

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR –
MATRIZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y
CONTABLES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, MENCIÓN EN GERENCIA
DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA EL
INCREMENTO DE CAPACIDAD EN LAS LÍNEAS DE
PRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS EN EL ÁREA SUELDA DE
CARROCERÍAS CASO DE ESTUDIO GM - OBB**

ING. DIEGO GONZALO SÁENZ OROZCO

DIRECTOR: PABLO VALLEJO TEJADA, MSc.

LINEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN

QUITO, JUNIO 2019

DIRECTOR:

MSc. Pablo Vallejo

INFORMANTES:

MSc. Álvaro Burgos

MSc. Víctor Ramírez

DEDICATORIA

A mis hijos Andrea, Juan Diego y Daniela. El resultado de este esfuerzo es para ustedes amados hijos, que Dios los bendiga siempre.

Diego

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 Procesos... ..	2
1.2 Elementos de un proceso.....	2
1.2.1 Entrada	3
1.2.2 El proceso.....	3
1.2.3 Controles	3
1.2.4 Recursos	3
1.2.5 Salidas.....	3
1.3 Mejora de procesos de producción.....	4
1.3.1 PHVA	5
1.3.2 DMAIC	7
1.4 Pensamiento “Lean manufacturing”	9
1.4.1 Principios de “Lean manufacturing”	12
1.4.2 Los 7 desperdicios.....	12
1.4.2.1 Sobreproducción.	13
1.5 Teoría de restricciones.	17
1.5.1 Eliminación de restricciones.	19
1.5.2 El modelo DBR (Tambor – Amortiguador – Cuerda)	21
2. ANÁLISIS SITUACIONAL.....	23
2.1 La industria automotriz ecuatoriana.....	23
2.2 Antecedentes y visión general de la empresa General Motors – OBB	24
2.2.1 Productos. General Motors – OBB	25
2.2.2 Líneas de producción:	26
2.3 Descripción del proceso productivo.....	27
2.3.1 Proceso de soldadura de una carrocería.	28
2.3.2 Patrón de operación.....	31
2.3.3 Demanda y capacidad actual.....	32
2.3.4 Capacidad actual de las celdas.	33
2.3.5 Capacidades requeridas para el nuevo volumen de producción.	34
2.4 Mapeo y flujograma del proceso productivo.	40
2.4.1 Estructura de los equipos de producción.....	40

2.4.2 Celda Grand Vitara.	41
2.4.3 Celda D-Max.....	46
2.5 Oportunidades de mejora identificadas en el proceso (análisis causa raíz).	50
2.5.1 Tiempos de traslado entre celdas por cambio de modelo	51
2.5.2 “Downtime” (% de paras) alto.....	55
2.5.3 Desbalanceo de cargas de trabajo	69
2.5.4 Tiempos muertos o de esperas entre procesos o estaciones de trabajo.....	79
2.5.5 Identificación de cuellos de botella.....	85
2.5.6 Estación de Guardafangos celda Grand Vitara.	89
 3. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO	91
3.1 Excesivo tiempo de traslado y llenado de celda durante los cambios celda GV	94
3.1.1 Celda arranca con estaciones vacías.	94
3.2 Sistema de cambio rápido (SMED) en la celda Grand Vitara	95
3.2.1 Implementación de Fresadoras.	95
3.2.2 Piezas Patrón dañadas	96
3.2.3 Material no entregado en la estación de trabajo.....	99
3.3 Mejora del downtime (paras) en la celda de GV estación remate específico	102
3.3.1 Daño hemming lh.....	102
3.3.2 Daño pistola C23.....	104
3.4 Mejora del DT (paras) en la celda de Grand Vitara estación molde principal.....	105
3.4.1 Agujero de asentamiento fuera de especificaciones.	105
3.4.2 Atraso operador.....	106
3.5 Desbalanceo de cargas de trabajo celda GV estación componente de motor lh.....	107
3.6 Desbalanceo de cargas de trabajo estación de techos celda Grand Vitara.....	111
3.7 Desbalanceo de carga de trabajo remate “under body / tabbing rh” celda GV.....	113
3.8 Desbalanceo de cargas de trabajo lateral lh.	116
3.9 Desbalanceo cargas de trabajo estación componente de motor celda D-Max	118
3.10 Tiempos de espera y reprocesos en la estación suelda mig/mag celda D-Max	120
3.11 Exceso de movimiento estación techos celda D-Max.....	121
3.12 Cuello de botella estación de guardafangos celda D-Max.....	123
 4. EVALUACIÓN DE LA IMPLMENTACIÓN (RESULTADOS).....	126
4.1 Incremento de capacidad de las líneas de producción.	126
4.1.1 Incremento de capacidad Celda Grand Vitara	126
4.1.2 Incremento de capacidad celda D-Max.....	128

4.2 Mejora en el indicador de productividad.	129
4.2.1 Productividad celda Grand Vitara.....	129
4.2.2 Productividad celda D-Max.	131
4.3 Mejora en el costo estructural del área.....	132
4.4 Mejoras en la calidad del proceso productivo.....	134
 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
5.1 Conclusiones.	136
5.2 Recomendaciones.....	138
 BIBLIOGRAFÍA.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de un proceso.....	4
Figura 2. Estandarizar vs mejorar	5
Figura 3. Ciclo Deming y sus interacciones	7
Figura 4. Ciclo de mejoramiento DMAIC	9
Figura 5. Estructura “Lean manufacturing”	11
Figura 6. Lista de técnicas usadas para la mejora de sistemas productivos.....	12
Figura 7. Los siete desperdicios.....	17
Figura 8. Sistema de Producción con capacidades diferentes.....	18
Figura 9. Subordinación del sistema al cuello de botella.....	22
Figura 10. Conformación del sector automotor en el Ecuador	23
Figura 11. Portafolio de Productos Importados	25
Figura 12. Portafolio de Productos Fabricados en el Ecuador.....	26
Figura 13. Red de dealers a nivel nacional	26
Figura 14. Proceso Macro de fabricación de un vehículo.....	27
Figura 15. Piso total armado	29
Figura 16. Carrocería finalizada en el molde principal	30
Figura 17. Carrocería con paneles terminada	30
Figura 18. “Layout” del área de suelda de carrocerías, ...	31
Figura 19. Forecast 0+12 2019	33
Figura 20. NWR (TT) – GS (ATT) – OS (ATT-TT).....	40
Figura 21. Mapa de proceso celda Grand Vitara	42
Figura 22. Pared de balanceo celda Grand Vitara	43
Figura 23. Estaciones de trabajo con oportunidades de mejora celda Grand Vitara	45
Figura 24. Mapa de proceso celda D-Max.....	46
Figura 25. Pared de balanceo celda D-Max.....	48
Figura 26. Estaciones de trabajo con oportunidades de mejora celda D-Max.....	49
Figura 27. Secuencia de cambio de los operadores entre celdas Aveo - Grand Vitara ..	51
Figura 28. Análisis causa vs efecto.....	52
Figura 29. Pareto por estación de trabajo celda Grand Vitara	56
Figura 30. Pareto por evento estación remate específico celda Grand Vitara	58
Figura 31. Pareto por evento estación molde principal celda Grand Vitara	59
Figura 32. Diagrama de estrategia molde principal celda Grand Vitara	62

