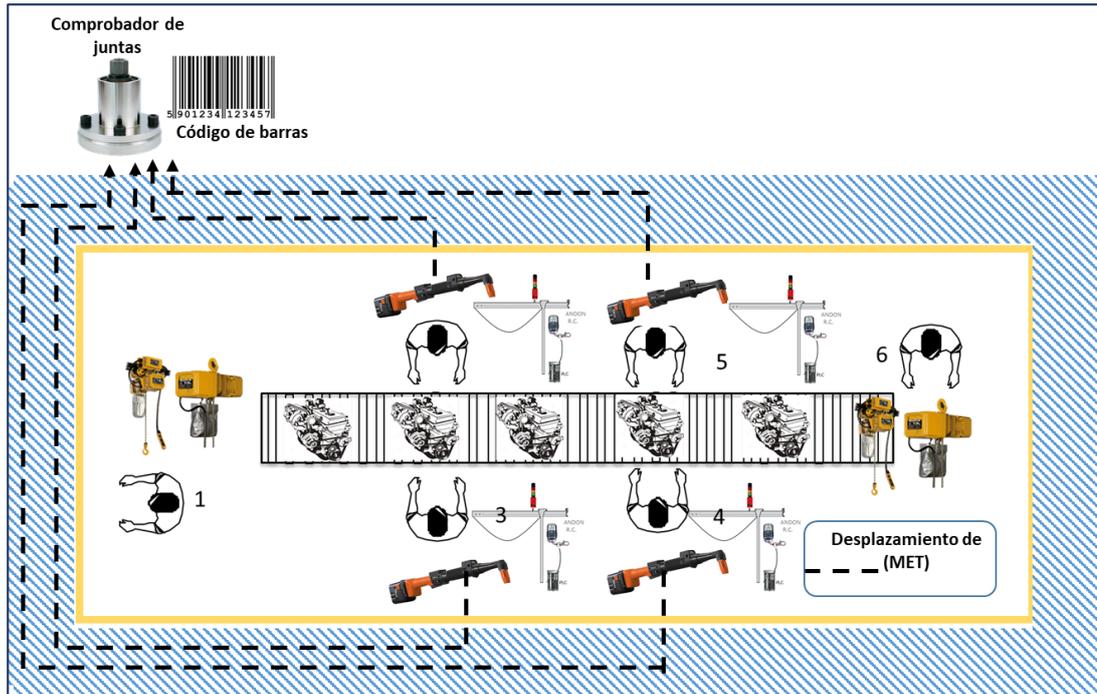


Figura 43 : Diagrama de traslado para realizar error proofing

Para resolver este problema se solicita al técnico de herramientas realizar el estudio para cambiar la estrategia con el fin de minimizar el tiempo al realizar la validación, actualmente se encuentra con una estrategia de torque (OK-NOK) para este proceso es necesario usar un simulador de juntas como se evidencia en la Figura 44.



Figura 44 : Proceso anterior check list error proofing

Una vez realizado el respectivo análisis por el técnico de herramientas cambia la estrategia a ángulo, en la cual solo se deberá gatillar la herramienta, gira aproximadamente 30 grados, se detiene y da la señal OK, se vuelve a gatillar y se suelta en aproximadamente 1 segundo y enviara la señal NOK.

Este plan de acción tiene un alcance para toda la planta del área de ensamble, por tal motivo se realiza una capacitación para todos los operarios (Anexo T) además de la actualización del trabajo estandarizado.



Figura 45 : Proceso actual check list error proofing

Como resultado de esta mejora se elimina 1 minuto y 8 segundos de los 2 minutos del tiempo de traslado hacia el simulador de juntas utilizado para realizar la validación del *error proofing*.

$$TD \text{ ganado} = 1,04 \text{ min} \frac{60\text{seg}}{1 \text{ min}} = 62\text{seg.}$$

$$\frac{62 \text{ seg}}{6 \text{ estaciones}} = 10,4 \text{ seg} \times \text{estación}$$

3.1.3. Medición de las mejoras en el proceso

Para la toma de tiempos de este proyecto y determinar el tiempo estándar se utilizaron dos técnicas como es el muestreo de la operación y cronometraje; sin embargo, para el establecimiento de los tiempos que se utilizaran en el trabajo estandarizado se usó una herramienta creada por GM llamada “*Standard Time Data System*” (STDS) o en español Sistema de datos de tiempo estándar.

Standard Time Data System es un sistema que se basa en patrones de la “International Labour Organization” (ILO) en español la organización Internacional de Trabajo (OIT), que recolecta una base de datos de medición, para cuantificar de una forma justa el tiempo para cada movimiento del operador como indica la Figura 46.

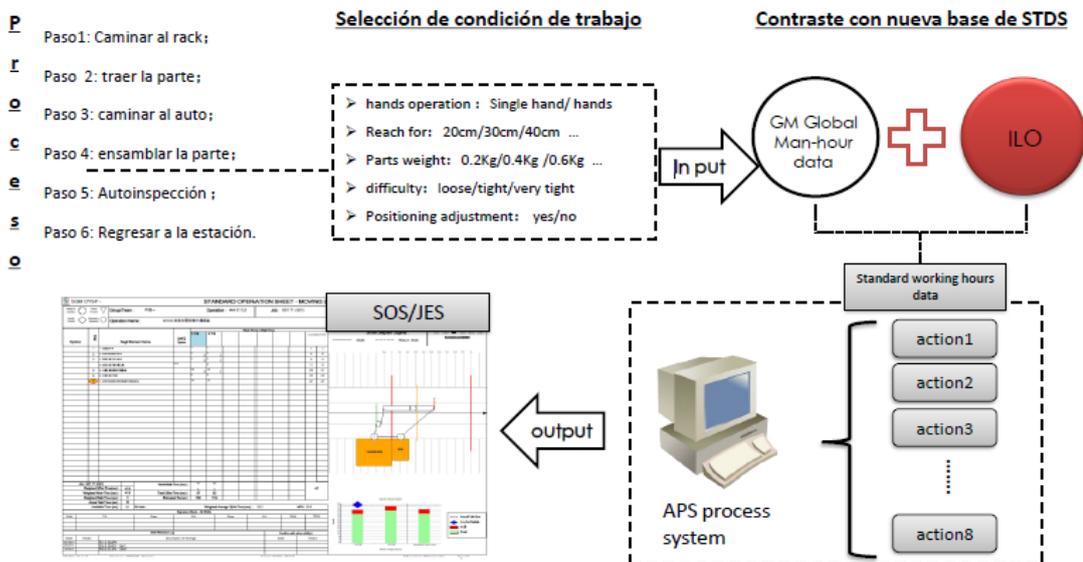


Figura 46 : Tiempos predeterminados (STDS)

En la Figura 47 se muestra el tiempo que el operario se demora en tomar la herramienta para realizar el proceso sin las mejoras planteadas.

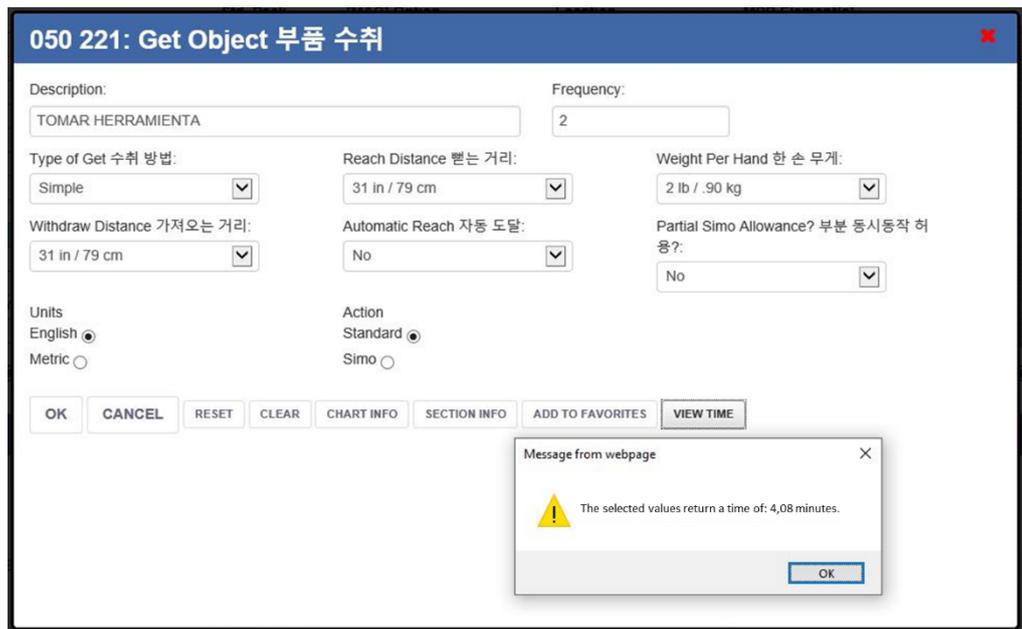


Figura 47 : Tomar la herramienta del rack

Mientras que en la Figura 48 se muestra el tiempo con las mejoras al eliminar el traslado hacia el rack para tomar la herramienta.

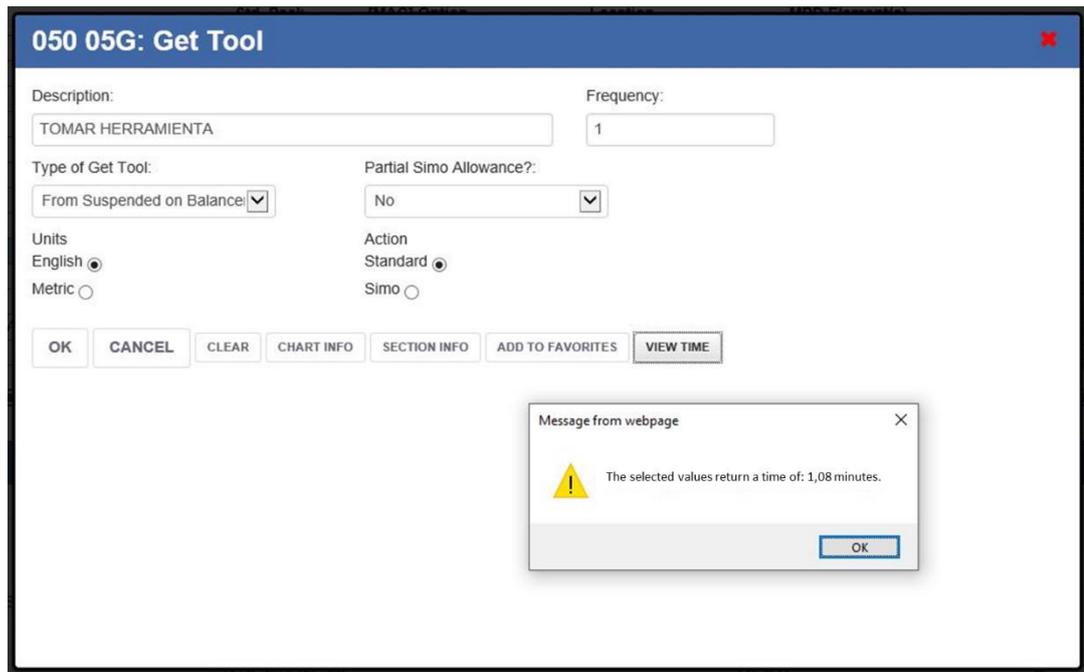


Figura 48 : Tomar la herramienta suspendida en su estación.

Esta comparación de tiempos cronometro y STDS se realizaron para toda las mejoras realizadas e implementadas.

3.2. Cuellos de botellas

3.2.1. Unificación de las dos líneas

Vida útil del componente daño en la mesa de ingreso y salida. - En el apartado 2.5.2.1.1 (Anexo U), se revisó los dos indicadores claves que se utilizan en el área de mantenimiento, el *Mean Time to Repair* (MTTR) es el tiempo medio de reparación y el *Mean Time Between Failures* (MTBF) es el tiempo medio entre las averías de una máquina.

En la Tabla 19 se puede revisar un resumen de los indicadores claves de rendimiento para mantener la excelencia en los equipos.

Tabla 19: Resultados MTBF- MTTR.

Línea	Tiempo de para (minutos)	Cantidad de fallas	MTBF (horas)	MTTR (minutos)
Comerciales	682,98	17	122,86	40,18
Pasajeros	855,57	80	26,07	10,69

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Como se puede verificar en la línea de comerciales cada 122,86 horas de trabajo el equipo falla y el tiempo promedio que los técnicos se demoran en reparar esta avería es de 40,18 minutos. En la línea de pasajeros cada 26,07 horas de trabajo la mesa falla y los técnicos se demoran en reparar en promedio 10,69 minutos.

El tiempo medio entre las averías (MTBF) se convierte en un indicador de rendimiento muy significativo para las máquinas y herramientas, por tal motivo este indicador mientras más alto es mejor, a diferencia del tiempo medio de reparación (MTTR), mientras más bajo es lo ideal.

Al analizar los resultados claves de rendimiento se concluye que existe pérdidas significativas en la producción diaria de la línea de subensamble, en la Figura 49 se realiza una relación entre el tiempo medio de reparación y la cantidad de unidades que se producirían si no existe este daño de las mesas. Adicional estos valores se relacionan con el precio (Anexo V) de cada vehículo que podía haber sido ensamblado.

LINEA	MTTR ↓	ATT (MIN)	PERDIDA POR MTTR (UNID)	PRECIO VEHICULO	PERDIDA \$
COMERCIALES	40,18	3,57	11	\$25.759	\$289.882,48
PASAJEROS	10,69	4,54	2	\$16.440	\$38.726,64
					\$328.609,12

Figura 49 : Matriz de pérdidas por el tiempo medio de reparación

Si se continua con estas parás la empresa estaría perdiendo alrededor de \$328.609,12 dólares al año. En el Anexo W, se aprueba el reemplazo de la mesa de subensamble de motores ya que las partes están obsoletas y presentan algunos riesgos para los operadores.

Como resultado de esta mejora se elimina los 1538,55 minutos de paras que se generaban por daño de la mesa.

$$TD \text{ ganado} = 1538,55 \text{ min.}$$

Al reducir esta cantidad de tiempo el liderazgo en pro del mejoramiento continuo decide unificar las líneas de subensamble motores, estableciendo una nueva área para este proceso.

3.3. Tiempos muertos/o de espera, exceso de desplazamientos

Al revisar los videos de cada estación se confirma tres de los siete desperdicios identificados en el apartado 2.5.2.1.2, como es el exceso de movimiento (caminar para tomar partes y herramientas), el exceso de inventario (uso inadecuado de racks) y procesos innecesarios (desembalaje de partes).

Teniendo en cuenta a Jainury [35], quien indica que para eliminar estos desperdicios se aplica una estrategia de Toyota apuntada a la simplificación del proceso llamada *Set Part System* (SPS) o sistemas de juego de partes en español. La intención es de reducir la carga mental y física sobre el operador para todas las labores que no agregan valor en el proceso como se muestra en la Figura 50.

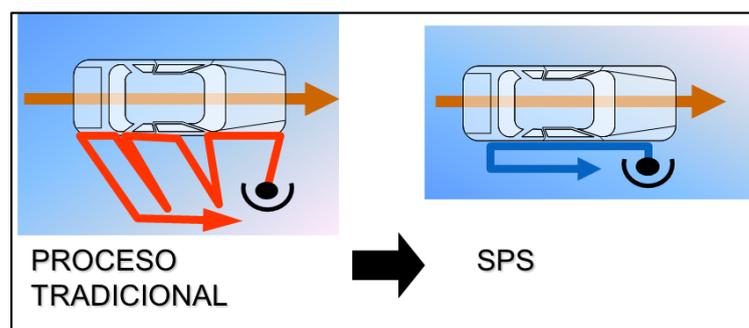


Figura 50 : Proceso Tradicional vs Sistemas de juego de partes (SPS).

El *Set Part System* (SPS) se refiere al arreglo de materiales y piezas pequeñas dispuestas en un kit para su entrega a la línea de producción con se puede ver en la Figura 51.

El SPS elimina el estiramiento, el alcance y la búsqueda de piezas en los racks por parte de los miembros de equipo (MET). Esto significa que su tiempo de ciclo tendrá casi el 100% de sus elementos actividades que agregan valor ya que no tienen que realizar la tarea de caminar unos pasos para tomar las partes del rack.



Figura 51 : Sistema de juego de partes (SPS).

3.3.1. Implementación del *Set Part System* (SPS)

Para implementar esta estrategia el punto de partida es la verificación de la cantidad de tiempo de valor agregado y valor no agregado que tiene el proceso como indica la Figura 52.

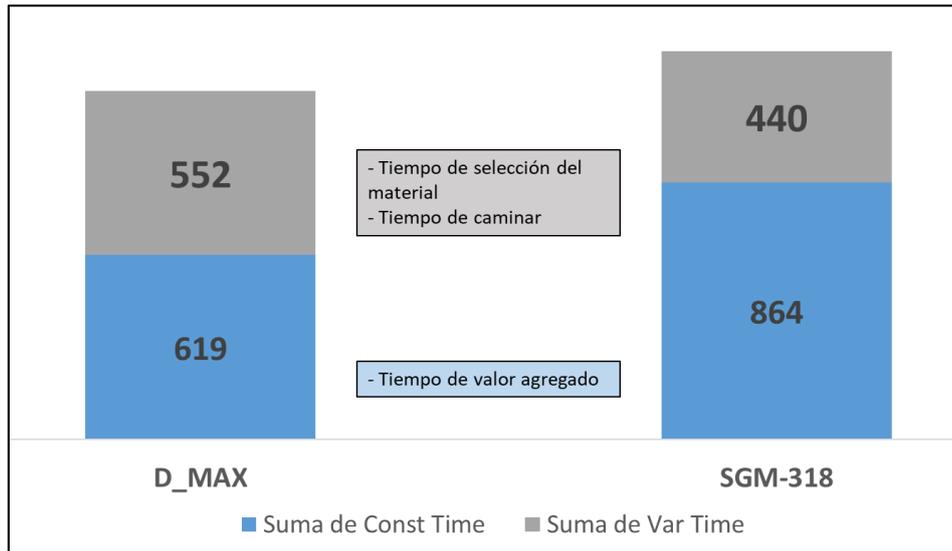


Figura 52 : Cantidad de valor agregado y no agregado

A continuación, se recolecta información de cada elemento de trabajo, se realizan dinámicas de secuenciación del proceso y ubicación del material. Se realiza un piloto con cada alternativa de Kit, y se define el de menor tiempo o mayor productividad en el proceso como indica el Anexo X. Posterior se define un cronograma para compras, construcciones de racks, facilidades, etc.

Las acciones propuestas, los responsables y fechas para implementar las acciones, se describe en la Tabla 20.

Tabla 20: Planes de acción para implementar SPS

Tarea	Responsable	Fecha de cierre	Status
1. Enviar listado de números de parte.	C. Tambo	13/04/2021	100%
2. Establecer Kit e ingreso con los lotes puntos de corte.	R. Ureña	16/04/2021	100%
3. Diseño y construcción de racks.	E. Cordova	20/04/2021	100%
4. Realizar entrenamiento y capacitación a operadores.	M. Alvarez	22/04/2021	100%

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Las acciones fueron cerradas y se hace el seguimiento del desempeño de la implementación durante un trimestre de trabajo para evidenciar las mejoras.

Como se explicó en el apartado 3.2.1 se unificó el proceso de armado de motores en una sola área, para la cual se realizó las siguientes mejoras de implementación en las seis estaciones de trabajo:

- Reducción del tiempo de caminar y tiempos para seleccionar y tomar la parte.



Figura 53 : Racks y SPS implementados

- Reducción del riesgo para escoger el material y por tanto disminución de la cantidad de errores de montaje por “Partes equivocadas”



Figura 55 : Rack de tornillería implementados

- Reducción de daños en el material por la mejor presentación de las piezas en el rack.



Figura 54 : Racks especiales (minomi)

En la Tabla 21 se resume la mejora realizada.

Tabla 21: Indicadores de productividad línea unificada.

Indicador	Desempeño	Objetivo	Estatus
Sigma CT (\sum CT)	77,2%	90%	NOK
Sigma ET (\sum ET)	54,8%	60%	NOK
Valor Agregado (VA)	70,9%	70%	OK
Valor No Agregado (VNA)	29,1%	30%	OK

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Este plan de acción al pasar del 60% de valor agregado al 70.9% de valor agregado en las operaciones de ensamble, se presenta como una práctica adecuada al shop, la cual se puede compartir con todos los demás equipos del área de trabajo. Sin embargo la

eficiencia operacional y el trabajo neto no llegan al objetivo, por tal motivo se debe realizar un nuevo balanceo de línea.

3.4. Desbalanceo de cargas

En el apartado 2.5.3 de la investigación con el funcionamiento en líneas separadas, se evidencio que en varias estaciones el tiempo de ciclo estaban bajo el ATT y en otras estaciones sobre el ATT, sin embargo al realizar el plan de acción para eliminar el principal cuello de botella (daño de las mesas), explicado en el apartado 3.2.1 y unificar las líneas se debe establecer un nuevo takt time (TT) y tomar en cuenta el Actual takt time (ATT).

- **Cálculo del tiempo disponible:** Para el cálculo del tiempo disponible por la unificación de líneas el departamento de materiales solicita una para programada de 5 minutos para realizar el cambio entre modelos.

$$TDO = \text{Tiempo programado inicial} - \Sigma(\text{paras programadas})$$

$$TDO = Top - \Sigma(Tseg + Tre + Tlot)$$

Donde:

Top: Tiempo de operación = 480 minutos

Tseg: Tiempo de preparación= 5 minutos

Tlot: Tiempo de preparación= 5 minutos

Tre: Tiempo de refrigerio= 15 minutos

$$TDO = 480min - \Sigma(5min + 15min + 5min)$$

$$TDO = 455min$$

- **Cálculo del Takt Time:**

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible para producir}}{\text{Demanda de unidades}}$$

$$TT = \frac{455 \text{ minutos}}{105 \text{ unidades}} = 4,33 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

$$TT = 260 \frac{\text{seg.}}{\text{unid.}}$$

➤ **Cálculo de Actual Takt Time:**

$$ATT = Takt\ Time \times Up\ time$$

$$Up\ Time = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de paras}}{\text{Tiempo disponible}}$$

El promedio del up time de los meses de junio, julio y agosto se muestran en la Tabla 22, estos fueron tomados después de las mejoras realizadas en el área de motores, estos datos serán utilizados para el cálculo del ATT.

Tabla 22: Up Time después de las mejoras en área de ensamble

Línea	Demanda Diaría [und]	Junio [%]	Julio [%]	Agosto [%]	Promedio [%]
Motores	105	89	97	98	94,67

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

$$ATT = 260 \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}} \times 94,67\% = 246,13 \frac{\text{segundos}}{\text{unidad}}$$

$$ATT = 246 \frac{\text{seg.}}{\text{unid.}}$$

A continuación, se realiza una nueva pared de balanceo para verificar las cargas de trabajo de cada estación con los nuevos valores calculados al tener una nueva zona unificada para las dos plataformas (Figura 56).

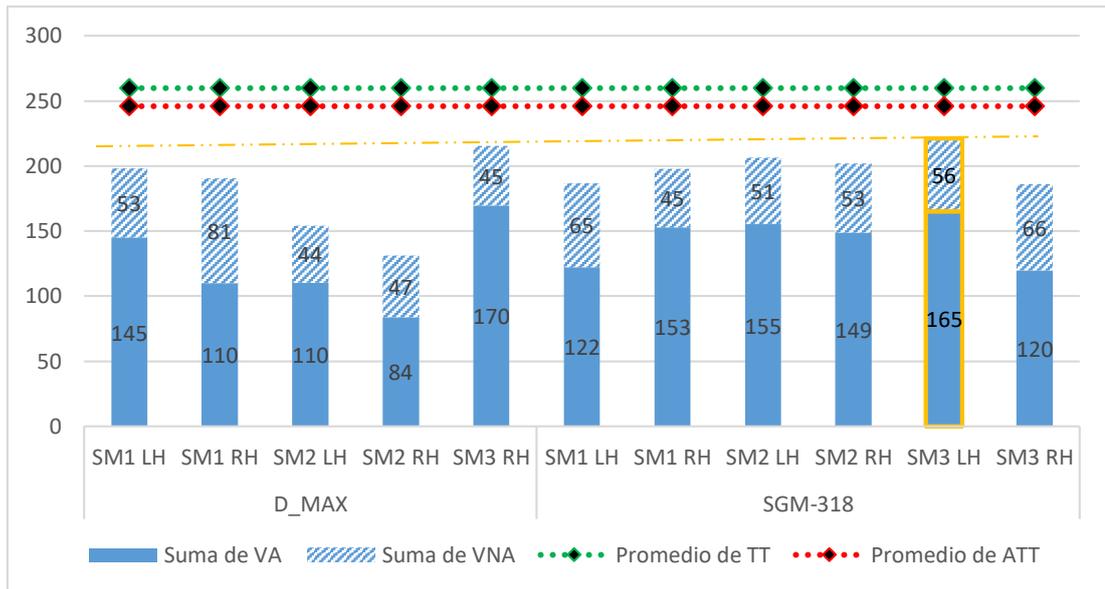


Figura 56 : Cargas de Trabajo línea unificada Motores

Enseguida se realiza el análisis de la gráfica donde se observa que todas las estaciones de trabajo el tiempo de ciclo se encuentra bajo la línea del *actual takt time* (ATT) de acuerdo con el volumen de producción de 105 unidades con el cual se realizó el análisis de este proyecto. A simple vista y al fijar el tiempo de ciclo 221 segundos de la estación SM3 LH del modelo SGM 318, se confirma que las acciones implementadas pueden ayudar a aumentar la capacidad de producción en la nueva zona de motores.

El siguiente paso es balancear las cargas de trabajo; esto ayuda a continuar el ciclo de análisis con la teoría de restricciones (TOC) como se explicó en el apartado 1.5.1; con esta información se puede analizar y plantear un nuevo proyecto de investigación para el aumento de capacidad.

3.4.1. Balanceo nuevo ATT línea unificada.

Para empezar el balanceo y con ayuda de la Figura 56 se identifica las estaciones con tiempo de ciclo más bajo y se procede a verificar en primera instancia los elementos de trabajo de la plataforma D-MAX las estaciones subensamble mesa dos lado derecho e izquierdo (SM2 RH- SM2 RH).

Se revisa 21 elementos de trabajo como se puede revisar en el Anexo Y, se verifica que se puede eliminar algunos elementos si se unifica las estaciones y se mueve operaciones para las otras estaciones. El resultado se muestra en la Figura 57.

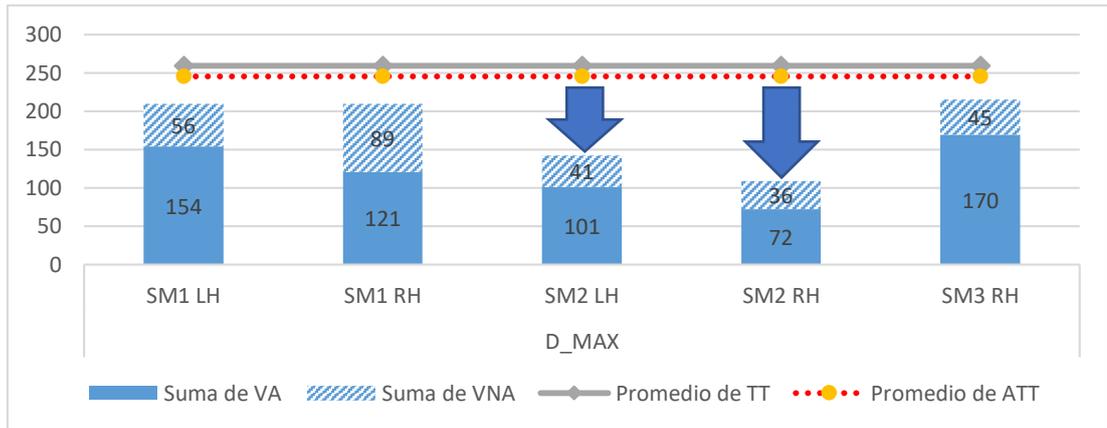


Figura 57 : Cargas de Trabajo estaciones SM2 RH-LH

Al verificar que los movimientos no afectan al proceso y existe la posibilidad de eliminar la estación de trabajo SM2 RH, se realiza el movimiento de actividades según el proceso a las otras estaciones como se puede revisar en el Anexo Z.

En la Figura 58 se muestra la nueva pared de balanceo para el modelo D-Max, sin la estación SM2 RH.

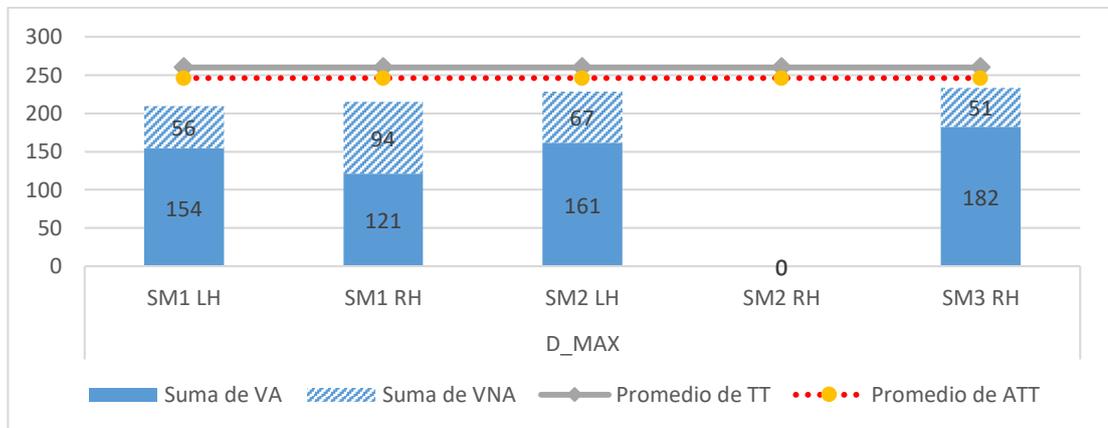


Figura 58 : Eliminación estación SM2 RH D-Max

El mismo procedimiento se aplica para el modelo Sail, pero ahora el enfoque es eliminar la estación SM2 RH para tener la reducción de un operario que mejorara el indicador de productividad.

Se revisa los 26 elementos de trabajo como se puede revisar en el Anexo AA y se mueve operaciones para las otras estaciones. El resultado se muestra en la Figura 59.

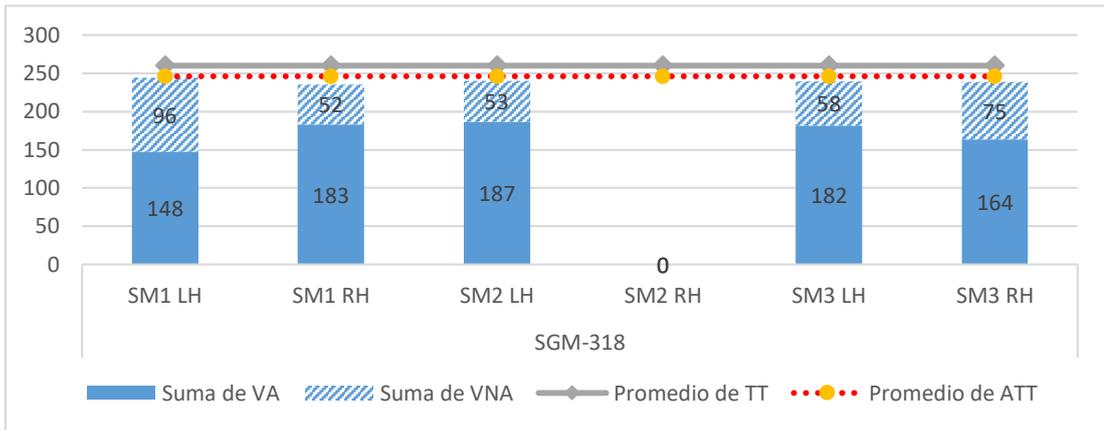


Figura 59 : Eliminación estación SM2 RH Sail

En la Figura 60 se puede revisar el resultado del balanceo del área de motores con todas las mejoras implementadas.