Figura 33. Diagrama de estrategia molde principal eliminación de causas.....	63
Figura 34. Capability “six pack” para agujeros piso de la carrocería.....	65
Figura 35. Diagrama de estrategia molde causa raíz celda Grand Vitara.....	67
Figura 36. Composición del tiempo de ciclo	70
Figura 37. Estaciones que no cumplen con el att requerido celda Grand Vitara.....	71
Figura 38. “Layout” y flujo de partes de componente de motor Celda GV.....	71
Figura 39. “Layout” y flujo de movimiento componente de motor celda GV	73
Figura 40. “Layout” y flujo de movimiento “under body y tabbing rh” celda GV	75
Figura 41. “Layout” y flujo de partes estación “under body y tabbing” celda GV	76
Figura 42. “Layout” y flujo de movimiento estación de techos celda Grand Vitara.....	77
Figura 43. “Layout” y flujo de partes lateral lh celda Grand Vitara.....	78
Figura 44. “Layout” y flujo de movimiento del operador lateral lh celda Grand Vitara	79
Figura 45. Pared de balanceo estaciones con baja y alta carga celda D-Max.....	80
Figura 46. Flujo de movimiento en la estación componente de motor D-Max	82
Figura 47. “Layout” y flujo de movimiento del operador estación techos celda D-Max	85
Figura 48. “Downtime” vs tiempo de ciclo	86
Figura 49. Ubicación y cantidad de fresadoras en la celda de Grand Vitara	96
Figura 50. Pieza patrón componente de motor celda GV	98
Figura 51. “Layout” del área de suelda de carrocerías distribución de bóvedas	100
Figura 52. “Layout” del área de suelda de carrocerías nueva ruta de distribución.....	100
Figura 53. Disposición del dispositivo “hemming” en la carrocería	102
Figura 54. Posición del dispositivo “hemming” celda Grand Vitara.....	103
Figura 55. “Pokayoque” agujero piso delantero celda GV suelda de carrocerías, ...	106
Figura 56. Pared de balanceo celda GV suelda de carrocerías, ...	108
Figura 57. Flujo de movimiento mejorado componente de motor lh celda GV	110
Figura 58. Pared de balanceo mejorada componente de motor lh celda GV	110
Figura 59. Sistema de giro jig estación de techos celda GV	112
Figura 60. Pared de balanceo estación techos celda GV	112
Figura 61. Pared de balanceo estación remate “under body / tabbing” celda GV	113
Figura 62. Flujo mejorado de movimiento “under body y tabbing rh” celda GV	114
Figura 63. Pared de balanceo mejorada remate “under body / tabbing rh” celda GV..	115
Figura 64. Pared de balanceo estación remate “under body”	116
Figura 65. Pared de balanceo estación lateral lh celda GV.....	117
Figura 66. Pared de balanceo estación componente de motor celda D-Max.....	119

Figura 67. Flujo de movimiento del operador estación techos celda D-Max.....	122
Figura 68. “Layout” con racks para soportes rh / lh estación de techos celda D-Max .	123
Figura 69. “Pokayoke” estación de guardafangos celda D-Max	124
Figura 70. Pared de balaceo mejorada celda Grand Vitara.....	127
Figura 71. Mejora de la calidad real y proyectada área de suelda de carrocerías	135

ÍNDICIE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de unidades por modelo y lote de producción.....	32
Tabla 2. Capacidad actual de celdas	33
Tabla 3. Capacidades actuales de celdas por día	36
Tabla 4. Up time promedio de los últimos tres meses	38
Tabla 5. Tiempos y velocidades de producción por línea.....	39
Tabla 6. Número de personas por equipos de trabajo y celda	41
Tabla 7. Indicadores de desempeño celda Grand Vitara	42
Tabla 8. Indicador de desempeño celda D-Max	47
Tabla 9. Nivel de implementación e impacto de las acciones	54
Tabla 10. Matriz de evaluación de impacto causa vs efecto, celda Grand Vitara.	55
Tabla 11. Paras celda Grand Vitara	57
Tabla 12. Lista de verificación de modos de falla sensores.....	61
Tabla 13. Análisis 5 por qué?	68
Tabla 14. Indicadores de productividad estación.....	72
Tabla 15. Indicadores de productividad actuales “under body” celda GV	75
Tabla 16. Indicadores de productividad y desempeño actuales.....	81
Tabla 17. Indicadores de confiabilidad y mantenibilidad celda D-Max.....	87
Tabla 18. Capacidad real (SAA) para cada estación de trabajo celda D-Max.....	88
Tabla 19. Análisis 5 por qué?	89
Tabla 20. Matriz de problemas y causa raíz identificadas suelda carrocerías	93
Tabla 21. Mejora de indicadores de producción y productividad celda Gran Vitara ...	101
Tabla 22. Planes de acción mejora del “downtime” estación remate específico lh.....	104
Tabla 23. Mejora de indicadores de producción y productividad.....	105
Tabla 24. Mejora de indicadores de producción y productividad.....	111
Tabla 25. Mejora de indicadores de producción y productividad.....	116
Tabla 26. Indicadores de productividad lateral “under body/tapping” lh celda GV.....	118

Tabla 27. Mejora de indicadores de producción y productividad.....	120
Tabla 28. Mejora de indicadores de producción y productividad.....	121
Tabla 29. Mejora de indicadores de producción y productividad.....	122
Tabla 30. Mejora de indicadores de producción y productividad.....	125
Tabla 31. Tabla comparativa de capacidades antes y después de las mejoras.....	128
Tabla 32. Tabla comparativa de capacidades después de las mejoras celda D-Max....	129
Tabla 33. Tabla comparativa de productividad antes y después de las mejoras.....	130
Tabla 34. Tabla comparativa de productividad antes y después de las mejoras.....	131
Tabla 35. Tabla comparativa de productividad suelda de carrocerías.....	131
Tabla 36. Costo estructural “budget vs forecast”	133

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo fue realizado, en la empresa General Motors – OBB, una compañía con más de 40 años fabricando y comercializando vehículos livianos y camionetas para el mercado automotriz ecuatoriano. Este proyecto se desarrolló tomando como base para el análisis el pronóstico de ventas para el año 2019 con principal foco en el incremento de capacidad de producción del área de suelda de carrocerías. Para lograr el desafío planteado, se buscó a través de la utilización de un abanico de herramientas de “lean manufacturing” y de mejoramiento continuo lograr identificar las causas raíces de los desperdicios para mediante la implementación de planes de acción efectivos lograr reducir o eliminar aquellos desperdicios propios del sistema de producción, logrando un proceso de soldadura de carrocerías más eficiente y eficaz. De esta forma se logró cumplir con el principal objetivo del estudio logrando una capacidad de producción neta de 131 y vehículos diarios es decir un 9,16% de capacidad adicional con los mismos recursos disponibles logrando una mejora importante en su principal indicador de productividad pasando de 3,13 a 2,87 horas - hombre por unidad producida equivalente al 8,39% de mejora en ésta métrica, gracias a las acciones implementadas se logró un ahorro proyectado de 139.789,89 dólares al año lo que se refleja en un menor costo estructural del área que pasa de 53,46 a 48,86 dólares por unidad producida. Otro objetivo cumplido es el haber logrado un balanceo adecuado de cargas de trabajo en cada una de las celdas, identificando y reduciendo los desperdicios principalmente exceso de movimientos manifiestos en los tiempos de caminar, re-trabajos debido a fallas ya sea en los equipos o en las partes usadas para soldar las unidades, esperas en ciertas estaciones con carga de trabajo bajas, transportes innecesarios de sub-ensambles entre otras, lo que permitió tener al 100% de las estaciones dentro del tiempo máximo de operación permitido. La identificación y eliminación de los cuellos de botella del sistema mediante la aplicación de conceptos de la teoría de restricciones permitió reducir los tiempos de paras en el sistema principalmente aquellas paras de producción son pequeñas pero repetitivas y que por su naturaleza no son fácilmente apreciables.

INTRODUCCIÓN

Según la Asociación de empresas automotrices del Ecuador (AEADE) a raíz de la eliminación de cupos en la importación de vehículos, el mercado automotriz en el Ecuador ha visto un significativo incremento en la demanda de vehículos por lo que, tanto las empresas importadoras, así como las ensambladoras en el Ecuador han iniciado planes robustos para cubrir la nueva demanda de vehículos.

Bajo el análisis del autor de este proyecto de investigación, para el caso del área de suelda de carrocerías en General Motors-OBB, este incremento en la demanda de vehículos sobrepasa su capacidad de producción en un turno y obliga a adoptar estrategias que soporten los crecientes volúmenes de unidades que el mercado requiere. Por lo tanto, se evidencia un problema de capacidad de producción del área, que debe ser resuelto manteniendo un solo turno de producción, atendiendo una mejora en su productividad y con el menor impacto en los costos de fabricación.

La presente investigación se enfocará en el análisis, definición y ejecución de acciones para el mejoramiento de las operaciones de soldadura de los vehículos a través de varias herramientas de mejoramiento continuo que permitirán la identificación y eliminación de desperdicios en los procesos productivos del área de suelda de carrocerías.