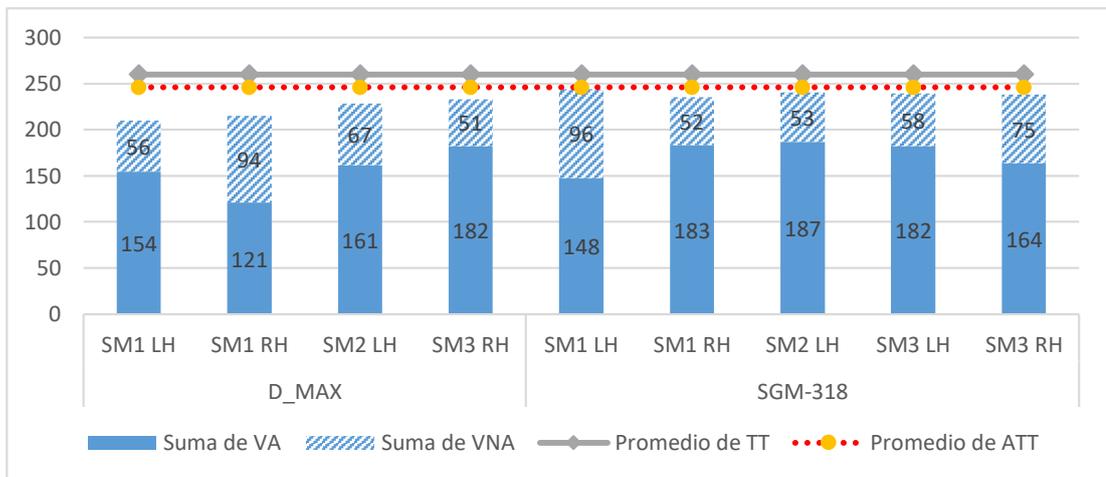


Figura 60 : Pared de balanceo con las mejoras implementadas

En conclusión, al observar en la pared de balanceo final se concluye que todos los planes de acción para eliminar las causas raíz fueron efectivos, principalmente al tener que reubicar al operario de la estación SM2 RH.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se compara los resultados obtenidos al implementar los planes de acción a las oportunidades de mejora detectados en el inciso 2.5 de este proyecto y que fueron expuestas en el capítulo anterior.

4.1. Mejora en el tiempo de ciclo

Es necesario recordar que el objetivo principal del presente estudio es reducir el tiempo de ciclo del subensamble de motores eliminando actividades que no aportan valor al proceso o disminuyendo lo más posible los desperdicios.

Durante el desarrollo de la investigación, para ser más preciso en el inciso 3.1, se realizó varias mejoras en el proceso, en la Tabla 23 se resumen los tiempos obtenidos después de aplicar las mejoras.

Tabla 23: Tabla comparativa de tiempos después de las mejoras

Indicador	Antes	Ahora
Implementación de la ruta más corta	10 min.	5,30 min
Sistema de cambio SMED	3 min	0 min
Simplificación del método de <i>check list</i>	2 min	1,04 min.

Con estas mejoras se redujo de 15 minutos a 6,34 minutos de pérdida, que representa el 57,73% de mejora en los procesos y una disminución de 8.66 minutos que equivale a 546 segundos de ahorro en tiempo. Si este tiempo se relaciona con los valores de la Tabla 6 se obtiene una ganancia en unidades de la siguiente manera:

Tabla 24: Relación tiempo ganado vs Tiempo ideal de operación.

Línea	Demanda [und]	Actual Takt Time [segundos]	Tiempo Ahorrado [segundos]	Unidades adicionales
Comerciales	77	272	546	2,01
Pasajeros	28	214	546	2,55

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

Como se puede evidenciar con estos planes de acción se puede producir 2,01 unidades en la línea de comerciales o 2,55 unidades adicionales en la línea de pasajeros.

Con las mejoras implementadas se procede a comparar los valores de la Tabla 8 y la Tabla 9 y se verifica si existe mejora en los tiempos de ciclo.

Tabla 25: Mejora en el tiempo de ciclo por cada línea después de las mejoras.

Línea	Tiempo de ciclo Antes [segundos]	Tiempo de ciclo Después [segundos]
Comerciales	1171,11	889,34
Pasajeros	1303,48	1200,48
Total	2474,59	2089,82

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

El resultado final alcanzado mediante el cálculo de la ruta más corta para el traslado entre líneas, la implementación de la metodología SMED (“*single minute exchange die*”) para reducir los tiempos de los cambios de manera más eficiente y la simplificación de operaciones para la validación del *error proofing* se muestra en la Tabla 25; estas mejoras ha permitido alcanzar los objetivos propuestos al reducir 384,77 segundos del tiempo de ciclo.

Para evaluar los planes de acción, y eliminar los cuellos de botella ubicados en el apartado 3.2 de este proyecto y la implementación del plan de acción del inciso 3.2.1 Unificación de las dos líneas, se realiza la comparación de los tiempos de ciclo que será la mejora total de este proyecto.

Tabla 26: Mejora en el tiempo de ciclo después de unificar las líneas.

Línea	Tiempo de ciclo Antes [segundos]	Tiempo de ciclo Después [segundos]	Tiempo de ciclo Unificación Líneas [segundos]
Comerciales	1171,11	889,34	886,46
Pasajeros	1303,48	1200,48	1198,08
Total	2474,59	2089,82	2084,54

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

La unificación de líneas reduce 390,05 segundos del tiempo de ciclo que representa una mejora del 15,76%, esto se puede afirmar con la Tabla 26. Si se compara con el nuevo tiempo real (ATT: 246 segundos) calculado en el inciso 3.4 de este proyecto se confirma que se puede reducir una estación de trabajo y por ende un operario como se evidencia en la pared de balanceo de la Figura 60 del apartado 3.4.1.

En la Tabla 27 se muestra la nueva distribución de las estaciones con su tiempo de ciclo para cada plataforma.

Tabla 27: Estaciones de trabajo línea unificada

Estación	Descripción	TC Sail	TC D-Max
		[segundos]	[segundos]
SM1 LH	Subensamble Caja Cambios	244	210
SM1 RH	Preparación Motor y Accesorios	236	215
SM2 LH	Instalación Base del Compresor	240	228
SM3 LH	Instalación Catalizador	240	-
SM3 RH	Instalación de arness Motor	238	233

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

4.2. Mejora en los indicadores de producción.

Para General Motors – Ómnibus BB Transportes S.A dentro de sus indicadores principales de producción como se explicó en los apartados anteriores están el cumplir el 90% de sigma CT ($\sum CT$) o eficiencia operacional, 60% de sigma ET ($\sum ET$) o trabajo neto, 70% de valor agregado y el 30% máximo en valor no agregado. Los resultados obtenidos de las mejoras implementadas se presentan en la Tabla 28, con la reducción del 15,76% del tiempo de actividades y tareas que no agregan valor al producto.

Tabla 28: Indicadores de producción línea unificada

Indicador	Antes	Ahora	Objetivo	Status
Sigma CT ($\sum CT$)	101%	94,1%	90%	OK
Sigma ET ($\sum ET$)	60,5%	66,9%	60%	OK
Valor Agregado (VA)	59,9%	71,1%	70%	OK
Valor No Agregado (VNA)	40,1%	28,9%	30%	OK

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

4.3. Mejora en el indicador de productividad

Dentro de las prioridades de manufactura de la empresa General Motors – Ómnibus BB Transportes S.A esta el lograr la eficiencia y la sostenibilidad buscando siempre reducir las horas y el costo por unidad; por tal motivo es importante las mejoras en los indicadores de productividad, al lograr incrementar en dos unidades la capacidad de producción de la cada línea como se verifica en la Tabla 24 sin contratar a más trabajadores y con una inversión baja; esto conlleva a poder producir más unidades con la misma cantidad de recurso.

Para poder calcular la productividad se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad (hpu)} = \frac{(\text{horas pagdas} \times \# \text{ de estaciones})}{\text{Cantidad de motores producidos}}$$

$$\text{Productividad (hpu)} = \frac{(8 \text{ horas} \times 5 \text{ estaciones})}{105 \text{ motores}}$$

$$\text{Productividad (hpu)} = \mathbf{0,38 \text{ hpu}}$$

La Tabla 29 presenta las principales métricas de producción y productividad de la nueva línea de subensamble de motores siendo el valor no agregado (VNA) y las horas hombre por unidad producida (hpu) las que son más representativas para evaluar las mejoras implementadas.

Tabla 29: Mejora de indicadores de producción y productividad línea unificada

Indicador	Antes	Ahora	Mejora
Eficiencia Operacional (Σ CT)	101%	94,1%	6,83 %
Trabajo Neto (Σ ET)	60,5%	66,9%	10,58%
Valor Agregado (VA)	59,9%	71,1%	18,70%
Valor No Agregado (VNA)	40,1%	28,9%	27,93%
Demanda (jpd)	105	107	1,90%
Productividad (hpu)	0,84	0,38	54,55%

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

En conclusión, con todas las acciones implementadas en el área de subensamble se obtuvo una reducción de 0,46 horas por unidad (hpu) que representa el 54,55% de

mejora. Además de reducir 11,2 puntos porcentuales de desperdicios y actividades que no aportan valor al subensamble de motores que representa el 27,93% de mejora.

4.4. Análisis económico

En el apartado 3.2.1 de este proyecto en la Figura 49 se analizó el primer ahorro a la compañía de aproximadamente \$328.609,12 dólares, al analizar la pérdidas de unidades por el tiempo medio de reparación de las mesas de subensamble; esta información permitió justificar la inversión del proyecto y el “*business case*” o caso de negocio para el reemplazo de la mesa de subensamble de motores por mostrar partes obsoletas que presentan riesgo para los operadores. (Anexo W).

Al contener el “*business case*” o caso de negocio información sensible de la empresa General Motors – Ómnibus BB Transportes S.A, no se presenta el respectivo estudio en este proyecto ya que la empresa mantiene la reserva de esta información. Sin embargo, para el análisis económico se realiza una comparación entre la situación actual y las mejoras realizadas, en cuanto a los costos de las siguientes cuentas: Sueldos y salarios; equipo de protección personal (EPP); accesorios y herramientas y la cuenta de mantenimiento y repuestos.

En el Anexo BB y el Anexo CC se detalla los valores de cada cuenta analizada del año 2020 cuando se operaba con dos líneas de subensambles y del 2021 con las mejoras implementadas al eliminar los desperdicios y actividades que no aportan valor al subensamble de motores.

En la Tabla 30 se establece un cuadro resumen de las mejoras en las distintas cuentas generando un ahorro total al área de ensamble de \$82.484,23 dólares.

Tabla 30: Mejora de indicadores en las cuentas del área de ensamble.

Indicador	Antes	Ahora	Ahorro
S001: Sueldos y Salarios	\$387.093,98	\$328.878,70	\$58.215,28
S002: Equipo protección personal	\$25.528,91	\$16.828,99	\$8.699,92
S003: Accesorios y herramientas	\$5.261,34	\$636,40	\$4.624,94
S005: Mantenimiento y Repuestos	\$63.958,84	\$53.014,75	\$10.944,09
Total:	\$481.843,07	\$399.358,84	\$82.484,23

Fuente: GM-OBB planificación de la producción Ensamble
Elaborado por el autor

En conclusión, en la cuenta S001 que corresponde a sueldos y beneficios, es decir todo lo relacionado con la mano de obra, se muestra mayor ahorro logrado un valor de \$58.215,28, que corresponde a una mejora del 15,04%; este valor es lógico ya que la mejora se la realizó reduciendo un operador (SM2 RH) como se explicó en el inciso 3.4.1 de este proyecto. En la cuenta S002 referente al equipo de protección personal (EPP) se puede evidenciar una mejora ya que se muestra un ahorro de \$8.699,92 dólares, que corresponde al 34,08% de mejora con respecto al año anterior al dejar de entregar EPP a esta persona.

En consecuencia, por la unificación de las líneas la cuenta S003 de accesorios y herramientas tuvo un ahorro de \$4.624,94 dólares, con el 87,90% de mejora fue la que mayor porcentaje de reducción tuvo al ya no tener que sacar herramientas y accesorios para las once estaciones sino ahora solo para cinco. Así mismo la cuenta S005 de mantenimiento y repuestos mejoro en un 17,11% con un ahorro de \$10.944,09 dólares al utilizar repuestos y mantenimiento preventivo a una sola mesa.

4.4.1. Mejora en el costo estructural

Como se había explicado anteriormente la empresa General Motors – Ómnibus BB Transportes S.A busca lograr la eficiencia y la sostenibilidad al reducir las horas hombre por unidad producida (hpu) como ya se analizó en el apartado 4.3 y reducir el costo por unidad.

Para el análisis del costo por unidad se utilizará el cálculo del costo estructural debido a que este indicador es clave para evidenciar la mejora en el proceso productivo, es por ello que para este cálculo se toma en cuenta el costo de fabricación, dividido para el número de unidades producidos, y la unidad de medida es dólares sobre cantidad.

$$\text{Costo Estructural (cpu)} = \frac{(\text{Costos de producción})}{\text{unidades producidas}}$$

En cuanto a los costos de producción del año 2020 fueron \$481.843,07 de según la Tabla 30 y las unidades producidas considerando el volumen de 77 comerciales y 28 pasajeros total 105 unidades por 20 días laborables y 8 meses de evaluación resulta 16800 unidades.

$$\text{Costo Estructural 2020(cpu)} = \frac{(\$481.843,07)}{16800 \text{ unid.}}$$

$$\text{Costo Estructural 2020(cpu)} = 28,68 \frac{\$}{\text{unid.}}$$

Por otro lado, los costos de producción del año en curso hasta el mes de agosto son de \$399.358,84 de según la Tabla 30 y las unidades producidas considerando el volumen de 77 comerciales y 30 pasajeros total 107 unidades por 20 días laborables y 8 meses de evaluación resulta 17120 unidades.

$$\text{Costo Estructural 2021(cpu)} = \frac{(\$399.358,84)}{17120 \text{ unid.}}$$

$$\text{Costo Estructural 2021(cpu)} = 23,33 \frac{\$}{\text{unid.}}$$

Como resultado se logró una mejora de 5 dólares por unidad producida que representa el 18,67% de mejora en el costo por unidad, que multiplicada por la cantidad de unidades producidas se tendrá un ahorro de \$91.662,19.

CONCLUSIONES

- La implementación de las mejoras en el área de subensamble de motores, logró cumplir con el objetivo planteado inicialmente, el cual fue reducir el tiempo de ciclo inicial de 2474,59 segundos a 2084,54 segundos, lo que representa un 15,76% de mejora. Lo mencionado se logró debido a la eliminación de desperdicios y acciones que no aportan valor al producto.
- Con la aplicación del *check list* de los siete desperdicios, en conjunto con la teoría de restricciones, se pudo identificar las estaciones en las que se forman cuellos de botella que, por ineficiencias del sistema, actividades en su proceso que no agregan valor o por falta de capacidad generaban atrasos y pérdidas de tiempo en el proceso. Realizar el análisis, evidenciar las fallas y tomar acciones sobre ellas, permitió la mejora de la eficiencia operacional o sigma CT del 101% con estaciones sobre el actual Takt time (ATT) a 94,1% que es una mejora de 6,04 puntos porcentuales. De esta manera todas las estaciones están bajo el ATT, debido a que se identificó todos los desperdicios como, el exceso de movimiento (caminar para tomar partes y herramientas), el exceso de inventario (uso inadecuado de racks) y procesos innecesarios (desembalaje de partes).
- La identificación e implementación de la ruta más corta, sistema de cambio SMED y la simplificación del método de check list se redujo de 15 minutos a 6,34 minutos de pérdida, que representa el 57,73% de mejora en los procesos y una disminución de 8.66 minutos que equivale a 546 segundos de ahorro en tiempo. Al relacionar este tiempo con el ATT de 272 y 214 segundos en las líneas de comerciales y pasajeros respectivamente se obtiene una ganancia de 2 unidades que representa una mejora en el volumen de producción del 1,90%.
- Con todas las acciones implementadas en el área de subensamble se obtuvo una reducción de 0,85 hpu a 0,46 horas por unidad (hpu) que representa el 54,55% de mejora. Además de reducir 11,2 puntos porcentuales de desperdicios y actividades que no aportan valor al subensamble de motores que representa el 27,93% de mejora.

- El mayor ahorro logrado con un valor de \$58.215,28, corresponde a una mejora del 15,04% en la cuenta de mano de obra sueldos y beneficios; este valor de mejora se debe a la reducción de un operador. Como resultado de esta mejora la cuenta del equipo de protección personal, es decir la cuenta S002, presento un ahorro de \$8.699,92 dólares, equivalentes al 34,08% de mejora al dejar de entregar material indirecto y equipo de protección personal a esta persona.

- Con la mejora realizada en las diferentes cuentas se logró una reducción de \$5,35 dólares por unidad producida que representa el 18,67% de mejora en el costo por unidad, que multiplicada por la cantidad de unidades producidas se tendrá un ahorro de \$91.662,19.

RECOMENDACIONES

- En el desarrollo de la investigación el tiempo de ciclo alcanzó una mejora importante al reducir acciones que no agregan valor al producto, sin embargo, se recomienda evaluar constantemente el porcentaje de valor no agregado con la finalidad de continuar mejorando el proceso, buscando y analizando oportunidades de mejora.
- Como se manifestó anteriormente, la participación de los líderes y miembros de equipo fue clave para el cumplimiento del objetivo principal de este estudio, por tal motivo la participación activa de los operarios es de suma importancia durante la implementación de mejoramiento y al momento del análisis ya que ellos viven a diario los pro y contras del proceso.
- El cálculo y documentación de la ruta más corta cuando se requiere necesariamente realizar un desplazamiento es una de las oportunidades que se tiene para realizar mejoras, por tanto, se sugiere que planificación de la producción cree un documento interno, que apoyado en el cumplimiento de roles y responsabilidades se norme o estandarice una ruta mediante un documento con firmas de compromiso como se realizó en este estudio.
- Se recomienda a partir de los resultados de la pared de balanceo, la eficiencia operacional (ΣCT) y el trabajo neto (ΣET) de este estudio, plantear nuevas herramientas *lean* y estrategias de mejoramiento continuo para iniciar un nuevo análisis de incremento de capacidad en la línea de subensamble motores una vez que los miembros de equipo logren un ritmo de trabajo estable.

REFERENCIAS

- [1] C. Garcia and C. Arias, “Mejora Continua en el proceso contable y su aporte en la competitividad de las MIPYMES en la Provincia de El Oro (Ecuador),” no. 2014, 2020.
- [2] M. Glavan, D. Gradišar, M. Atanasijević-Kunc, S. Strmčnik, and G. Mušič, “Input variable selection for model-based production control and optimisation,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 68, no. 9–12, pp. 2743–2759, 2013, doi: 10.1007/s00170-013-4840-1.
- [3] A. A. Coello, “Los procesos como actividad de valor en la organización,” pp. 0–78, 2013, [Online]. Available: <http://pendientedemigracion.ucm.es/centros/cont/descargas/documento10142.pdf>.
- [4] C. Yang and Y. Zhu, “Process operation optimization using system identification,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53, no. 2, pp. 13224–13229, 2020, doi: 10.1016/j.ifacol.2020.12.149.
- [5] S. S. S. de Siqueira, *Use of DMAIC and Lean Six Sigma to Reduce Body Defects in an Automotive Factory*, vol. 337. Springer International Publishing, 2020.
- [6] J. De Souza Pinto, L. Aoki Schuwarten, G. Cassoli de Oliveira Júnior, and O. Novaski, “Proposal the application of DMAIC tools and value stream mapping under the perspective of the lean philosophy for process improvement: a case study,” *Brazilian J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 14, no. 4, p. 556, 2017, doi: 10.14488/bjopm.2017.v14.n4.a11.
- [7] G. V. S. S. Sharma and P. S. Rao, “A DMAIC approach for process capability improvement an engine crankshaft manufacturing process,” *J. Ind. Eng. Int.*, vol. 10, no. 2, 2014, doi: 10.1007/s40092-014-0065-7.
- [8] I. Alagić, “The Application of DMAIC Lean Six Sigma Methods in Assembly Technology Design of Filter W 1022/LE 19172,” vol. 2, pp. 401–409, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-75275-0_45.
- [9] K. Mohan Sharma and S. Lata, “Effectuation of Lean Tool ‘5S’ on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India,” *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, pp. 4678–4683, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.12.039.
- [10] V. Velmurugan, S. Karthik, and S. Thanikaikarasan, “Investigation and implementation of new methods in machine tool production using lean manufacturing system,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.03.654.
- [11] C. Hinojosa and R. López, “Mejoramiento de la productividad de las líneas de vestidura en una ensambladora automotriz evaluando el desempeño de la herramienta de mejora continua just in time (JIT) bajo la filosofía lean manufacturing en participación conjunta con el proveedor...,” 2015.
- [12] A. Deif, “Computer simulation to manage lean manufacturing systems,” *ICCET*

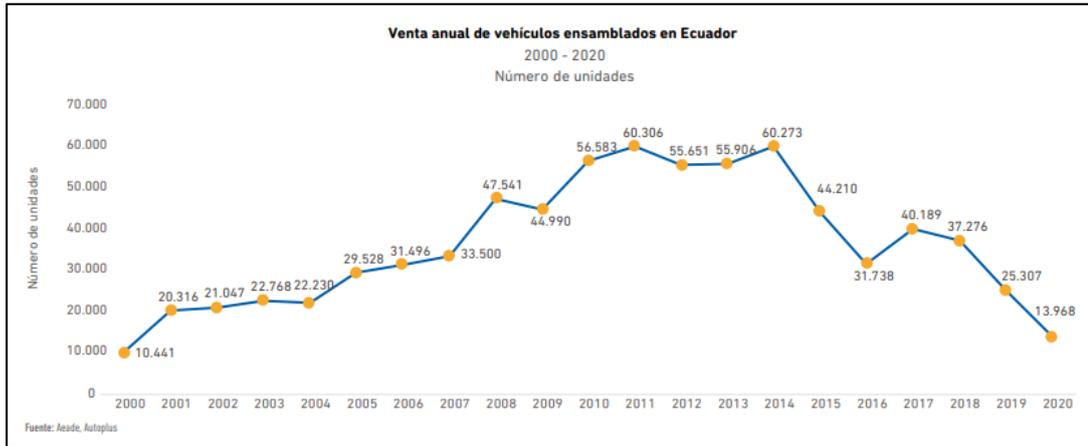
2010 - 2010 *Int. Conf. Comput. Eng. Technol. Proc.*, vol. 6, pp. 677–681, 2010, doi: 10.1109/ICCET.2010.5485976.

- [13] J. P. Womack and D. T. Jones, “Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation,” *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 48, no. 11, pp. 1148–1148, 1997, doi: 10.1038/sj.jors.2600967.
- [14] L. M. Sanchez and R. Nagi, “A review of agile manufacturing systems,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 39, no. 16, pp. 3561–3600, 2001, doi: 10.1080/00207540110068790.
- [15] R. Shah and P. T. Ward, “Defining and developing measures of lean production,” *J. Oper. Manag.*, vol. 25, no. 4, pp. 785–805, 2007, doi: 10.1016/j.jom.2007.01.019.
- [16] S. M. Sutharsan, M. Mohan Prasad, and S. Vijay, “Productivity enhancement and waste management through lean philosophy in Indian manufacturing industry,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.976.
- [17] R. S. Barot, K. Raval, H. Berawala, and A. Patel, “Implementation of lean practices in water heater manufacturing industry,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.304.
- [18] A. Karim and K. Arif-Uz-Zaman, “A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations,” *Bus. Process Manag. J.*, vol. 19, no. 1, pp. 169–196, 2013, doi: 10.1108/14637151311294912.
- [19] S. Saetta and V. Caldarelli, “Lean production as a tool for green production: The Green Foundry case study,” *Procedia Manuf.*, vol. 42, no. 2019, pp. 498–502, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.042.
- [20] H. M. Wee and S. Simon, “Lean supply chain and its effect on product cost and quality: A case study on Ford Motor Company,” *Supply Chain Manag. An Int. J.*, vol. 14, no. 5, pp. 335–341, 2009, doi: 10.1108/13598540910980242.
- [21] G. G. Bergmiller, “Lean manufacturers transcendence to green manufacturing: Correlating the diffusion of lean and green manufacturing systems,” *Diss. Abstr. Int. Vol. 68, no. 01, suppl. B, 294 p. 2006.*, p. 294, 2006, [Online]. Available: <http://search.proquest.com/docview/21005195?accountid=14643>.
- [22] J. C. Hernández Matías, *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI, 2013.
- [23] F. Diaz del Castillo Rodriguez, “La manufactura esbelta,” *2009*, vol. 6, pp. 1–36, 2009.
- [24] E. Giannasi, “Desperdicios en la producción,” *INTI - Inst. Nac. Tecnol. Ind.*, vol. 2, pp. 8–10, 2013, [Online]. Available: <http://www.uic.org.ar/Archivos/Revista/File/Desperdicios de la producción-Ef. Em..pdf>.
- [25] U. Dombrowski, I. Crespo, and T. Zahn, “Adaptive configuration of a lean production system in small and medium-sized enterprises,” *Prod. Eng.*, vol. 4, no. 4, pp. 341–348, 2010, doi: 10.1007/s11740-010-0250-5.

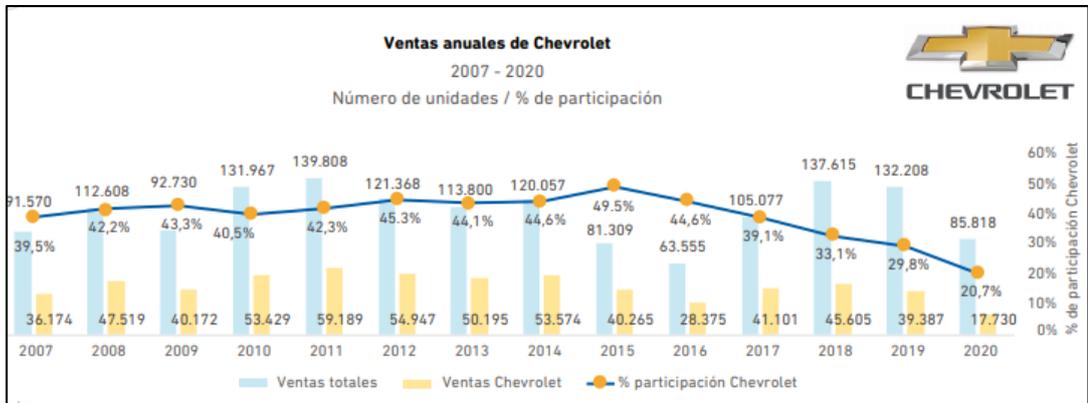
- [26] E. R. Cardenas Herrera, “Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing,” Elsevier Ltd., 2017.
- [27] R. Cevallos E. and R. Toro Loor, “Aplicación de la teoría de restricciones (TOC) en un proceso de fabricación de chocolates,” *J. Bus. Sci.*, vol. 1, pp. 1–12, 2020, [Online]. Available: https://revistas.ulead.edu.ec/index.php/business_science/article/view/25.
- [28] J. P. Arias Narváez, “Análisis del sector automotriz ecuatoriano.,” PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2017.
- [29] El Universo, “Carros de siete marcas se ensamblan en Ecuador; los autos son los que más demanda tienen | Economía | Noticias | El Universo,” *El Universo -Economía*, 2019. <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/11/06/nota/7591049/autos-producen-ensamblan-ecuador/> (accessed Jul. 21, 2021).
- [30] AEADE, “Anuario 2020 Asociación de Empresas Automotrices Del Ecuador (AEADE),” *Anu. 2020*, pp. 1–128, 2020, [Online]. Available: https://abimapi.com.br/anuario/pdf/anuario_2020-3.pdf.
- [31] Auto Magazine, “Ecuador lanza programa ‘Camioneta Popular’ para trabajo.,” 2020. <https://automagazine.ec/ecuador-lanza-programa-camioneta-popular-para-trabajo/> (accessed Jul. 21, 2021).
- [32] G. Rodríguez Medina, S. Balestrini Atencio, S. Balestrini Atencio, R. Meleán Romero, and B. Rodríguez Castro, “Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial,” *Rev. ciencias Soc.*, vol. 8, no. 1, pp. 135–156, 2002, doi: 10.31876/rcs.v8i1.25173.
- [33] Festo, “Vida útil de productos en Festo,” 2013. https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/293240/Vida_útil_de_productos_en_Festo_142096_ES_09_2013.pdf.
- [34] L. Padilla, “Lean Manufacturing Manufactura Esbelta / Ágil,” *Rev. Ing. Prim.*, vol. 15, no. 15, pp. 64–69, 2010.
- [35] S. M. Jainury, R. Ramli, M. N. Ab Rahman, and A. Omar, “Design concepts in set parts supply implementation,” *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 19, pp. 3682–3685, 2013, doi: 10.19026/rjaset.6.3577.

ANEXOS

Anexo A. Venta anual de vehículos ensamblados en Ecuador



Anexo B. Ventas anuales marca Chevrolet



Anexo C. Cantidad de unidades vendidas por modelo Chevrolet

PRINCIPALES MODELOS VENDIDOS (UNIDADES), 2019-2020

MODELO	2019	2020
SAIL LS AC 1.5 4P 4X2 TM	3.565	1.454
BEAT PREMIER AC 1.2 4P 4X2 TM	4.125	1.427
BEAT LS AC 1.2 4P 4X2 TM	912	1.381
CAPTIVA LT TURBO 5 PAS AC 1.5 5P 4X2 TM	1.985	1.110
D-MAX CRDI 2.5 CD 4X2 TM DIESEL	818	1.036

Fuente: Aead, Autoplus

Anexo D. Ejemplo secuencia de producción.