Los objetivos a cumplirse y como resultado de esta investigación son:

- Balancear cargas de trabajo entre los distintos modelos de vehículos producidos a través de la identificación y eliminación de tiempos ociosos, así como también la implementación de equipos y/o herramientas entre otros.
- Identificar, reducir y/o eliminar cuellos de botella de las líneas de producción a través de la aplicación de la teoría de restricciones.
- Eliminar y/o reducir desperdicios en las operaciones de ensamblaje de la carrocería utilizando herramienta de mejoramiento continuo.
- Mejorar la productividad del proceso de soldadura de vehículos

1 MARCO TEÓRICO

Durante el desarrollo de este primer capítulo se explicará y sustentará la teoría necesaria para aplicar las técnicas y herramientas que se utilizarán durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

1.1 Procesos

Según la norma ISO 9000-2015 se considera como proceso al conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto

Quizá un criterio más cercano al proyecto propuesto en este estudio lo da (N.Hernando, pág. 86), quién, menciona que un proceso es el conjunto de actividades integradas secuencialmente que agregando valor entregan un resultado en forma de producto o servicio, que tiene valor para el cliente, entendiéndose como valor agregado a todo aquello que el cliente considera importante en el producto y por lo cual está dispuesto a pagar.

Bajo las definiciones anteriores de proceso se entiende que, las entradas (inputs) en un proceso productivo son el resultado (outputs) de otros procesos y que requiere tanto recursos materiales como recurso humano, métodos, máquinas para ser ejecutado y producir un resultado esperado (OBP, 2015).

El análisis al detalle de cada uno de estos componentes permitirá identificar de una manera sistémica los distintos desperdicios inherentes al proceso en cada una de sus etapas. Otro factor clave para asegurar una correcta aproximación y entendimiento de cualquier proceso es contar con personal que entienda y conozca a profundidad dicho proceso, así como también con personal que no lo conoce pero que por su experticia lograrán identificar actividades, tareas que usualmente pasan desapercibidas para los operadores debido a la rutina. Estas aseveraciones son sumamente importantes y serán claves, para entender y aplicar acciones de mejora en cualquier tipo de proceso.

1.2 Elementos de un proceso

A continuación, se establecerán los distintos elementos que constituyen un proceso y cuyo grado de interacción definirá la efectividad del mismo.

1.2.1 *Entradas.* Las entradas a un proceso se consideran como todos aquellos recursos que serán transformados en el proceso productivo o de servicio y deben cumplir con ciertas características alineadas con los estándares o criterios de aceptación establecidos por los clientes, como ejemplo mencionaremos las materias primas, información, recursos humanos, otros.

1.2.2 *El proceso.* Son todas aquellas actividades o tareas necesarias para elaborar o transformar las entradas en un producto final o parcial que puede ser entrada para otro proceso.

1.2.3 *Controles.* Los controles en un proceso definen los requisitos o criterios que se deben cumplir y aseguran que el rendimiento del proceso se mantenga dentro de los estándares establecidos. (Carrasco, 2011)

1.2.4 *Recursos.* Son todos aquellos insumos o medios necesarios como mano de obra, máquinas, dinero, otros que permiten al proceso la fabricación o transformación de la materia prima.

1.2.5 *Salidas.* Las salidas de un proceso son el producto final resultante de la ejecución de las actividades del proceso y que cumple con la calidad exigida por el cliente sea interno o externo.

En la figura 1 se representa un proceso con sus distintos elementos y como estos interactúan entre sí, para lograr el resultado esperado

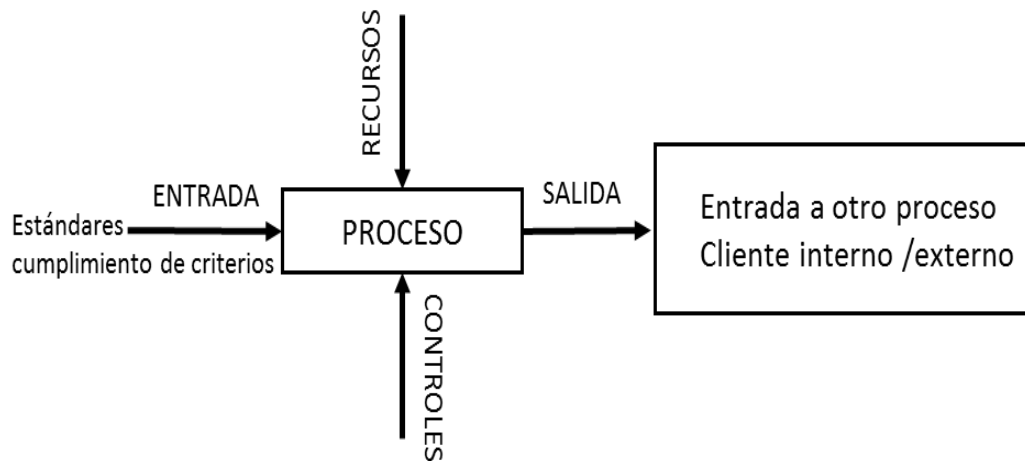


Figura 1. Elementos de un proceso

Elaborado por: el autor

1.3 Mejora de procesos de producción

Todas las empresas ya sean de servicios o de manufactura buscan de manera permanente la mejora de sus procesos no solamente para garantizar productos y servicios de calidad a sus clientes sino también para ser más eficientes en el uso de sus recursos, reduciendo sus gastos, mejorando su productividad y ser más competitivos.

Para que un proceso pueda ser mejorado y como lo manifiesta (Peter Drucker) este debe ser medido y si puede ser medido es susceptible a ser mejorado. Por lo tanto, el mejoramiento de los procesos en una organización cualquiera que está sea, es un factor clave para lograr la satisfacción de todos los grupos de interés, obteniendo importantes ventajas competitivas respecto a sus competidores.

La mejora de los procesos, está marcada por la identificación de todas las ineficiencias operacionales, desperdicios inherentes al proceso y que son los causantes de la baja productividad, costos altos y poca competitividad de muchas organizaciones. Con la afirmación anterior es fácil aseverar que, aquellas organizaciones que establecen el mejoramiento continuo de sus procesos como parte de su ADN corporativo son definitivamente aquellas que marcan el ritmo en el mercado en el que se desenvuelven.

Desde el punto de vista de operaciones de manufactura que es materia de esta investigación es de suma importancia afianzar las herramientas y criterios para tener una adecuada aproximación hacia la identificación y eliminación de los distintos desperdicios que un proceso de producción presenta.

El establecimiento de estándares de operaciones para garantizar la repetitividad del producto y que también servirá como punto de partida para analizar las posibles mejoras que se puedan implementar es el primer paso que debe cumplirse.

Como se observa en la figura 2, un proceso que ha sido mejorado necesita un periodo de estabilidad lo que se puede traducir en estandarizarlo, luego de lo cual se puede iniciar nuevamente un nuevo ciclo de mejora.

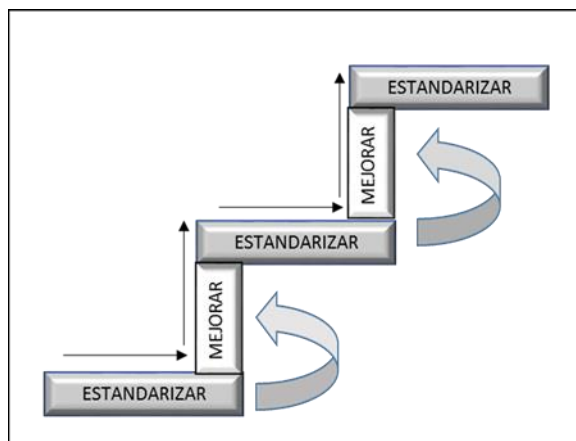


Figura 2. Estandarizar vs mejorar

Elaborado por el autor

A lo largo del tiempo se han desarrollado varias metodologías para el mejoramiento de los procesos entre las más importantes tenemos:

- El ciclo PHVA
- “Six Sigma” y su metodología *DMAIC* (“Define”, “Measure”, “Analys”, “Improvement”, Control”)
- “Lean manufacturing”
- La Reingeniería.
- La administración de la Calidad Total (TQM).

1.3.1 *PHVA*. Para lograr mejorar un proceso se puede utilizar una de las metodologías más difundidas y utilizadas, el ciclo PHVA (o ciclo Deming), cuya principal fortaleza es generar un círculo virtuoso en el que permanentemente se van incorporando nuevas mejoras.

El ciclo PHVA se gestiona a través de cuatro etapas que serán revisadas a continuación.

1. *Planear*. La fase de planeación es crucial para asegurar una adecuada orientación de la mejora, establecer de manera clara el objetivo, los indicadores, el tiempo y los métodos o herramientas a utilizar, permitirá enfocar los esfuerzos de mejora con un norte claramente definido. En esta fase los entregables serán:

- Definir y entender el problema o el proyecto a trabajar
- Establecer objetivos claros
- Establecer Indicadores de desempeño.
- Definir tiempos de cumplimiento
- Establecer responsables de la ejecución y control.