GM OBB DEL ECUADOR																	
Secuencia de Producción - Ecuador																	
AGO																	
Comerciales										DIAS		DR					
										22		27					
										QTY		SUB SUELDA (ST10)				IF (ST80)	
ACT	PK	N	N	KMAT	CODE	Q	L	OBS1	OBS2	BOX	F.ARRIB	ENTRA	SALE	ENTRA	SALE		
AGO	3	22	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	15	CJ101			ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	4	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR099			ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	5	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR100			ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	6	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR101			ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	7	22	EC	ETFR425DKE6.	RRLCT6	15	CF060			ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	8	22	EC	ETFR425DKE6.	RRLCT6	15	CF061			ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	9	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR104			ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	10	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR105			ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	11	22	EC	ETFR425DKE6.	RRLCT6	15	CF062			ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	12	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR106			ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	13	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR107			ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	14	22	EC	ETFR425DKE6.	RRLCT6	15	CF063			ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	15	22	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	15	CJ102	06-ago Retricción tapic		ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	16	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR108			ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	17	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR109			ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	18	22	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	15	CJ103	06-ago Retricción tapic		ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	19	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR087			ABR C(8	22-Jul-21	0-Jan	0-Jan	0-Jan	0-Jan		
AGO	20	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR088			ABR C(8	22-Jul-21	0-Jan	0-Jan	18-Aug	18-Aug		
AGO	21	22	EC	ETFS425FLEP.	RSJBTHP	15	CJ104	06-ago Retricción tapic		ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	18-Aug	18-Aug		
AGO	22	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR089			ABR C(8	22-Jul-21	0-Jan	0-Jan	18-Aug	19-Aug		
AGO	23	22	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	15	CJ105	06-ago Retricción tapic		ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	19-Aug	20-Aug		
AGO	24	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR090			ABR C(8	22-Jul-21	0-Jan	0-Jan	20-Aug	23-Aug		
AGO	25	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR091			ABR C(8	22-Jul-21	0-Jan	0-Jan	23-Aug	23-Aug		
AGO	26	22	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	15	CJ106	06-ago Retricción tapic		ABR	13-Jul-21	0-Jan	0-Jan	23-Aug	24-Aug		
AGO	27	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR102			ABR	22-Jul-21	0-Jan	0-Jan	24-Aug	24-Aug		
AGO	28	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR103			ABR	22-Jul-21	0-Jan	0-Jan	24-Aug	25-Aug		
AGO	29	22	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	15	CJ110	06-ago Retricción tapic		ABR	20-Jul-21	0-Jan	0-Jan	25-Aug	25-Aug		
AGO	30	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR115			MAY (26	27-Jul-21	0-Jan	0-Jan	25-Aug	26-Aug		
AGO	31	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR116			MAY (26	27-Jul-21	18-Aug	18-Aug	26-Aug	26-Aug		
AGO	32	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR117			MAY (26	27-Jul-21	18-Aug	18-Aug	26-Aug	27-Aug		
AGO	33	22	EC	ETFR425FGE6.	RRJBT6	15	CH180	Priorizar unidades PLAT		MAY (20	18-Aug-21	18-Aug	19-Aug	27-Aug	30-Aug		
AGO	34	22	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	15	CJ107			ABR	22-Jul-21	19-Aug	20-Aug	30-Aug	30-Aug		
AGO	35	22	EC	ETFR425FLEH.	RRJBTH	15	CR118			MAY (26	27-Jul-21	20-Aug	23-Aug	30-Aug	31-Aug		
AGO	36	22	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	1	CJ108			ABR	22-Jul-21	23-Aug	23-Aug	31-Aug	31-Aug		

Anexo E. Hoja de Tiempos área ensamble

ENSAMBLE GENERAL															
MOVILES															
Trim Comerciales	28	321	17	88,5%	6,15	284	1,3	11,2	12,7	11,5%	12,99%	5,36	4,74	28	31,6
Chasis Comerciales	28	321	23	84,7%	5,50	272	1,2	11,2	13,2	15,3%	18,06%	5,36	4,54	28	33,1
Final Comerciales	28	321	9	94,3%	6,50	303	1,3	11,2	11,9	5,7%	6,04%	5,36	5,05	28	29,7
Trim Pasajeros	77	242	35	88,6%	6,00	214	1,7	14,9	16,8	11,4%	12,87%	4,03	3,57	77	86,9
Power train Pasajeros	77	242	35	88,6%	6,00	214	1,7	14,9	16,8	11,4%	12,87%	4,03	3,57	77	86,9
Final Pasajeros	77	242	33	89,4%	6,00	216	1,7	14,9	16,7	10,6%	11,86%	4,03	3,60	77	86,1
Subensamble de tableros	105	263	63	86,3%	N/A	227	NA	13,7	15,9	13,7%	15,87%	4,38	3,78	105	121,7
Alineadora - Prueba Agua	105	263	51	89,0%	6,00	234	1,5	13,7	15,4	11,0%	12,36%	4,38	3,90	105	118,0
Linea CARE	105	263	51	89,0%	6,00	234	1,5	13,7	15,4	11,0%	12,36%	4,38	3,90	105	118,0
STOP AND GO															
Over Head Comerciales	28	321	17	88,50%	6,00	284	NA	11,2	12,7	11,5%	12,99%	5,36	4,74	28	31,6
Over Head Pasajeros	77	242	33	89,20%	5,30	215	NA	14,9	16,7	10,8%	12,11%	4,03	3,59	114	86,3

Anexo F. Matriz de evaluación Causa y efecto, Traslado entre líneas

MATRIZ Causa y Efecto						
Descripcion del Problema						
Nivel de importancia para el cliente	10	9	8	7	6	TOTAL
↓ Procesos Salidas (Que se va ha mejorar) → ↓ Proceso Entradas (Actividades, Iniciativas)	Reducción de exceso de movimientos	Elimina Procesos innecesarios	Reduce Transportes innecesarios	Elimina re-trabajos por errores	Reducción de esperas o paras	
Sacar y guardar herramientas en la caja	9	9	9	3	6	300
Operario utiliza la ruta más larga	9	3	9	1	9	250
Lluvia Obliga a usar una sola ruta	9	6	9	3	0	237
Check list de error proofing	3	9	3	6	9	231
No cumple secuencia de ajuste	6	6	1	1	9	183
No se cumple secuencia de trabajo estandarizado	6	3	0	6	6	165
Máquina de torque controlado no funciona	1	6	1	6	6	150
Daño de material en el proceso	1	3	6	3	6	142
Número de parte equivocado	1	3	6	3	3	124
Falta de compromiso de los METs	0	0	0	9	9	117
Líder no atiende al llamado Andón	3	1	1	1	9	108
Material faltante en el punto de uso	1	3	6	0	3	103
Clima laboral	1	1	1	6	6	105
Personal en proceso de entrenamiento	1	1	1	1	1	40
Condiciones anti ergonómicas	1	1	1	1	1	40

Anexo G. Base general de paras del área de Ensamble

BASE GENERAL DE PARAS ENSAMBLE GENERAL							
Start Time	Mes	Alarm Message	Equipo Responsable	ESTACION	LINEA	Tiempo Escalado en minutos	Tipo de Para
2020-01-06 00:00	1	Paro por arranque de año SM 1	Suzuki	SM2 RH: Instalación de bases, alternador	PASAJEROS	20,00	Para interna
2020-01-08 00:00	1	Paro activado por cambio LOTE-MODELO en Subensamble Motor	MANTENIMIENTO	SM1 LH: Sub ensamble caja cambios	PASAJEROS	10,00	Para interna
2020-01-10 00:00	1	Paro activado por cambio LOTE-MODELO en Subensamble Motor	MANTENIMIENTO	SM1 LH: Sub ensamble caja cambios	PASAJEROS	15,00	Para interna
2020-01-24 00:00	1	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	Suzuki	SM1 RH: Trasladar motor	COMERCIALES	1,47	Para interna
2020-01-24 00:00	1	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	MATERIALES	SM2 RH: Instalación de bases, alternador	PASAJEROS	0,50	Para interna
2020-02-03 00:00	2	Paro por sensor optico Subensamble Motores	MANTENIMIENTO	SM3 RH: Montaje Alternador y Bomba	COMERCIALES	30,00	Para interna
2020-02-03 00:00	2	Paro SUB MOTORES Ensamble por estabilizar el sistema pintura	PINTURA	SM3 RH: Montaje Alternador y Bomba	COMERCIALES	30,00	Para interna
2020-02-07 00:00	2	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	PINTURA	SM2 RH: Sacar improntas, acoplar trasfer	COMERCIALES	1,92	Para interna
2020-02-07 00:00	2	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	Suzuki	SM1 RH: Trasladar motor	COMERCIALES	1,33	Para interna
2020-02-07 00:00	2	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	Suzuki	SM3 RH: Instalación de arnés motor	PASAJEROS	0,83	Para interna
2020-03-03 00:00	3	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	MATERIALES	SM2 RH: Sacar improntas, acoplar trasfer	COMERCIALES	2,00	Para interna
2020-03-04 00:00	3	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	MATERIALES	SM2 LH: Montaje compresor A/C	COMERCIALES	13,60	Para interna
2020-03-05 00:00	3	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	MATERIALES	SM3 RH: Montaje Alternador y Bomba	COMERCIALES	30,78	Para interna
2020-03-06 00:00	3	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estación S1	Suzuki	SM2 RH: Instalación de bases, alternador	PASAJEROS	6,67	Para interna

Anexo H. Detalle de paras en las estaciones SM3 LH, SM1 LH, SM2 LH; de la línea pasajeros.

ESTACION	(Varios elementos)
Etiquetas de fila	Suma de Tiempo Escalado en minutos
Paro por sensor optico Subensamble Motores/Balaneo	412,65
Paro por sensor optico Subensamble Motores	393,87
Bloqueado Subensamble de Motores en estacion SM 3/igualando maximos	152,13
Bloqueado por llamado a LET Subensamble de Motores en estacion SM 2/Balaneo	98,82
Paro activado por cambio LOTE-MODELO en Subensamble Motores	63,08
Bloqueado SUB MOTORES por paro de emergencia SM 2	56,52
Bloqueado SUB MOT SM 1/Ausentismo operador	53,28
Hambriento SUB MOTORES SM 1	50,78
Paro de emergencia Subensamble Motores Estación 3	32,88
Bloqueado SUB MOTORES por sensor optico SM 5	20,40
Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estacion SM 2	19,25
Paro sub motores /sub ensamble chasis	18,08
Paro activado por cambio LOTE-MODELO en Subensamble Motores/Cierre de DPN	15,00
SM1 RH: Trasladar motor	13,65
Bloqueado SUB MOTORES MESA1/Sin aire	13,00
Paro activado por cambio LOTE-MODELO en Subensamble Motores/Problemas Red Divicenet	10,00
Hambriento Subensamble de Motores en estacion SM 2	7,82
Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estacion SM 3	3,08
Hambriento SUB MOT MESA1/Sin unidades	3,00
Bloqueado TRIM COM CC2C/Cambio de linea	3,00
Hambriento Subensamble Motores Estación 1/Sin hojas	2,23
Paro de emergencia Subensamble Motores Estación 2	0,28
Total general	1442,82

Anexo I. Detalle paras en las estaciones SM1 RH, SM3 RH, líneas comerciales

ESTACION	(Varios elementos)
Etiquetas de fila	Suma de Tiempo Escalado en minutos
Paro por sensor optico Subensamble Motores	401,12
Bloqueado SUB MOTORES MESA 1/Balaneo	282,00
Bloqueado SUB MOTORES MESA 3/Balaneo	231,00
Paro activado por cambio LOTE-MODELO en Subensamble Motores	229,17
Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estacion SM 3	202,22
Bloqueado Subensamble de Motores en estacion SM 3/balaneo	79,70
Bloqueado SUB MOT MESA 1/Igualando linea	75,00
Hambriento Subensamble de Motores en estacion SM 1	72,90
Bloqueado SUB MOT SM 1 Cumplimiento de producción cierre de mes	39,67
Hambriento Subensamble de Motores en estacion SM 0	36,37
Paro SUB MOTORES Ensamble por estabilizar el sistema pintura	30,00
Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estacion SM 2	19,42
Hambriento Subensamble de Motores en estacion SM 2	18,02
Paro por llamado a Cambio lote modelo	17,73
Bloqueado SUB MOT SM 1/activación alarma de evacuación	11,02
Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estacion SM 1	6,05
Bloqueado por Paro de emergencia Subensamble Motores Estación SM 1	0,47
Total general	1751,83

Anexo J. Formato para auditoria de cumplimiento de trabajo estandarizado.

AUDITORIA DE SECUENCIA		INTEGRANTES DEL EQUIPO					
MES: _____		Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:
Ambiente: _____		Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:
Tarea: (1) (2) (3)		Apellido:	Apellido:	Apellido:	Apellido:	Apellido:	Apellido:
Area: _____		Apellido:	Apellido:	Apellido:	Apellido:	Apellido:	Apellido:
<input type="radio"/> Labor de Equipo <input type="radio"/> Labor de Grupo <input type="radio"/> Cuadro: Tapes <input type="radio"/> SIM							
ITEM	PREGUNTAS	O cumple X No cumple	O cumple X No cumple	O cumple X No cumple	O cumple X No cumple	O cumple X No cumple	O cumple X No cumple
1	HTE desplegada y firmada.						
2	ATT de la HTE coincide con los de la hoja de tiempo actual?						
3	Sabe teoricamente la Secuencia de Trabajo (recte).						
4	Segue la secuencia establecida en la HTE.						
5	Cumple con el (scrolling o diagrama de movimientos) de la HTE.						
6	PREGUNTAS						
7	Tiene operaciones criticas (Tomar una muestra validar enlaces de Qcos, IPQS, QSC entre HET).						
8	El 'Que' de la HET, se describe con claridad los pasos para realizar la operacion. En este paso se empieza siempre con el verbo en INFINITIVO						
9	El 'Como' de la HET, se describe una explicacion que detalle o aclare la forma como se realizaran los pasos. En este paso se empieza siempre con el verbo en GERUNDO						
10	Estan descritos en la parte posterior de la HET, los problemas de seguridad y/o ergonomia que tengan como causa raíz el elemento de trabajo, que impliquen modificaciones en el trabajo estandarizado						
11	Estan descritos en la parte posterior de la HET, los problemas de calidad referidos a este elemento. Ejemplo: 50 puntos en GCA, problemas de campo						
12	Validad. Sigue CT de acuerdo a la carga de trabajo						
13	HMH desplega y firmada Tomar una muestra y verificar ubicacion del material que coincide con la de la HMH						
14	La simbologia colocada en las HET esta de acuerdo al estandar (Tomar una muestra)						
15	Todos los planes de accion del anterior mes fueron cerrados a tiempo.						
		X Cumple / O No cumple	/100%	/100%	/100%	/100%	/100%
ITEM	ACCION	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	ELABORACION		FECH	HECHO O USADO	

Anexo K. Matriz de Flexibilidad

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD - SGM-318															
ÚLTIMO BALANCE: 30/8/2020 GRUPO: TRIM. FINAL Y SUBENLAMBLES EQUIPO: SUZUKI		RE ESTRUCTURANDO SEPTIEMBRE LG: CARLOS EMILIO PICO BARRIONUEVO MES: ABRIL Firma: LET				AREA: CUCURULLI Firma: LG									
Familia	Type	Código	Nombre	Colocar bandas y bajar motor	Colocar Harness	MATRIMONI O - RH	MATRIMONI O - LH	MONTAJE CAÑERIAS	MONTAJE MOTOR LH	MONTAJE MOTOR RH	MONTAJE TANQUE COMBUSTIBLE				
LET	LOCAL	6073297	JOSE CARLOS TAMBO TAMBO	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D				
MET	LOCAL	6129499	FREYD GUSTAVO PENA CARDENAS	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D				
MET	LOCAL	6147958	BYRON GUSTAVO ONA GUALOTUNA	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D				
MET	LOCAL	6148116	LUIS WASHINGTON GUANOQUIZA GATOTA	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D				
MET	LOCAL	6159482	EDWIN PATRICIO MINDA MALDONADO	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D				
MET	EXTRAN JERO	6432746	LUIS MARCOS ATALA CADENA	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D	E F M A M J J A S O N D				