2. *Hacer*. Una vez que el plan ha sido establecido, es el momento de llevar a la práctica dicho plan asegurando:

- Ejecutar las acciones del plan en las fechas y tiempos establecidos.

3. *Verificar*. Cuando los planes de mejora han sido implementados es necesario comprobar si los objetivos planteados en el planear han sido logrados. Por lo tanto, una adecuada definición de las herramientas o métodos de control en el planear, permitirán una correcta evaluación y aseguran una efectiva ejecución de la cuarta etapa del ciclo de mejoramiento.

El objetivo en esta etapa busca:

- Contrastar los resultados obtenidos vs los objetivos planteados
- Validar la mejora.

4. *Actuar*. En esta etapa si los objetivos se alcanzaron entonces esto debe documentarse y se deben estandarizar las acciones tomadas para asegurar que siempre se obtenga el mismo resultado. Por otra parte, si el objetivo no se cumplió y existen diferencias entre el plan y resultado dicha diferencia debe ser analizada en busca de las causas raíces de las desviaciones para finalmente retornar nuevamente a la etapa de planear, corregir el plan y repetir nuevamente el ciclo de mejora continua, estableciendo nuevas estrategias y acciones para cerrar la brecha.

El ciclo PHVA no es la única metodología para el mejoramiento continuo; sin embargo, es una de las más utilizada por su simplicidad y lógica de ejecución. En la figura 3 se observa el ciclo PHVA y sus interacciones entre cada etapa.

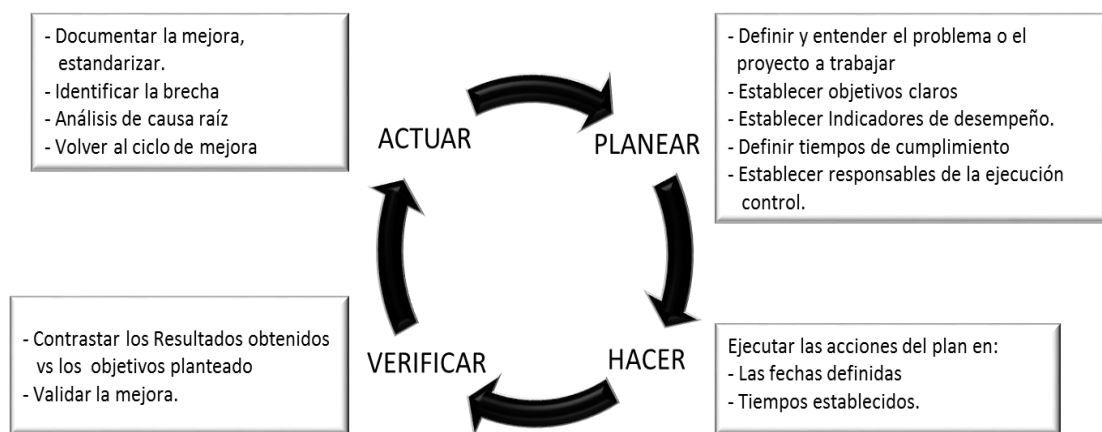


Figura 3. Ciclo Deming y sus interacciones

Elaborado por el autor

1.3.2 *DMAIC*. Es un método para realizar mejoras en los procesos utilizado por la metodología “Six Sigma” y que combinado con el uso de herramientas estadísticas permite establecer un ciclo de mejoramiento continuo en los procesos de producción. El DMAIC se basa en el ciclo PHVA propuesto por Deming (Roberto José Herrera Acosta, 2011) y se desarrolla a través de un proceso estructurado en 5 etapas o fases (Esteban Pérez-López, 2014) las mismas que se analizarán a continuación.

1. *Definir*. En esta etapa es necesario definir el problema mediante una planeación que involucre las expectativas y necesidades de los clientes sean internos o externos. La

identificación del proceso y de sus interrelaciones, así como también las variables críticas (Roberto José Herrera Acosta, 2011). Este primer paso es clave para el posterior desarrollo de ciclo de mejora, el establecer claramente si el esfuerzo realizado vale la pena a través del establecimiento del caso de negocio clarificando los beneficios y el ahorro que se pueden obtener. Como lo menciona (Charles F. Kettinger) Un problema bien definido es un problema medio resuelto.

2. *Medir*. Es entender cómo se comporta el proceso actualmente, caracterizar el proceso, determinando sus elementos, sus fases, entradas, salidas y características claves. Identificar los indicadores y parámetros que se requieren para evaluar los sistemas de medición, analizando su capacidad y estabilidad mediante estudios de reproductibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad.

3. *Analizar*. En esta fase del proceso se analizan los datos históricos y los actuales buscando verificar posibles relaciones causa efecto, para intentar establecer los pocos vitales a los cuales atacar. Para una adecuada determinación de la causa raíz de un problema se pueden usar distintas herramientas como:

- Lluvia de ideas
- Análisis de Pareto
- Diagramas de concentración
- 5 por qué
- Espina de pescado

Estas últimas usualmente combinadas permiten un mayor nivel de profundidad en el análisis.

4. *Mejorar* (“improve”). Una vez en esta etapa, el desafío a cumplir está en el establecimiento de un plan para la ejecución de las mejoras necesarias para alcanzar el objetivo planteado. En esta fase es importante el levantamiento de lecciones aprendidas las mismas que servirán como herramientas de mejoramiento continuo para la ejecución de nuevos proyectos o mejoras en los procesos. Para este nivel existen y a criterio del autor se mencionarán las principales herramientas que pueden ser utilizadas con la

finalidad de obtener o generar ideas creativas para eliminar la causa raíz de los problemas identificados en la etapa de analizar.

- Lluvia de ideas
- “Benchmarking”
- Buenas prácticas de otras operaciones, áreas, procesos similares o afines

5. *Controlar*. La fase de control consiste en verificar los beneficios tangibles e intangibles del proyecto, así como el de diseñar y documentar los controles necesarios para que las mejoras alcanzadas sean sostenibles, esto incluye:

- Desarrollar y estandarizar de las mejoras del proceso
- Transferir la responsabilidad al dueño del proceso estableciendo roles y responsabilidades para asegurar el mantenimiento de las mejoras en el tiempo
- Replicar las oportunidades identificadas a otras áreas o procesos

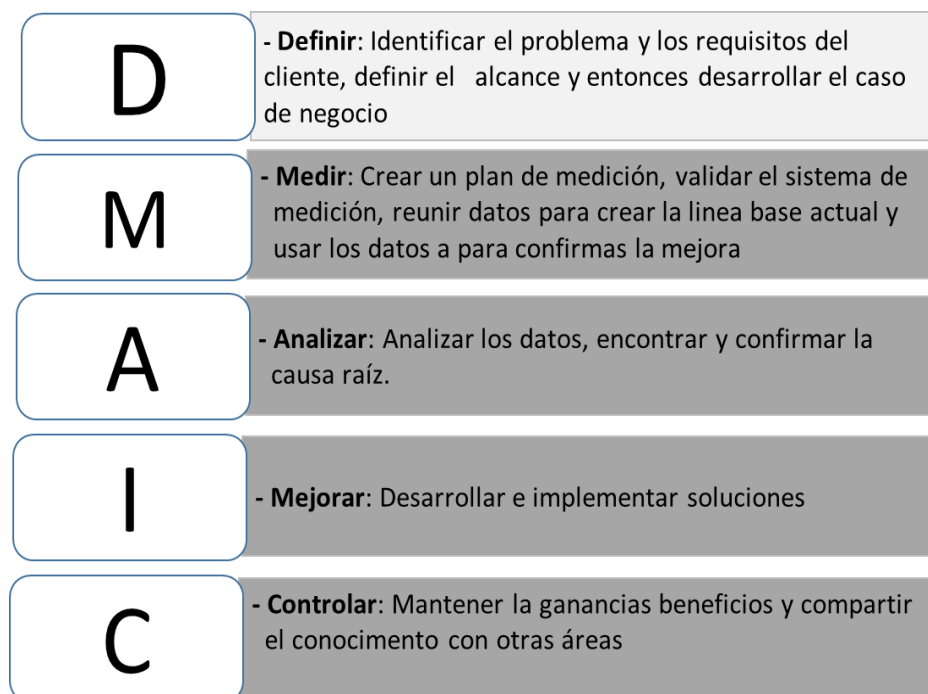


Figura 4. Ciclo de mejoramiento DMAIC

Elaborado por el autor

1.4 Pensamiento “lean manufacturing”.

“Lean” y “Six Sigma” son metodologías que comparten una misma filosofía y objetivo, sin embargo, han tenido un desarrollo diferente. Las herramientas y el enfoque también han sido diferentes: según “Lean Six Sigma” México (2011) “lean” busca ante todo eliminar desperdicio de los procesos y reestructurarlos para hacerlos más eficientes, rápidos y ágiles a la hora de responder a las necesidades de los clientes.