Anexo M. Base de datos GPMC

Sho	fecha	Dia	Estacion	Res	Responsabl	INICIO	FINAL	T Llamado (min)	T Paro (min)	Sema	Condicion de F
G	2/7/2021	2	EA01	MTR	materiales	7/2/2021 10:22:06 AM	7/2/2021 10:23:56 AM	1,83	0,00	27	No Paro
G	2/7/2021	2	EA02	MTR	materiales	7/2/2021 10:22:06 AM	7/2/2021 10:23:41 AM	1,58	0,00	27	No Paro
G	5/7/2021	5	EA05	MTR	materiales	7/5/2021 11:41:50 AM	7/5/2021 11:43:30 AM	1,67	0,00	28	No Paro
G	5/7/2021	5	EA05	MTR	materiales	7/5/2021 11:51:01 AM	7/5/2021 11:57:42 AM	6,68	0,00	28	No Paro
G	5/7/2021	5	EA05	MTR	materiales	7/5/2021 11:58:22 AM	7/5/2021 11:57:17 AM	0,92	0,00	28	No Paro
G	5/7/2021	5	EA03	MTR	materiales	7/5/2021 11:44:10 AM	7/5/2021 11:47:16 AM	3,08	0,00	28	No Paro
G	7/7/2021	7	EA02	MTR	materiales	7/7/2021 8:56:00 AM	7/7/2021 8:57:35 AM	1,58	0,00	28	No Paro
G	7/7/2021	7	EA01	MTR	materiales	7/7/2021 7:21:51 AM	7/7/2021 7:22:06 AM	1,58	0,00	28	No Paro
G	8/7/2021	8	EA01	MTR	materiales	7/8/2021 7:57:47 AM	7/8/2021 8:02:24 AM	4,58	0,00	28	No Paro
G	7/7/2021	7	FA03	MTR	materiales	7/7/2021 11:55:00 AM	7/7/2021 11:55:40 AM	0,67	0,00	28	No Paro
G	3/7/2021	9	J3S5	QLCF	materiales	7/2/2021 3:22:21 PM	7/3/2021 7:34:06 AM	4,50	0,00	37	No Paro
G	1/7/2021	1	TA11	MTR	materiales	7/1/2021 8:34:27 AM	7/1/2021 8:36:08 AM	1,67	0,00	27	No Paro
G	1/7/2021	1	TA04	MTR	materiales	7/1/2021 7:18:30 AM	7/1/2021 7:21:25 AM	2,92	0,00	27	No Paro
G	1/7/2021	1	TA04	MTR	materiales	7/1/2021 8:18:31 AM	7/1/2021 8:17:21 AM	0,83	0,00	27	No Paro
G	1/7/2021	1	TA04	MTR	materiales	7/1/2021 8:22:11 AM	7/1/2021 8:22:31 AM	0,33	0,00	27	No Paro
G	1/7/2021	1	TA06	MTR	materiales	7/1/2021 8:21:56 AM	7/1/2021 8:24:41 AM	2,75	0,75	27	Paro
G	1/7/2021	1	TA06	MTR	materiales	7/1/2021 10:32:04 AM	7/1/2021 10:34:54 AM	2,83	0,92	27	Paro
G	1/7/2021	1	TA06	MTR	materiales	7/1/2021 10:35:07 AM	7/1/2021 10:35:27 AM	0,33	0,00	27	No Paro
G	1/7/2021	1	TA06	MTR	materiales	7/1/2021 11:16:53 AM	7/1/2021 11:17:38 AM	0,75	0,00	27	No Paro
G	1/7/2021	1	TA17	MTR	materiales	7/1/2021 8:25:57 AM	7/1/2021 8:28:57 AM	3,00	0,00	27	No Paro
G	1/7/2021	1	TA17	MTR	materiales	7/1/2021 7:55:44 AM	7/1/2021 7:55:54 AM	3,00	0,00	27	No Paro
G	1/7/2021	1	TA18	MTR	materiales	7/1/2021 8:25:57 AM	7/1/2021 8:28:57 AM	3,00	0,00	27	No Paro

Anexo N. Formato para el seguimiento del motivo del llamado andon al equipo de materiales.

v0-05
v0-03

Fecha	Hora Inicio	Hora Final	Duracion	Descripcion de para	Estacion	Modelo	Responsable
Miércoles 6	14:10 15:35		1 3	Dato maquina refrigerante Sin colocar parchos	FA-04 EVE		Mantenimiento Mantenimiento
Viernes 8	14:09 14:24		6 2	Atrazo operador No funciona calefacción	FA-02 EVE		VP-04 VP-03
Años 11	14:10 14:27		9	No carga frenos Sin cargar frenos	FA-09 EVE		Mantenimiento Mantenimiento
Martes 12	07:47 08:54 09:33 09:40		2 1 3 1	Dato tornillos sueltos Se pierde check engine Mal instalado peralte B Mal conectado cable no carga frenos	EVE EVE EVE FA-04		CKD Mecanica v0-03 VP-04
Viernes 15	14:42 14:59		5 5	Maquina no carga frenos Maquina no carga frenos	FA-04 FA-04		Mantenimiento Mantenimiento
Años 18	14:18		2	Cheque de unidades	EVE		VP-01
Miércoles 20	14:18 15:49		1	Dato estado	EVE		v0-03
Jueves 21	15:23		1	Sin colocar plasticas	EVE		Materiales
Martes 26	15:17 16:13		5 1	No vale cargar refrigerante Sin colocar chapa	FA-04 EVE		Mantenimiento v0-03

Anexo O. Detalle de trabajo estandarizado D-max

GM-OBB ECUADOR - 7Q2TEST **Hoja de Trabajo Estandarizado STcaminataD - ESTATICA**

Grupo / Equipo: SUB MOTORES COMERCIALES Opcion: EBE SMD2 Tipo Veh: D_MAX (D_MAX) Fecha Último cambio: Jul 4 2017

Descríp.Opcion: SACAR IMPRONTAS, ACOPLAR TRASFER ESCRITO por: Darwin Topón

Diagrama Flujo Trabajo:

2RH

Símbolo	Frecuencia Elemento	[MAC] Opcion	Work Time / Work Time						
			RT-50-05	RT-50-58	RT-53-02	RT-50-05	RT-53-05		
1	RT1001 LEER MANIFIESTO	RTSCDD	1.8	1.1	1.8	1.1			
2	RT1002 TUBERÍA DEL VENTILADOR	RTSCDD	15.1	4.3	15.1	4.3			
3	RT1003 ENMASCARAR DEL VENTILADOR	RTSCDD	2	4.3	2	4.3			
4	RT1016 POSICIONAR ENMASCAR DEL VENTILADOR	RTSCDD	18.4	18.4					
5	RT1004 ALTERNADOR Y BRACKET DEL ALTERNADOR	RTSCDD	1.5	2.6	1.5	2.6			
6	RT1018 POSICIONAR ALTERNADOR Y BRACKET DEL ALTERNADOR	RTSCDD	21.1	2.2	21.1	2.2			
7	RT1008 SACAR IMPRESION DEL MOTOR	RTSCDD	17.9	17.9					
8	RT1038 REEMPLAZAR ETIQUETA PLACA	RTSCDD	2.4	2.4					
9	RT1042 INSPECCION DEL 200% INSTALACION PLATO SECCO ENMASCAR	RTSCDD	1.3	1.3	2				
10	RT1019 POSICIONAR PERNO DE LA CAJA DE CAMBIOS	RTSCDD	14.1	1.1	14.1	1.1			
11	RT1006 Y POSICIONAR PERNO DE ACOPLA TRANSFER	RTSCDD	3.7	2.2	3.7	2.2			
12	RT1005 ACOPLAR TRANSFER A LA TRANSMISION	RTSCDD	16.3	16.3	3.3				
13	RT1009 PALANCA DE CAMBIOS	RTSCDD	2.7	2.7	2.6				
14	RT1001 COLOCAR PLACUJO DE CAMBIOS	RTSCDD	32.3	16.3	1.6				
15	RT1001 COLOCAR MANEJADORA DEL SENSOR DE VELOCIDAD	RTSCDD	13.9	13.9					
16	RT1001 INSTALAR MANEJADORA DE CAJA	RTSCDD			25.4				
17	RT1001 SUBPRONTO MANEJADORA DE ENGRANES DE ACEITE	RTSCDD	15.4	15.4	3.6	15.4	3.6	15.4	3.6
18	RT1001 ALTERNADOR DE VELOCIDAD	RTSCDD	9.9	9.9					
19	RT1001 LEER MANIFIESTO	RTSCDD		1.8	1.1	1.8	1.1		
20	RT1008 INSPECCION DEBIDA MANEJADORA DE CAMBIOS	RTSCDD	2.2	2.2					
21	RT1008 INSTALAR MANEJADORA DEL ALTERNADOR	RTSCDD	8.1	8.1	6.3	8.1	6.3		
22	RT1001 COLOCAR PERNO CAJA DE MANEJADORA MOTOR	RTSCDD	30.4	30.4					

2RH (D_MAX)

Trabajo Tiempo / caminata (seg)	205.7	205.7	233.6	137.7	233.6	
AVG ponderado Tiempo (seg)	0	0	37.5	37.5	15.6	15.6
Weighted VA Time	0	0				
Weighted NVA Time	0	0				
Weighted INSP Time	0	0				
Weighted caminata (seg)	244.2	244.2	244.2	172.8	244.2	
Porcentaje Estimado	100					

Actual Task Time (sec): 224
Task Time: 0
Available Time(sec): 224

Revisión BOB

Fecha	Nombre	Descrip. Del Cambio
8/14/2017	Darwin Topón	Balanceo
7/4/2017	Darwin Topón	Balanceo

Anexo P. Detalle de trabajo estandarizado Sail

GM-OBB ECUADOR - TEST **Hoja de Trabajo Estandarizado STcaminataD - ESTATICA**

Grupo / Equipo: SUB ENSAMBLE MOTORES PASAJEROS Opcion: EAG SM1R1 Tipo Veh: SGM-318 (SGM 318) Fecha Último cambio: Jul 26 2017

Descríp.Opcion: TRASLADAR MOTOR ACOPLAR CAJA RH ESCRITO por: Carlos Picho

Diagrama Flujo Trabajo:

1RH

Símbolo	Frecuencia Elemento	[MAC] Opcion	Work Time / Work Time					
			RT-50-05	RT-50-58	RT-53-02	RT-50-05	RT-53-05	
1	80-088 VERIFICAR MANEJADORA DE CAMBIOS		10.3					
2	80-088 REEMPLAZAR MOTOR		10.7					
3	80-088 REEMPLAZAR MOTOR CON TUBERÍA Y TRANSLADAR A LA MANEJADORA DE CAMBIOS		22.7	1.7				
4	100% Y POSICIONAR CAJA DE 20% EN EL MANEJADORA		1.8					
5	80-088 INSTALAR MOTOR		1.8					
6	80-088 COLOCAR MANEJADORA DE CAMBIOS		11					
7	80-088 POSICIONAR MOTOR DE ARRANQUE		14.2					
8	80-088 POSICIONAR MOTOR DE ARRANQUE		18.2					
9	80-088 POSICIONAR MOTOR DE ARRANQUE		2.6	3.2				
10	80-088 POSICIONAR MOTOR DE ARRANQUE		3.6	3.2				
11	80-088 COLOCAR MANEJADORA DE CAMBIOS		6.9					
12	80-088 COLOCAR MANEJADORA DE CAMBIOS		7	1.8				
13	80-088 COLOCAR MANEJADORA DE CAMBIOS		13.1	2.2				
14	80-088 POSICIONAR PERNO ACOPLA DE CAJA A MOTOR		26.7	1.4				
15	80-088 ALTERNADOR		3.8					

SGM-318 (SGM 318)

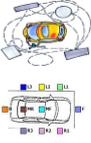
Trabajo Tiempo / caminata (seg)	163.2				
AVG ponderado Tiempo (seg)	173.8	173.7			
Weighted VA Time	16.8	29.8			
Weighted NVA Time	15.1	53.1			
Weighted INSP Time	16.4	16.4			
Weighted caminata (seg)	10.3	10.3			
Actual Task Time (sec)	192				
Task Time	0				
Available Time(sec)	19.8				

Actual Task Time (sec): 192
Task Time: 0
Available Time(sec): 19.8

Revisión BOB

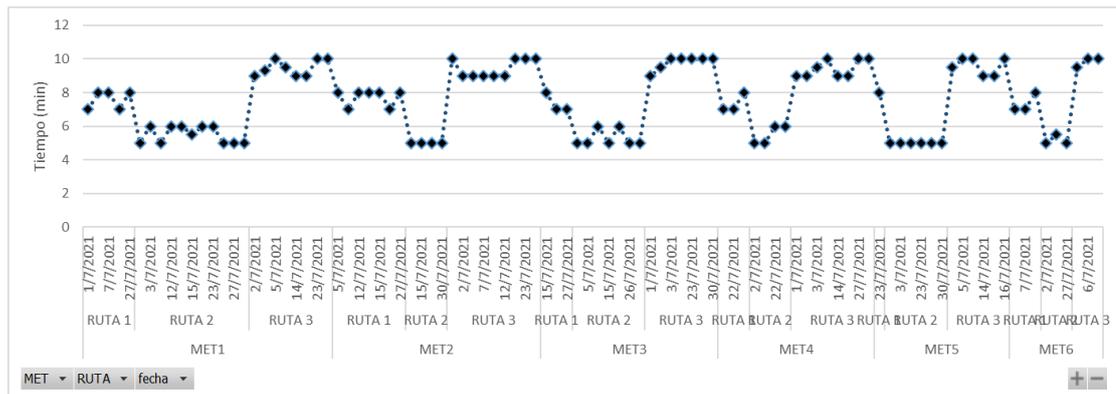
Fecha	Nombre	Descrip. Del Cambio
7/26/2017	Carlos Picho	cambio volumen
7/26/2017	Carlos Picho	ACTUALIZACION

Anexo Q. Check list de Observación - Identificación de desperdicios

Check list de Observación - Identificación de desperdicios										
Equipo de trabajo:		Fecha:								
Estación de trabajo:		Realizado por:								
Modelo:		Lider de grupo responsable:								
Tipos de Desperdicios	Ejemplos de desperdicio - Criterio	Ideal	Actual	Propuesto	Disponibilidad Implementación	Efectividad	Plan de acción	Responsable	Fecha	Estatus
	1 Caminar para tomar partes	Cero	30	1	1	100%				
	2 Caminar alrededor del vehículo (sin tomar o ensamblar partes)	Cero				0%				
	3 Caminar a tomar la herramienta	Cero				0%				
	4 Caminar para intercambiar batería de máquina / transbordo de partes	Cero				0%				
	5 Número de zonas del vehículo que trabaja el operador	≤ 3				0%				
	6 Caminar con partes en las manos (caminar después de tomar la parte)	Cero				0%				
EXCESO DE MOVIMIENTOS DEL OPERADOR	7 Realización de movimientos innecesarios para la operación	Cero				0%				
	8 Esperando partes	Cero				0%				
	9 Esperando SPS	Cero				0%				
 ESPERA	10 Operador en espera de la máquina	Cero				0%				
	11 Máquina en espera del operador	Cero				0%				
	12 Máquina en espera de máquina	Cero				0%				
	13 Espera de máquina defectuosa / descanso	Cero				0%				
 EXCESO DE INVENTARIOS	14 Herramientas no utilizadas	Cero				0%				
	15 Inventario de partes pequeñas	≤ 2h				0%				
	16 Inventario de partes grandes	≤ 1h				0%				
	17 Utilización inadecuada del rack (equipos)	Cero				0%				
 TRANSPORTES	18 Desembalaje de partes (Hecho para la producción)	≤ 3% del ciclo				0%				
	19 Tomar partes que fueron preparadas previamente por otro operador.	Cero				0%				
	20 Transbordo de partes (sin caminar)	Cero				0%				
 CORRECCIONES	21 Partes similares próximas entre sí	Cero				0%				
	22 Estación dedicada para el montaje de un solo componente, por ejemplo, la plataforma para el montaje de las barras de techo (monotoria)	Cero				0%				
	23 Problemas de calidad en las partes / componentes	Cero				0%				
	24 Problemas que requieren algún tipo de retrabajo	Cero				0%				
 PROCESOS INNECESARIOS	25 Operaciones / acciones que se realizan sin estar descritas en el Trabajo Estandarizado	Cero				0%				
	26 Operaciones temporales	Cero				0%				
	27 El operador desplaza o remueve objetos que son un obstáculo en la operación	Cero				0%				
SOBREPRODUCCIÓN	28 Operaciones innecesarias	Cero				0%				
	29 Buffer de partes / sub ensamblés	≤ max. Especific				0%				
	30 Falta identificación de máximos y mínimos en buffers	Cero				0%				
 MANEJO DE MATERIALES	31 Overspeed (con soporte del coordinador de producción)	GA = 6% max.				0%				
	32 Transporte / Operación innecesaria					0%				
	34 Equipo inadecuado					0%				
	35 Otros					0%				
	36 Uso excesivo de EPP (evitar el uso innecesario y desperdicios)					0%				
 OTROS (energía, etc.)	37 Iluminación en exceso o innecesaria (Cantidad de luminarias) con soporte de seguridad	Cero				0%				
	38 Calentamiento innecesario	Cero				0%				
	39 Costo de Scrap (más pequeño es mejor)					0%				
	40 Otros					0%				
 MÁQUINAS Y EQUIPOS	41 Consumo de energía de los equipos (durante el trabajo) con soporte de mantenimiento	Min. Nec.				0%				
	42 Consumo de energía de los equipos (durante la espera) con soporte de mantenimiento	Cero o min. nec.				0%				
	43 Mantenimiento en exceso					0%				

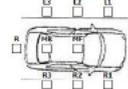
Anexo R. Datos para el cálculo de la ruta más corta.

Shc	fecha	Dia	TIEMPO	RUTA	MET
G_	1/7/2021	1	7	RUTA 1	MET1
G_	1/7/2021	1	10	RUTA 3	MET2
G_	1/7/2021	1	9	RUTA 3	MET3
G_	1/7/2021	1	9	RUTA 3	MET4
G_	1/7/2021	1	5	RUTA 2	MET5
G_	2/7/2021	2	5	RUTA 2	MET6
G_	2/7/2021	2	5	RUTA 2	MET1
G_	3/7/2021	3	9	RUTA 3	MET1
G_	3/7/2021	3	9	RUTA 3	MET2
G_	3/7/2021	3	5	RUTA 2	MET3
G_	3/7/2021	3	9	RUTA 3	MET4
G_	3/7/2021	3	9	RUTA 3	MET5
G_	3/7/2021	3	9	RUTA 3	MET6



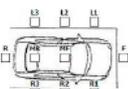
RUTA	MET	Promedio de TIEMPO
RUTA 1	MET1	7,60
	MET2	7,67
	MET3	7,33
	MET4	7,25
	MET5	8,00
	MET6	7,33
Total RUTA 1		7,52
RUTA 2	MET1	5,44
	MET2	5,00
	MET3	5,38
	MET4	5,50
	MET5	5,00
	MET6	5,25
Total RUTA 2		5,30
RUTA 3	MET1	9,46
	MET2	9,44
	MET3	9,78
	MET4	9,40
	MET5	9,57
	MET6	9,75
Total RUTA 3		9,54

Anexo S. Trabajo estandarizado verificación error proofing

GM-OBB ECUADOR		Hoja Elemento de Trabajo		Tipo de Vehículo :		Operación #		Tiempo		
				AVEO		EDA MTC01		6		
Nombre del elemento-4 - MN-MTC-11 ESCANEAR CÓDIGO DE BARRAS CHECK LIST				Seguridad para el operador <input type="checkbox"/> Proceso crítico <input type="checkbox"/> Chequeo de Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia Mandatori <input type="checkbox"/>		BASE		VA:	NVA:	INSP:
1 CANEAR CON PISTOLA INALÁMBRICA SCANNER PISTOLA LÍNEA (PUNTA FIE)				Simb.	Ref #	Paso principal	Punto clave	Razón		
				◇	1	Escanear código de barras check list pistola inalámbrica	Tomar la pistola inalámbrica, presionar el gatillo y dirigir el haz de luz rojo al código de barras CHECK LIST ubicado junto al simulador de juntas, procurando	Garantizar la programación de secuencia de ajustes check list del torque		
					2		que el haz de luz cubra todo el código de barras, mantener presionado el gatillo hasta que se pueda verificar que en la pantalla de la herramienta,	controlado		
					3		se refleje la palabra CHECK LIST ingresaron los parámetros			
				◇	4	Escanear código de barras check list pistola lineal	Tomar la pistola del scanner, presionar el gatillo y dirigir el haz de luz rojo al código de barras CHECK LIST ubicado junto al simulador de juntas,	Garantizar la programación de secuencia de ajustes check list del torque		
					5		procurando el haz de luz cubra todo el código de barras, mantener presionado el gatillo hasta que se pueda verificar que	controlado		
					6		se encienda la luz en la pistola de color verde y que en la pantalla del controlador ingresaron los parámetros			
					7					
					8					
					9					
					10					
Realizó: EdgarM Tandalla		Fecha: 14-Jul-16				Fecha:	Operación	Tiempo	Nombre	Descripción del cambio
PAD						1-Oct-14	4LP EA505	0	Freddy Bustillos	Major Step # 1 - Inserted Image
						1-Oct-14	4LP EA505	22	Freddy Bustillos	Total Time Changed
						1-Nov-14	4LP EA51	6	Hugo Lozada	Total Time Changed
						26-May-16	4LP EA303	6	EdgarM Tandalla	Major Step # 2 - Key Point Changed: 'que el haz de
						1-Jun-16	4LP EA303	6	EdgarM Tandalla	Major Step # 1 - Inserted Quality Symbol

Fecha de Impresión 14-Sep-21

Versión de Software: 3.6.37

GM-OBB ECUADOR		Hoja Elemento de Trabajo		Tipo de Vehículo :		Operación #		Tiempo		
				AVEO		EDA MTC01		2		
Nombre del elemento-5 - MN-MTC-12 CHEQUEO PISTOLA INALÁMBRICA AJUSTE OK				Seguridad para el operador <input type="checkbox"/> Proceso crítico <input type="checkbox"/> Chequeo de Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia Mandatori <input type="checkbox"/>		BASE		VA:	NVA:	INSP:
1 SIMULADOR DE JUNTAS CHEQUEO AJUSTE OK				Simb.	Ref #	Paso principal	Punto clave	Razón		
				◇	1	Ajorrar perno del simulador de juntas	Poner en reversa la pistola inalámbrica presionando el boton identificado con una flecha roja, luego junto a una coque ajorrar el perno del simulador de	Facilitar la verificación de lo contrario el ajuste sera NOK.		
					2		juntas, por un segundo verificando que el perno no se salga de su alojamiento			
				◇	3	Ajustar perno del simulador de juntas	Poner en ajuste la pistola inalámbrica presionando el boton identificado con una flecha verde, luego junto a una coque ajustar el perno del simulador de juntas,	Garantizar detección de retoro y que todas las ayudas visuales en de la		
					4		hasta que la pistola se detenga y se pueda verificar que en la herramienta se enciendan los led de color verde, verificar que encienda la pantalla que esta	herramienta funcionen correctamente		
					5		junto al controlador de color verde, verificar pantalla del controlador donde saldrá el valor de ajuste final en fondo verde y en la parte central izquierda la palabra			
					6		OK en un ovalo verde			
					7					
					8					
					9					
					10					
Realizó: EdgarM Tandalla		Fecha: 14-Jul-16				Fecha:	Operación	Tiempo	Nombre	Descripción del cambio
PAD						1-Oct-14	4LP EA505	12	Hugo Lozada	Total Time Changed
						1-Nov-14	4LP EA51	2	Hugo Lozada	Total Time Changed
						26-May-16	4LP EA303	2	EdgarM Tandalla	Major Step # 1 - Key Point Changed: 'Poner en
						26-May-16	4LP EA303	2	EdgarM Tandalla	Major Step # 1 - Key Point Changed: 'Poner en
						1-Jun-16	4LP EA303	2	EdgarM Tandalla	Major Step # 1 - Inserted Quality Symbol

Fecha de Impresión 14-Sep-21

Versión de Software: 3.6.37

GM-OB ECUADOR		Hoja Elemento de Trabajo		Tipo de Vehículo :	Operación #	Tiempo
				AVEO	EDA MTC01	2
Nombre del elemento: 6 - MN-MTC-13 CHEQUEO PISTOLA INALÁMBRICA AJUSTE NOK		Seguridad para el operador <input type="checkbox"/> Proceso crítico <input type="checkbox"/> Chequeo de Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia Mandatori <input type="checkbox"/>		BASE		VA: NVA: INSP:
1 SIMULADOR DE JUNTAS		CHEQUEO AJUSTE NOK		Simb. Ref # Paso principal		Punto clave
		1 Aflojar perno del simulador de juntas		Poner en reversa la pistola inalámbrica presionando el botón identificado con una flecha roja. Luego junto a una copa aflojar el perno del simulador de juntas, por un segundo verificando que el perno no se salga de su alojamiento		Facilitar la verificación de lo contrario el ajuste será NOK
		2		Poner en ajuste la pistola inalámbrica presionando el botón identificado con una flecha verde, luego junto a una copa ajustar el perno del simulador de juntas, hasta que la pistola se detenga y verificar que en la pantalla de la herramienta se encienden los led de color rojo, donde saldrá el valor de ajuste final		Garantizar detección de error y que todas las ayudas visuales y auditivas de la herramienta funcionen correctamente
		3 Ajustar perno del simulador de juntas		en fondo rojo y en la parte central izquierda la palabra NOK en un ovalo rojo		
		4				
		5				
		6				
		7				
		8				
		9				
		10				
Realizó: EdgarM Tandalla		Fecha: 14-Jul-16		Operación: 4LP EA505		Nombre: Hugo Lozada
Fecha: 14-Jul-16		Operación: 4LP EA505		Tiempo: 0		Descripción del cambio: Element Created
		Operación: 4LP EA505		Tiempo: 18		Descripción del cambio: Total Time Changed
		Operación: 4LP EA511		Tiempo: 2		Descripción del cambio: Total Time Changed
		Operación: 4LP EA303		Tiempo: 2		Descripción del cambio: Major Step # 1 - Key Point Changed: Poner en
		Operación: 4LP EA303		Tiempo: 2		Descripción del cambio: Major Step # 1 - Inserted Quality Symbol

Fecha de impresión 14-Sep-21

Versión de Software: 3.6.37

Anexo T. Firmas de capacitación Nuevo proceso Check List

5 Minutos de Seguridad		CONTROL DE ASISTENCIA				
MES: Junio						
Nombre del equipo de trabajo: ADY						
DIA:		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
FACILITADOR (LIDER DE SEGURIDAD):		07	08	09	10	11
TEMAS:		Elemento 4.4	Elemento 4.4	Elemento 4.4	Todo sobre uso de mascarilla	Reordenar lo en modo
No. NOMBRE Y APELLIDO		FIRMA				
1 TURNO	Havirio Meoza	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]
	Carlos Pizarro	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]
	Edgar Tandalla	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]
	D. Seon	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]
	Edgar Usina	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]
	Edison Cortava	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]
	Eduardo Pizarro	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]
	Patrio Alarcos	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]

Anexo U. Detalle de los datos para el cálculo del MTBF-MTTR

LINEA	Alarm Message	TIEMPO DE PARA MIN.	CANTIDAD DE FALLAS	TIEMPO DE PARA HORAS	↑ MTBF	↓ MTTR
COMERCIALES	Paro por sensor optico Subensamble Motores	322,52	10	5,38	122,86	40,18
	Bloqueado SUB MOTORES MESA 3	231,00	1	3,85		
	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estac	71,97	5	1,20		
	Bloqueado Subensamble de Motores en estacion SM 1	57,50	1	0,96		
Total COMERCIALES		682,98	17	11,38		
PASAJEROS	Paro por sensor optico Subensamble Motores	549,17	31	9,15	26,07	10,69
	Bloqueado Subensamble de Motores en estacion SM 3	152,13	1	2,54		
	Bloqueado SUB MOTORES SM 1	133,00	1	2,22		
	Paro de emergencia Subensamble Motores Estación 3	12,60	36	0,21		
	Paro por llamado a LET Subensamble de Motores en estac	8,67	11	0,14		
Total PASAJEROS		855,57	80	14,26		
Total general		1538,55	97	25,64	21,39	15,86

Anexo V. Precios de vehículos 2021

MODELOS 2021				
TIPO	DESCRIPCIÓN	PVP SUGERIDO	PVP COLABORADOR	PVP REFERIDO
PAS	ONIX PREMIER TURBO AC 1.0 4P 4X2 TA	\$21.999	\$20.239	\$21.119
SUV	GROOVE PREMIER AC 1.5 5P 4X2 TM	\$24.990	\$22.991	\$23.990
	GROOVE LT AC 1.5 5P 4X2 TM	\$22.990	\$21.151	\$22.070
	CAPTIVA LT TURBO 5PAS AC 1.5 5P 4X2 TA	\$28.999	\$26.679	NO APLICA
	CAPTIVA LT TUR 5 PAS AC 1.5 5P 4X2 TM	\$26.999	\$24.839	NO APLICA
PICK UP	D-MAX TD 2.5 CS 4X2 TM DIESEL	\$27.999	\$25.759	\$26.879

MODELOS 2022				
TIPO	DESCRIPCIÓN	PVP SUGERIDO	PVP COLABORADOR	PVP REFERIDO
PASAJEROS	SPARK GT PREMIER AC 1.2 5P 4X2 TM	\$15.199	\$13.983	\$14.591
	SPARK GT LS AC 1.2 5P 4X2 TM	\$13.399	\$12.327	\$12.863
	SAIL LS STD 1.5 4P 4X2 TM	\$16.570	\$15.244	NO APLICA
	SAIL LS AC 1.5 4P 4X2 TM	\$17.870	\$16.440	NO APLICA
SUV	GROOVE PREMIER AC 1.5 5P 4X2 TM	\$24.990	\$22.991	\$23.990
	GROOVE LT AC 1.5 5P 4X2 TM	\$22.990	\$21.151	\$22.070
PICK UP	D-MAX TD 2.5 CS 4X2 TM DIESEL	\$27.999	\$25.759	\$26.879

Anexo W. Costo del reemplazo de la mesa de subensamble motores.

GM **N°62279 – REPLACEMENT TABLE SUB ASSEMBLY ENGINES**

Work Description: REPLACEMENT TABLE SUB ASSEMBLY ENGINES.

Plant: Quito, GM OBB
Center: General Assembly

Work Rationale: Replacement of engine subassembly tables because they are obsolete and present some risks for operators

Execution Time (in months): 5
Cost Book - Capital: US\$ 70 K
Cost Book - Expense: US\$ 10 K
Priority Category: Safety

Cost Book Details:

Item	Description	Quantity	Unit Price	Total Price
1	Roll Table(Mechanics and Neumatic System)	1	70000	\$ 70,000.00
2	General arrangements	1	60000	\$ 10,000.00

Confidential

TOTAL USD	\$ 80,000
------------------	------------------

Anexo X. Pasos para realizar la caja de SPS.