“Lean Manufacturing” o Manufactura Esbelta, es una recopilación de las mejores prácticas de manufactura teniendo como mayor aportante al TPS (“*Toyota Production System*”). El principal objetivo de la metodología “Lean”, es identificar los desperdicios para garantizar una producción sin errores ni desperdicios.

De forma resumida según (Juan Carlos Hernández, 2013), puede decirse que “Lean” consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicios” que se observan en la producción como: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.

De forma tradicional se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el “Lean” y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema (Juan Carlos Hernández, 2013, pág. 17).

“Lean Manufacturing”, debe ser entendida como algo más que una simple metodología en realidad debe ser adoptada como una Filosofía que se vive como una cultura en las organizaciones.

Como se observa en la figura 5 los cimientos de la “Casa” representan a las personas, de éstas depende el éxito de la implementación de un sistema “Lean”, pero más importante aún, de ellas depende mantener la cultura en el largo plazo, si a esto se suma un ambiente en el que tanto el liderazgo y cada uno de los niveles de la organización estén preocupados

por la seguridad y la ergonomía de todos los empleados entonces tenemos cimientos fuertes en los que sustentarán las columnas de un sistema “Lean”.



Figura 5. Estructura “Lean Manufacturing”

Elaborado por el autor

Las columnas de la estructura están formadas por las distintas técnicas o herramientas de las que se vale la filosofía “Lean”. Este amplio abanico de herramientas, necesariamente trabajan juntas y se complementan, es imposible concebir un sistema “lean” que funcione con herramientas aisladas o que trabajen de forma individual y esperar tener un resultado con el nivel de impacto deseado.

Quizás uno de los principales errores que comenten muchas organizaciones es implementar herramientas “Lean” de manera aislada en sus sistemas y pensar que esto las convierte en una organización “Lean” (Liker, 2004).

La implementación de “Lean” como ya se menciona está basada en el TPS y de allí se desprenden varias herramientas que ya sean solas a combinadas son utilizadas para el

mejoramiento de los procesos de producción. En la figura 6, se observa las técnicas y su enfoque u orientación.

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

Figura 6. Lista de técnicas usadas para la mejora de sistemas productivos

Fuente: (Juan Carlos Hernández, 2013, pág. 17)

1.4.1 *Principios de “Lean Manufacturing”*. Toda filosofía se basa en principios y para el caso de “Lean Manufacturing” los principios en los que se fundamenta son:

1.- Definir valor. Producir únicamente lo que el cliente percibe como valor, por lo que en esencia para este principio lo primero es entender quién es el cliente ya sea interno o externo y que es lo que quiere, solamente entonces se podrá establecer con claridad y certeza lo que el cliente considera valioso.

2.- Identificar la cadena de valor. Cada tarea, actividad o función debe agregar valor, por lo tanto, es necesario identificar dentro de cada una de las actividades del proceso el camino de valor, con la finalidad de identificar, minimizar y si es posible eliminar todos los desperdicios que existen en cada paso del proceso, desde que se introduce la materia prima, pasando por el proceso de transformación, hasta obtener el producto terminado y la calidad esperada.

3.- Crear flujo. Hay que conseguir que el producto fluya de manera continua, agregando valor en cada paso, definir un “layout” adecuado, mejorar cada una de las actividades del proceso son parte esencial para asegurar una adecuada implementación de este punto.

4.- Producir lo que el cliente requiere. Usar flujo continuo en el proceso de trabajo, para producir usando un sistema “pull”. Es decir, producir en función de la demanda real del cliente y no en función de un nivel de inventario evitando sobre producción y exceso de inventarios.

5.- Perseguir la perfección. Aplicar el concepto de mejoramiento continuo en búsqueda de la excelencia. La perfección en el pensamiento “Lean” no solo significa librar de defectos y errores los procesos y productos, también implica la entrega a tiempo de productos que cumplan con los requerimientos del cliente, a un precio justo y con la calidad esperada.

1.4.2 *Los 7 desperdicios*. Un desperdicio es toda actividad que absorbe tiempo y recursos, pero no crea valor, bajo esta definición es obvio entonces que “Lean” busque, eliminarlos a toda costa debido a que, estos desperdicios son los principales causantes de las ineficiencias en los procesos productivos los que a su vez generan altos costos y baja productividad.

Taiichi Ohno (1912-1990), el ejecutivo de Toyota que fue el enemigo más feroz de los despilfarros de toda la historia, identificó los primeros siete tipos de desperdicios” (Womack, 2012). Posiblemente, incluso haya más. Sin embargo, independientemente de cuantas variedades de desperdicios pueda haber, es claro que bajo la lupa de la observación los desperdicios están por todas partes.

1.4.2.1 *Sobreproducción*. Como su nombre lo indica, es producir más de lo requerido, ya sea por un inadecuado plan de producción o por que los equipos o máquinas usadas tienen mayor capacidad de la necesaria o peor aún, por desconocimiento de los terribles efectos que este desperdicio genera en los costos y la productividad de la organización. Este desperdicio genera una falsa sensación de eficiencia y productividad haciendo pensar a las organizaciones que todo funciona adecuadamente al ver como se incrementan los inventarios.

La sobreproducción puede convertirse en un generador de otros desperdicios, fabricar un producto que no es requerido demanda el uso de material, que requiere ser transportado y almacenado con los consecuentes costos de almacenamiento.

Entre los aspectos negativos de este desperdicio se mencionan:

- Necesidad de espacio para almacenar el exceso de inventario
- Falla sistémica en la resolución de problemas
- Plan de producción inadecuado
- Ausencia de un sistema “Pull”
- Procesos no estandarizados

1.4.2.2. *Exceso de inventario*. Este desperdicio, es considerado por muchos expertos como la “raíz de todos los males” (Juan Carlos Hernández, 2013). La metodología “Lean” considera la presencia de inventarios como un síntoma de un proceso ineficiente debido a que encubre productos caducados, obsoletos o dañados, que no han sido dados de baja y que requieren de cuidado, vigilancia, y muchos otros cuidados.

Entre los aspectos negativos de este desperdicio se mencionan:

- Gastos innecesarios en el mantenimiento y cuidado de los productos
- Daño de las partes, piezas, productos por un inadecuado almacenamiento en espacios reducidos
- Excesiva manipulación en el manejo y transporte de las partes
- Ausencia de un sistema “JIT” (Justo a Tiempo)
- Reprocesos y correcciones innecesarias
- Desperdicio de material para fabricar productos que no son necesarios

Es importante considerar que, a juicio del autor de este estudio, los inventarios en su gran mayoría pueden ser considerados como desperdicios, pero en algunos casos estos son necesario para asegurar el flujo continuo y se dan básicamente cuando existen procesos que están conectados en un flujo continuo pero que presentan diferentes capacidades de producción.

1.4.2.3 *Esperas*. Este tipo de desperdicios es uno de los más comunes en un proceso productivo y afortunadamente también es uno de los más fácil de identificar. Generalmente las esperas son el resultado de un inadecuado balanceo de líneas de producción lo cual provoca que existan personas o máquinas, incluso procesos completos detenidos, mientras que otros se encuentran sobrecargados de trabajo y aunque como se mencionó anteriormente es fácil de identificar, no es tan fácil de resolver. En ocasiones este desperdicio puede convertirse en un cuello de botella del proceso. Entre los aspectos negativos de este desperdicio se mencionan:

- Operario o máquinas espera por otro operario o por otra máquina
- Paras no programadas y pérdida de producción
- Exceso de material o colas de espera
- Poca coordinación entre operarios o máquinas

1.4.2.4 *Exceso de movimientos*. Todo tipo de movimiento ya sea caminar para tomar una pieza o desplazarse para colocar otra, son considerados como desperdicios, si bien es cierto esta afirmación es obvia, es importante notar que la meta no es llevar a cero el movimiento o desplazamiento ya que esto en realidad se convertiría en una utopía. El objetivo real, es reducir este desperdicio lo más posible, para esto se debe procurar disponer del material lo más cerca posible del operario o máquina garantizando que el proceso fluya de manera continua sin demoras o esperas entre cada estación.