GM **LMS WORKSHOP EXECUTIVE SUMMARY – SUB ASSEMBLY ENGINES**

PROCESS ILLUSTRATION

CAR SHAPE DIVIDED INTO REGIONS & PARTS PLACED ACCORDING TO CAR REGION

PROTOTYPE CONCEPT DEVELOPMENT

PROTOTYPE READY TO TRY OUT

ASSEMBLY LINE TRY OUT

LMS IMPLEMENTATION TEAM

Anexo Y. Elementos que se mueven de las estaciones SM2 RH-LH

Job	Job Element	ESTACION	Opt	ELIMINA	NUEVA ESTACION	VA	VNA
D_MAX	2 - RT-SACAR TUERCAS DEL VENTILADOR	SM2 RH	RT50CD		SM1 RH	11,40	8,04
D_MAX	4 - RT-1476 - POSICIONAR EMBRAGUE DEL VENTILADOR	SM2 RH	RT50CD			14,10	4,32
D_MAX	5 - RT-1455 - SACAR IMPRONTA DEL MOTOR	SM2 RH	RT50CD			12,48	5,40
D_MAX	8 - RT-1479 - D POSICIONAR PERNOS DE LA CAJA DE CAMBIOS	SM2 RH	RT50CD			11,46	3,72
D_MAX	11 - RT-1341 - TORQUEAR BASE CAJA DE CAMBIOS	SM2 RH	RT50CD			12,48	10,98
D_MAX	13 - RT-1345 - COLOCAR PALANCA DE CAMBIOS	SM2 RH	RT50CD			21,96	11,94
D_MAX	16 - RT-1451 - LEER MANIFIESTO	SM2 RH	RT50CD	X		0,00	2,88
D_MAX	1 - RT-1451 - LEER MANIFIESTO	SM2 LH	RT50CD			0,00	2,52
D_MAX	2 - RT-1529 - ESCANEAR CÓDIGO DE BARRAS DEL NUMERO VIN	SM2 LH	RT50CD			0,00	5,10
D_MAX	5 - RT-1725 TOMAR Y POSICIONAR BASE DEL COMPRESOR DEL A/C	SM2 LH	RT50CD			7,44	4,80
D_MAX	6 - RT-1488 AJUSTAR Y TORQUEAR BASE DEL COMPRESOR DEL A/C	SM2 LH	RT50CD			9,84	5,22
D_MAX	7 - RT-1542 INSPECCIÓN DEL 200% AJUSTE BRACKET COMPRESOR A/C	SM2 LH	RT50CD		SM1 LH	0,00	1,20
D_MAX	9 - RT-1490 - COLOCAR COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO	SM2 LH	RT50CD			31,38	3,18
D_MAX	11 - RT-1493 - TORQUEAR ARNES DE MASA DEL MOTOR	SM2 LH	RT50CD			12,06	4,32
D_MAX	12 - RT-1497 - REVISAR NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR	SM2 LH	RT50CD			3,24	7,92
D_MAX	13 - RT-1513-TORQUEAR TUERCAS DEL VENTILADOR	SM2 LH	RT50CD			14,16	4,80
D_MAX	17 - RT-TOMAR CLIP DE LA CAJA DE CAMBIOS	SM2 LH	RT50CD			1,08	0,72
D_MAX	18 - RT-Posicionar clip caja de cambios OÑA	SM2 LH	RT50CD			4,02	0,00
D_MAX	19 - RT-1462 - COLOCAR MANGUERA DE VENTILACIÓN DEL TRANSFER	SM2 LH	RT50CD		SM1 LH	9,24	1,20
D_MAX	20 - RT-1350 - COLOCAR TAPON PIÑÓN DEL SENSOR DE VELOCIDAD	SM2 LH	RT50CD			12,60	1,32
D_MAX	21 - RT-1474 - AJUSTAR CLIP EN CAJA DE CAMBIOS OÑA	SM2 LH	RT50CD			5,34	1,44

Anexo Z. Eliminación de estación SM2 RH D-Max.

Job	Job Element	ESTACION	Opt	NUEVA ESTACION	VA	VNA
D_MAX	4 - RT-1476 - POSICIONAR EMBRAGUE DEL VENTILADOR	SM2 RH	RT50CD	SM2 LH	14,10	4,32
D_MAX	5 - RT-1455 - SACAR IMPRONTA DEL MOTOR	SM2 RH	RT50CD	SM3 RH	12,48	5,40
D_MAX	8 - RT-1479 - D POSICIONAR PERNOS DE LA CAJA DE CAMBIOS	SM2 RH	RT50CD	SM2 LH	11,46	3,72
D_MAX	11 - RT-1341 - TORQUEAR BASE CAJA DE CAMBIOS	SM2 RH	RT50CD	SM2 LH	12,48	10,98
D_MAX	13 - RT-1345 - COLOCAR PALANCA DE CAMBIOS	SM2 RH	RT50CD	SM2 LH	21,96	11,94
D_MAX	1 - RT-1451 - LEER MANIFIESTO	SM2 LH	RT50CD		0,00	2,52
D_MAX	2 - RT-1529 - ESCANEAR CÓDIGO DE BARRAS DEL NUMERO VIN	SM1 RH	RT50CD	SM1 RH	0,00	5,10
D_MAX	5 - RT-1725 TOMAR Y POSICIONAR BASE DEL COMPRESOR DEL A/C	SM2 LH	RT50CD		7,44	4,80
D_MAX	6 - RT-1488 AJUSTAR Y TORQUEAR BASE DEL COMPRESOR DEL A/C	SM2 LH	RT50CD		9,84	5,22
D_MAX	9 - RT-1490 - COLOCAR COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO	SM2 LH	RT50CD		31,38	3,18
D_MAX	11 - RT-1493 - TORQUEAR ARNES DE MASA DEL MOTOR	SM2 LH	RT50CD		12,06	4,32
D_MAX	12 - RT-1497 - REVISAR NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR	SM1 LH	RT50CD	SM2 LH	3,24	7,92
D_MAX	13 - RT-1513-TORQUEAR TUERCAS DEL VENTILADOR	SM2 LH	RT50CD		14,16	4,80
D_MAX	17 - RT-TOMAR CLIP DE LA CAJA DE CAMBIOS	SM2 LH	RT50CD		1,08	0,72
D_MAX	18 - RT-Posicionar clip caja de cambios OÑA	SM2 LH	RT50CD		4,02	0,00
D_MAX	20 - RT-1350 - COLOCAR TAPON PIÑÓN DEL SENSOR DE VELOCIDAD	SM2 LH	RT50CD		12,60	1,32
D_MAX	21 - RT-1474 - AJUSTAR CLIP EN CAJA DE CAMBIOS OÑA	SM2 LH	RT50CD		5,34	1,44

Anexo AA. Eliminación de estación SM2 RH Sail.

Job	Job Element	ESTACION	ELIMINA	NUEVA ESTACION	VA	VNA
SGM-318	1 - S3-0876 LEER MANIFIESTO	SM2 RH	X		0,00	0,00
SGM-318	2 - S3-0876 POSICIONAR SOPORTE MOTOR A FRAME	SM2 RH		SM1 RH	17,67	4,38
SGM-318	3 - S3-0877 AJUSTE SOPORTE DE TRANSMISION A CAJA	SM2 RH		SM1 RH	12,96	2,70
SGM-318	4 - TOMAR ARNESS MOTOR	SM2 RH		SM2 LH	30,84	1,14
SGM-318	5 - S3-0878 FIJAR ARNES MOTOR EN EL BRAKET	SM2 RH		SM2 LH	8,82	8,16
SGM-318	6 - S3-0879 CONECTAR SENSOR VELOCIMETRO	SM2 RH		SM2 LH	4,92	4,80
SGM-318	7 - S3-0880 RUTEAR ARNES SENSOR DE OXIGENO	SM2 RH		SM3 RH	9,78	0,60
SGM-318	8 - S3-1234 CONEXION SOCKET VALVULA AJUSTE COLECTOR DE ADMISION	SM2 RH		SM3 RH	1,56	0,60
SGM-318	9 - S3-1233 CONECTAR SOCKET SENSOR DE TEMPERATURA MOTOR	SM2 RH		SM3 RH	1,56	0,60
SGM-318	10 - S3-1235 CONEXION SOCKET SOLENOIDE PURGA-CANISTER	SM2 RH		SM3 RH	1,56	0,60
SGM-318	11 - S3-1236 CONECTAR SOCKET SENSOR TPS	SM2 RH		SM3 RH	1,56	0,60
SGM-318	12 - S3-1236 CONECTAR SOCKET DE DETONACIÓN	SM2 RH		SM3 RH	1,56	0,60
SGM-318	13 - S3-0881 FIJAR CLIP'S ARNES INYECTORES	SM2 RH		SM3 RH	15,60	0,60
SGM-318	14 - S3-0882 CONECTAR SOKETS INYECTORES	SM2 RH		SM3 LH	16,92	1,32
SGM-318	15 - S3-0884 CONECTAR SOKETS BOBINA	SM2 RH		SM3 RH	10,73	4,38
SGM-318	16 - S3-0883 CONECTAR SOCKET VVT	SM2 RH		SM1 LH	3,84	4,74
SGM-318	17 - S3-1232 CONECTAR SOCKET SENSOR MAP	SM2 RH		SM1 LH	1,56	0,60
SGM-318	18 - S3-1231 CONECTAR SOCKET SENSOR CKP	SM2 RH		SM1 LH	1,56	0,60
SGM-318	19 - S3-0358 AJUSTE SOPORTE PALANCA DE CAMBIOS A LA TRANSMISION	SM2 RH		SM1 LH	5,64	0,66
SGM-318	20 - S3-1152 200% AJUSTE PERNOS SOPOR MULTI ADMI. SUP E INF.	SM2 RH		SM1 LH	0,00	5,22
SGM-318	21 - S3-1153 200% AJUSTE SOP. HARNESS MOTOR HARNESS SENSOR OXÍ.	SM2 RH		SM1 LH	0,00	5,22
SGM-318	22 - S3-0885 AUTOINSPECCION	SM2 RH		SM1 LH	0,00	2,84
SGM-318	3 - S3-0888 POSICIONAR BASE DEL COMPRESOR/POLEA LOCA	SM2 LH		SM1 LH	4,20	4,26
SGM-318	6 - S3-0891 POSICIONAR CILINDRO DE EMBRAGUE	SM2 LH		SM1 LH	2,40	1,74
SGM-318	8 - S3-0893 AJUSTE TENSOR DE POLEA SOPORTE DEL COMPRESOR A/C-STD	SM2 LH		SM1 LH	3,42	2,88
SGM-318	13 - S3-0898 COLOCAR IMPRONTA Y HOJA DE VIDA EN MOTOR	SM2 LH		SM1 LH	2,88	3,12

Anexo BB. Detalle de cuentas año 2020 área Ensamble.

Año	2020							
Suma de Val/Mon.so.CO	Etiquetas de columna							
Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
S001								
Base MOD S/tiem		\$5.531,28		\$10.771,44	\$5.240,16	\$5.240,16	\$5.240,16	\$2.710,31
Base Sal. S/tiem	\$3.976,00							
Employee Serve Recog	\$622,87	\$413,59	\$391,85	\$478,31	\$400,94	\$400,60	\$424,44	\$535,93
Fringe - Employee Al	\$882,59	\$274,73	\$258,25	\$308,08	\$251,80	\$254,63	\$265,95	\$304,91
FringeEmployee Al	\$932,20	\$291,04	\$276,95	\$342,24	\$279,80	\$271,45	\$288,79	\$376,90
Indirect Labor- Over	\$863,84	\$476,10	\$116,80					
Indirect Labor- Supe	\$10.315,01	\$10.110,69	\$10.608,80	\$8.918,23	\$10.773,24	\$10.773,24	\$9.700,82	\$5.375,61
Mano Obra Directa	\$25.633,31	\$26.455,81	\$25.306,70	\$19.058,86	\$25.168,67	\$25.168,67	\$24.685,53	\$11.955,89
Other sundry compens		\$1.629,08		\$3.258,16	\$1.629,08	\$1.629,08	\$1.629,08	-\$14.471,92
Sobretiem Directo	\$3.860,23	\$2.105,77	\$415,17					
Sobretiem Empl	\$590,98	\$500,72	\$12,35					
Sueldos Basicos Emp.	\$6.205,59	\$6.419,58	\$6.586,58	\$6.586,58	\$6.586,58	\$6.586,58	\$6.586,58	\$2.856,40
Vacac.Bono Emp C/Utí	\$775,52	\$1.688,11	\$587,14	\$585,38	\$585,38	\$585,38	\$593,42	\$690,58
vacaciones								\$11,82
Vacaciones Operar	\$7.037,92	\$1.807,83	\$1.653,98	\$2.115,38	\$1.638,88	\$1.604,35	\$1.740,88	\$2.479,95
Vacations & Bonus fo								\$5,66
S002								
Materiales y Supleme	\$902,68	\$403,44	\$887,72	\$421,71	\$1.020,35	\$1.189,66	\$1.209,59	\$1.390,28
EPP	\$989,79	\$1.039,61	\$1.235,96	\$609,66	\$1.652,79	\$639,49	\$1.244,49	\$1.243,22
Material Indirecto_ (Uniformes)	\$2.374,05	\$1.102,40	\$1.472,25	\$1.653,23	\$991,21	\$1.855,33		
S003								
Equip/Herr. No Durab	\$1.896,18	\$1.106,86	\$200,58				\$738,24	\$1.319,48
S005								
Mant. Herramientas	\$13.526,68	\$17.322,94	\$8.671,14		\$3.155,54		\$3.531,26	\$2.471,74
Mant. Maq/equipos	\$3.261,72	\$3.529,05	\$2.103,02			\$2.447,37	\$2.616,06	\$1.322,32

Anexo CC. Detalle de cuentas año 2021 área Ensamble.

Año	2021							
Suma de Val/Mon.so.CO	Etiquetas de columna							
Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
S001								
Base MOD S/tiem	\$5.915,85	\$3.784,56	\$3.784,56	\$3.784,56	\$3.784,56	\$3.784,56	\$3.784,56	\$3.784,56
Employee Serve Recog	\$406,95	\$283,70	\$283,95	\$392,82	\$372,36	\$304,95	\$433,69	\$310,18
Fringe - Employee Al	\$338,62	\$89,37	\$89,59	\$173,44	\$170,34	\$136,95	\$187,24	\$140,86
FringeEmployee Al	\$770,30	\$254,93	\$254,10	\$354,83	\$309,46	\$256,82	\$370,49	\$255,44
Indirect Labor- Over	\$38,80	\$38,80	\$77,60	\$38,80	\$116,50	\$285,84	\$427,39	\$225,92
Indirect Labor- Supe	\$6.594,38	\$6.305,66	\$6.520,13	\$7.449,84	\$7.105,88	\$7.087,70	\$5.716,46	\$7.210,06
Mano Obra Directa	\$18.099,17	\$18.026,32	\$18.087,67	\$17.968,81	\$17.876,78	\$18.129,85	\$14.351,25	\$18.936,24
Other sundry compens	\$11.480,64	\$1.126,92	\$1.126,92	\$1.228,20	\$1.281,24	\$1.228,20	\$1.228,20	-\$592,47
Sobretiemp Directo	\$28,69	\$28,69	\$57,38		\$62,72	\$244,57	\$483,08	\$779,48
Sobretiemp Empl					\$138,01	\$98,82	\$210,00	\$56,33
Sueldos Basicos Emp.	\$6.586,58	\$6.586,58	\$6.586,58	\$6.586,58	\$6.586,58	\$6.586,58	\$5.458,71	\$6.586,58
Vacac.Bono Emp C/Ut	\$734,58	\$1.561,56	\$586,84	\$586,48	\$635,72	\$595,16	\$631,48	\$598,04
Vacaciones Operar	\$4.538,24	\$1.195,93	\$1.194,81	\$1.841,33	\$1.739,75	\$1.231,53	\$1.974,47	\$1.307,39
S002								
Materiales y Supleme	\$1.185,71	\$1.172,97	\$890,09		-\$67,60	\$24,79	\$1.073,97	\$353,71
EPP	\$1.995,04	\$1.671,27	\$739,36				\$2.113,34	\$751,18
Material Indirecto_ (Uniformes)	\$517,93	\$1.131,49	\$491,91				\$1.424,85	\$1.358,98
S003								
Equip/Herr. No Durab	\$21,10	\$13,93	\$1,98	\$7,19	\$1,98	\$3,30	\$475,00	\$111,92
S005								
Mant. Herramientas	\$7.535,97	\$4.611,61	\$4.794,71	\$6.489,89	-\$3.245,69	\$7.460,75	\$4.248,57	-\$1.879,08
Mant. Maq/equipos	\$1.573,58	\$903,25	\$2.053,49	\$1.549,57	\$3.869,44	\$7.713,77	\$8.349,55	-\$3.014,63