Los aspectos negativos a considerar de este desperdicio son:

- “Layout” de estaciones y procesos inadecuados o poco flexibles.
- Sobrecarga de trabajo y exceso de movimiento por un mal balanceo de líneas de producción.
- Continuos daños y reprocesos, mala calidad.
- Paras frecuentes y pérdida de producción por demoras en el proceso.
- Bajo nivel de estandarización en el proceso.

1.4.2.5 *Transportes innecesarios*. Se refieren a todo el desperdicio de movimiento requerido para transportar el material hacia las líneas de producción, demandando gran

cantidad de recursos, tanto humano como el de maquinaria y equipos. Es importante no confundir este desperdicio con el de exceso de movimientos. A continuación, se mencionan los puntos negativos de este tipo de desperdicio.

- “Layout” de planta inadecuados
- Demanda gran cantidad de recursos
- Incrementa el daño del material o productos terminados por demasiado movimiento o manipulación
- Exigen tiempos altos de preparación previo a su transportación

1.4.2.6 *Reprocesos / Correcciones*. Un reproceso es el desperdicio resultante ya sea de otros desperdicios como los mencionados con anterioridad, o por procesos ineficientes, operarios poco calificados o entrenados y que como consecuencia generan la necesidad de un trabajo extra que debe realizarse por no hacerlo bien a la primera vez. Entre los aspectos negativos de este desperdicio se mencionan:

- Tiempo, recursos, materiales y dinero perdidos
- Baja calidad.
- Gastos innecesarios en horas extras requeridas
- Desmotivación de los operarios
- Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos
- Ausencia de procesos estandarizados

Dados todos los aspectos negativos de este tipo de desperdicio, es necesario que todas las organizaciones de manufactura, trabajen fuertemente en la implantación de una cultura de calidad a la primera vez en cada estación de trabajo y con cada operador logrando que los defectos no salgan de la estación de trabajo y minimizando el impacto en la producción en general.

1.4.2.7 *Procesos innecesarios*. Como su nombre lo indica este desperdicio se relaciona a la ejecución de acciones que no son necesarias para la fabricación de un producto y que consumen tiempo y recursos, por lo tanto “La optimización de los procesos y revisión constante del mismo es fundamental para reducir fases que pueden ser innecesarias al

haber mejorado el proceso” (Menéndez, 2014). Entre los principales aspectos negativos de este desperdicio tenemos:

- Mala comunicación
- No se entiende con claridad los requerimientos de los clientes
- Incorrecto establecimiento de un trabajo estandarizado

En la figura 7, se muestran un compendio de los siete desperdicios con algunos ejemplos de las posibles causas a las que estos están atados.

7 DESPERDICIOS	
	SOBREPRODUCCIÓN Plan de Producción inadecuado Ausencia de un sistema Pull Procesos no estandarizados
	EXCESO DE INVENTARIO Daño de las partes, piezas, productos Excesiva manipulación en el manejo y transporte Gasto innecesario en el mantenimiento y cuidado de partes no necesarias
	ESPERAS Paras no programadas y pérdida de producción. Exceso de material o colas de espera Operario o maquinas espera por otro operario o por otra máquina.
	EXCESO DE MOVIMIENTOS Layout de estaciones y procesos inadecuados o poco flexibles. Continuos daños y reprocesos, mala calidad Continuos daños y reprocesos, mala calidad
	TRANSPORTES INNCEARIOS Demanda gran cantidad de recursos. Layout de planta inadecuados. Exigen tiempos altos de preparación previo a su transportación.
	REPROCESOS Tiempo, recursos, materiales y dinero perdidos. Gastos innecesarios en horas extras requeridas Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos.
	PROCESOS INNECESARIOS Mala comunicación. No se entiende con claridad los requerimientos de los clientes. Incorrecto establecimiento de un trabajo estandarizado

Figura 7. Los siete desperdicios

Elaborado por el autor

1.5 Teoría de restricciones

Para iniciar este punto es necesario primero establecer que es una restricción en un proceso y para este fin se menciona que una restricción es todo recurso, proceso o actividad que obstruye u obstaculiza el cumplimiento de las metas establecidas. Para el caso de un proceso productivo una restricción o cuello de botella es toda operación o proceso cuya capacidad de producción es menor a la demanda requerida por el mercado. La figura 8, ejemplifica un sistema de producción y sus procesos cada uno con distintas capacidades. Como se observa en la figura 8, aunque existan procesos con capacidad altas de producción de hasta 70 unidades por hora, el sistema no podrá producir más de lo que su cuello de botella es capaz.

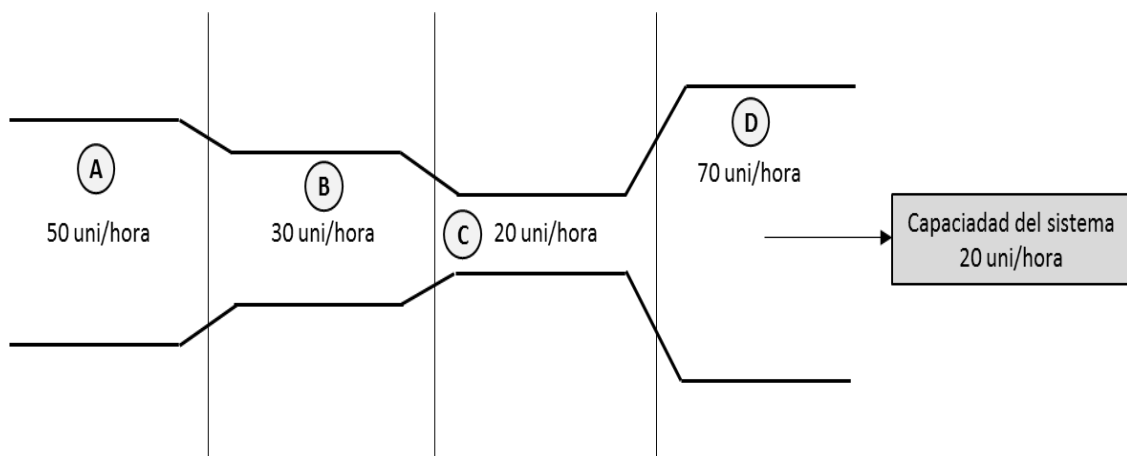


Figura 8. Sistema de producción con capacidades diferentes.

Elaborado por el autor

La teoría de restricciones tiene como meta ganar dinero, y para hacerlo es necesario elevar el “throughput”. Esto significa establecer un proceso continuo, destinado a maximizar el uso de todas aquellos recurso o procesos que impiden un resultado mejor.

El principio fundamental de la teoría de restricciones es que todo proceso de producción tiene un eslabón débil siendo éste, el que es más lento y marca el ritmo de todo el proceso. En otras palabras, un proceso es tan capaz como lo es su eslabón más débil siendo éste el que limita a la organización a alcanzar sus metas.

La Teoría de las restricciones según menciona (Aguilera C., 2000) “invita a los administradores de empresas a concentrar sus esfuerzos en las actividades que tienen incidencia directa sobre la eficacia de la empresa como un todo”, es decir, sobre los resultados globales y enfocar los pocos recursos disponibles en resolver aquellos problemas que son realmente importantes no para un proceso o área sino para toda la organización.

El objetivo principal que busca la teoría de restricciones es maximizar el “throughput” es decir para el caso de análisis de este proyecto el “throughput” será incrementar la capacidad de producción del área en estudio asegurando cumplir con los programas de producción y ventas de la empresa.

La metodología de la teoría de restricciones se basa en un ciclo de mejoramiento continuo con 5 pasos que se cumplen de manera secuencial y sirven para eliminar los cuellos de botella, estos son:

- Identificar el cuello de botella.
- Explotar la restricción.
- Subordinar al sistema y las decisiones a la restricción.
- Elevar la restricción.
- Una vez eliminado el cuello de botella aparece otro y se empieza nuevamente.

1.5.1 *Eliminación de restricciones.* Para lograr eliminar una restricción o cuello de botella de un proceso y como ya se menciona antes, se siguen 5 pasos los cuales serán explicados a continuación:

1. Identificar la restricción. Podría pensarse que este primer paso es fácil de cumplir sin embargo en muchos procesos y dependiendo de su complejidad la detección de la principal restricción puede ser complicada, por lo tanto, es necesario aplicar algunos métodos para reconocer cual es el verdadero cuello de botella del sistema y asegurar que el recurso asignado no sea desperdiciado en actividades o procesos que no lo requieren.

Algunas herramientas que podrían ser utilizadas para identificar un cuello son:

- Observación del comportamiento del proceso identificando actividades en las que exista una acumulación de inventario.
- Registro de paras producidas por daño de máquinas, atrasos de los operarios, daños de material, falta de material entre otras. Si se logra realizar un correcto levantamiento de estos eventos, estos pueden ser tabulados y analizados para identificar cual, de los componentes del sistema genera pérdidas en el sistema. Este método es utilizado cuando existen paras que son frecuentes, pero no necesariamente perceptibles por los operadores o el control de producción.

2. Explotar la restricción. Significa aprovechar al máximo la capacidad de los recursos cuello de botella, buscando obtener la mayor producción posible de la restricción. A continuación, se detallan consideraciones importantes a tomar en cuenta en este paso.

- Aislar cualquier unidad o producto defectuoso antes que ingrese a la restricción
- Evitar que existan paras de producción en el cuello de botella por falta de material
- Evitar paras de producción por daños de equipos o falta de repuestos.

3. Subordinar al sistema y las decisiones a la restricción. Quizás este sea el paso más complejo de cumplir, podría existir resistencia u oposición a esta decisión ya que involucra subordinar a todos los otros procesos al ritmo marcado por el cuello de botella, sin embargo, esta afirmación tiene su lógica ya que al tener procesos no restrictivos antes del cuello de botella produciendo a su máxima capacidad solamente incrementaría la cantidad de inventario el mismo que no puede ser utilizado por el cuello de botella. Para los procesos que están después del cuello de botella esto podrían también trabajar a su máxima capacidad sin embargo siempre estarán en espera del producto proveniente de la restricción, bajo ese escenario se tendría un sistema ineficiente en su totalidad.

4. Elevar la restricción. Significa aumentar la capacidad de producción del cuello de botella, si la restricción es un equipo o máquina entonces si es posible agregar otra sería una solución óptima, si se dispone de los recursos económicos para hacerlo. Si la necesidad de elevar la restricción depende del recurso humano entonces es viable considerar, ingresar la cantidad requerida de personal, sin embargo, esta táctica podría

afectar a los indicadores de productividad. A criterio del autor previo a realizar cualquiera de las acciones antes mencionadas, el primer análisis es eliminar todos los desperdicios inherentes a la restricción.

5. Una vez eliminado el cuello de botella aparece otro y se empieza nuevamente.

Cuando se han cumplido con pasos anteriores, es momento de cuestionarse si la restricción analizada sigue siendo el cuello de botella del proceso, si está fue ya eliminada como la restricción crítica entonces con seguridad aparecerá una nueva restricción sobre la cual hay que iniciar un nuevo ciclo de mejoramiento.

1.5.2 El modelo DBR (Tambor – Amortiguador – Cuerda). Este modelo está diseñado para controlar y mantener un flujo continuo del producto a lo largo de la línea de producción, pero ¿cómo lograr mantener un flujo continuo en un proceso donde sus estaciones tienen capacidades diferentes y dada su naturaleza presentan variabilidades diferentes? La respuesta es, sincronizar y subordinar todo el sistema a la restricción cuello de botella, si esto no se cumple tenemos procesos que producen a toda su capacidad generando sobreproducción y un alto costo de almacenamiento de partes o piezas, que no pueden ser procesadas por el proceso cuello de botella.

Tambor (“Drum”): En el modelo DBR el tambor es el recurso que da cadencia a la producción en el sistema, esto es debido que al igual que en una banda de guerra el tambor marca el ritmo de toda la banda, en un proceso productivo es el cuello de botella quien marca el ritmo de producción evitando la acumulación de inventario innecesario en el proceso de fabricación.

Amortiguador (“Buffer”). Este elemento del modelo funciona como un mecanismo de control que permite identificar las prioridades de producción, un adecuado control de los inventarios en proceso es esencial para controlar desperdicios por sobreproducción especialmente en los recursos no críticos, evitando saturar el cuello de botella con inventario no necesario.

Cuerda (“Rope”). La cuerda es el elemento del modelo que permite conectar o comunicar el cuello de botella con el abastecimiento de partes o material asegurando la

subordinación de todos los demás recursos evitando el ingreso de material al sistema a una velocidad mayor a la que el recurso cuello de botella puede procesarlo. Existen varias formas de lograr esto sin embargo una de las herramientas más efectivas por su simplicidad y eficiencia, es el método “Kanban”.

La figura 9 explica cómo funciona este elemento, el material no es liberado para el proceso inicial si no existe una solicitud del proceso cuello de botella.

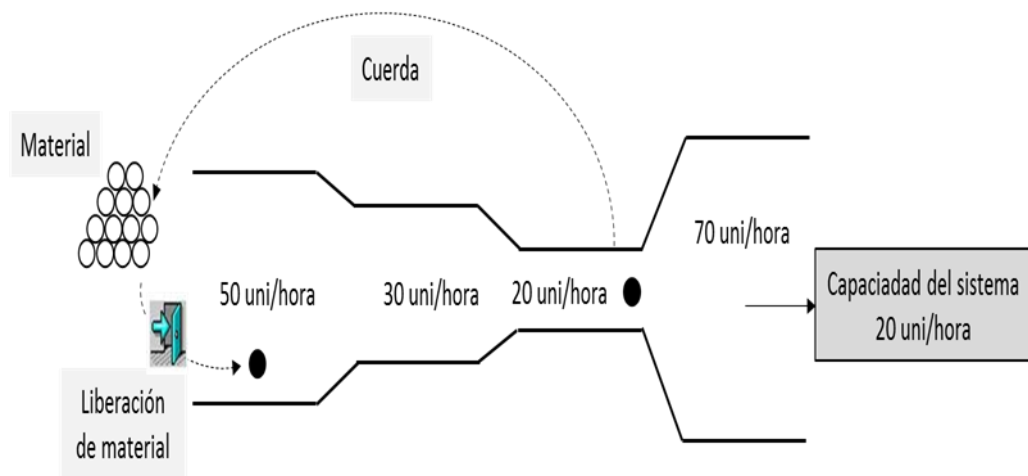


Figura 9. Subordinación del sistema al cuello de botella

Elaborado por el autor

2 ANALISIS SITUACIONAL

2.1 La industria automotriz ecuatoriana.

La historia de sector automotriz en el Ecuador empieza en la década de los años 50 con una manufactura básica destinada a la fabricación sobre todo de carrocerías asientos y algunas piezas menores para repuestos. A lo largo de los años la industria en el Ecuador ha tenido un desarrollo importante soportado principalmente por el ingreso de varias marcas multinacionales que en asociación con las ensambladoras locales han mantenido una participación en conjunto superior al 50% de mercado.

En la actualidad el sector automotriz es uno de los sectores que más aporta al fisco por concepto de aranceles, impuesto a la renta y a los vehículos motorizados y por lo tanto juega un papel muy importante en la economía nacional, sobre todo en la generación de aproximadamente 56.801 empleos relacionados directa o indirectamente con el sector (AEADE, 2018) . En la figura 10 se observa como está conformado el sector automotriz ecuatoriano y su aporte a la creación de puestos de trabajo.



Figura 10. Conformación del sector automotor en el Ecuador

Tomado de AEADE 2018

En el año 2017 el Ecuador marca un hito al firmar un tratado comercial con la Unión Europea con lo que se establece que; a partir de ese año y de manera paulatina hasta el año 2023 se irán desmontando las tasas arancelarias a los vehículos importados provenientes de la Unión Europea. La firma de este tratado y su impacto en la producción nacional debe ser tomado como una oportunidad para desarrollar y mejorar la industria local tanto con productos de calidad como en los costos de fabricación que de alguna manera son los más relevantes para mantener la sostenibilidad de la industria ensambladora en el país. En el anexo A y B, se muestra la desgravación de los principales productos del sector automotor acordado con la Unión Europea.

Uno de los efectos que son claramente visibles luego de la firma del tratado con la UE es que la industria automotriz está sintiendo un incremento en su demanda con lo que según la (AEADE, 2018) industria proyectada para el año 2019 estará cercana a las 133.000 unidades, con este panorama la industria local deberá establecer las estrategias necesarias para hacerse de una parte del pastel que cada vez es más grande.

2.2 Antecedentes y visión general de la empresa General Motors – OBB

La historia de GM-OBB empieza a crearse en el año 1975, cuando de la genialidad de un visionario de origen húngaro, el Sr. Bela Botar nace la empresa Ómnibus Bela Botar, “OBB” como respuesta a una necesidad de desarrollar la industria en el país.

En el año de 1976 se lanza al mercado el primer autobús fabricado en el Ecuador conocido como “Blue Bird”. En 1978 se introduce en el mercado un bus con capacidad de hasta 28 pasajeros, y en el año siguiente se inicia la construcción de la planta de ensamblaje para vehículos livianos con una proyección inicial de capacidad de hasta 7000 unidades por año.

Para el año de 1981 General Motors, una de las mayores corporaciones automotrices a nivel mundial se integra como accionista mayoritario y la compañía se constituyó como General Motors - Ómnibus BB (GM-OBB). Con esta estrategia la nueva compañía se consolida como una de las más grandes del país.

A partir del año 1994 y gracias a un proceso de ensamblaje eficiente y con productos de gran calidad se logran acordar la exportación a países latinoamericanos tales como Perú, Venezuela, Colombia. Desde su fundación en el año de 1975 y hasta la fecha con ya 43 años de trabajo General Motors – OBB es la empresa ensambladora más grande del país manteniendo por si sola una participación de mercado cercana al 45 % de la industria

Desde el ingreso de GM al Ecuador la planta de ensamblaje se ha ido transformando mediante inversiones millonarias en infraestructura y equipamiento ajustándose y alineándose a las mejoras tecnológicas que este sector demanda.

2.2.1 *Productos.* General Motors – OBB, se ha caracterizado por brindar a sus clientes una amplia variedad de productos, por lo que para el mercado nacional no solamente están disponibles los modelos ensamblados localmente, sino que también se ofertan vehículos importados desde otras operaciones de la región, en la figura. 11 se muestran los modelos por país, más representativos dentro de los vehículos importados

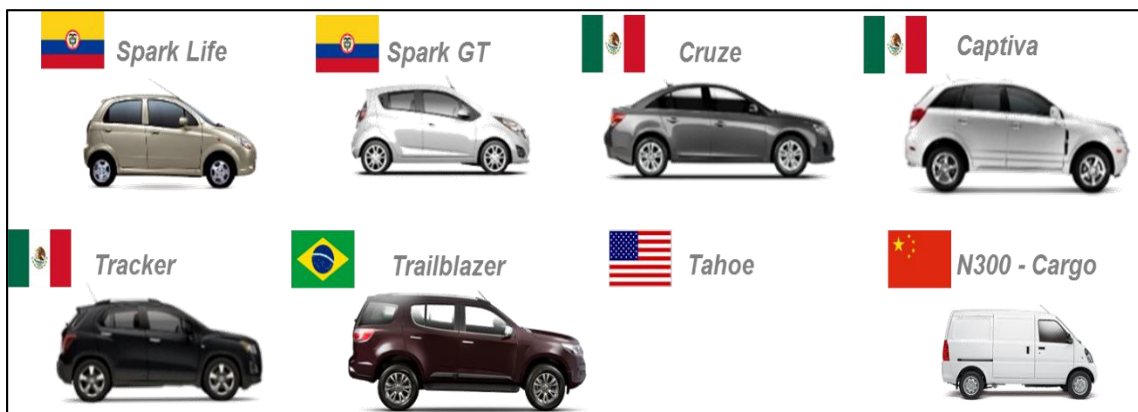


Figura 11. Portafolio de Productos Importados
Elaborado por GM-OBB Dirección Comercial 2018

En la figura 12 se muestran la gama de productos que actualmente son ensamblados y se ofrecen al mercado nacional e internacional a través de la más grande red de concesionarios asegurando que todos sus productos lleguen a todos los rincones del país complementado con una fuerte estrategia de servicio postventa colocando tanto en cantidad como en calidad los repuestos necesarios para responder de manera oportuna la a las necesidades de sus clientes. La figura 13 muestra la conformación de la red de concesionarios y servicios que la marca ofrece.



Figura 12. Portafolio de Productos Fabricados en el Ecuador

Elaborado por GM-OBB Dirección Comercial, 2018

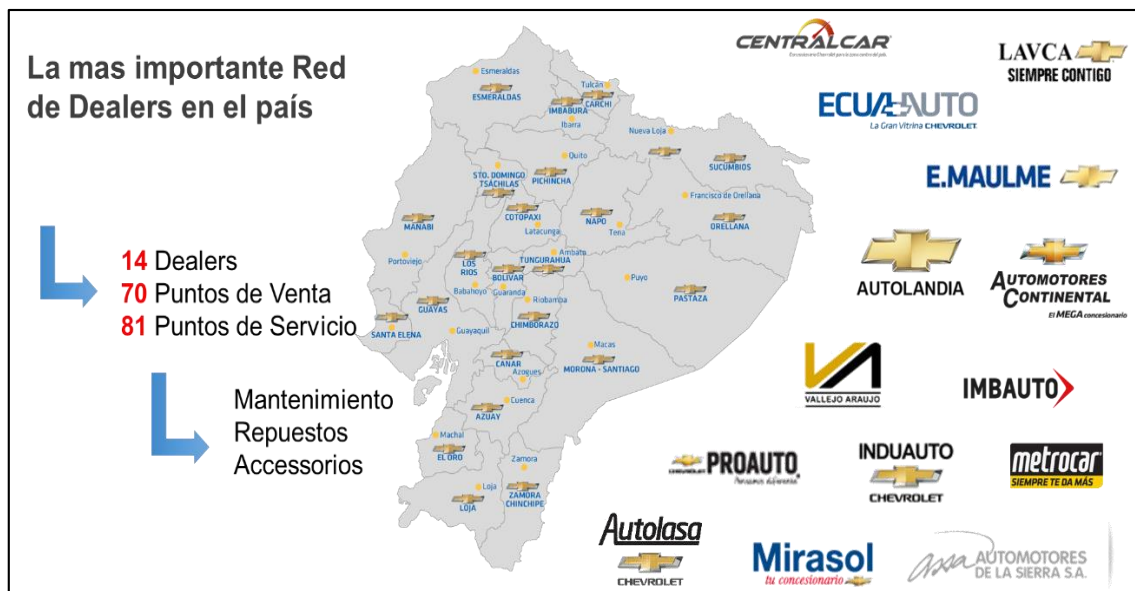


Figura 13. Red de dealers a nivel nacional

Elaborado por GM-OBB Dirección Comercial, 2018

2.2.2 *Líneas de producción.* El proceso productivo esta, definido por dos líneas de producción por las que pasan las unidades en el área de ensamblaje general:

Línea Comerciales. Esta línea está destinada para el ensamblaje de camionetas o todo vehículo que contiene chasis. La particularidad de esta línea de producción es que en realidad son dos líneas que corren en paralelo una dentro de la otra, en la una línea viaja la carrocería mientras que en la otra viaja el chasis, al final del proceso tanto la carrocería como el chasis terminado deben se unidos, para que esto suceda, ambas líneas están sincronizadas para realizar el matrimonio es decir acoplar la carrocería en el chasis y formar un auto completo.

Línea Pasajeros: En esta línea de producción se ensamblan todas aquellas modelos que no poseen chasis

2.3 Descripción del proceso productivo.

A continuación, se describe de manera general el proceso de ensamblaje de un vehículo. El primer paso en el proceso de ensamblaje de un vehículo es asegurar el abastecimiento del material y las partes necesarias. Cuando el material ha sido abastecido entonces comienza la tarea de unión de las partes mediante el proceso de soldadura, asegurando sobre todo la estabilidad dimensional de cada uno de los sub-ensambles, estos a su vez se convierten en insumos para armar componentes y la unión de estos componentes conformarán la carrocería completa. Cuando la carrocería ha sido terminada esta es entregada al área de Pintura en donde se aplican las distintas capas de pintura necesarias para proteger a la misma de la corrosión, así como también asegurar el acabado de calidad en la apariencia requerida por los clientes. Una vez que la carrocería ha sido pintada entonces esta lista para ser entregada al proceso de ensamble general donde, se colocan todas las partes necesarias para garantizar el funcionamiento adecuado del vehículo. En la figura 14 se esquematiza el proceso de ensamblaje.

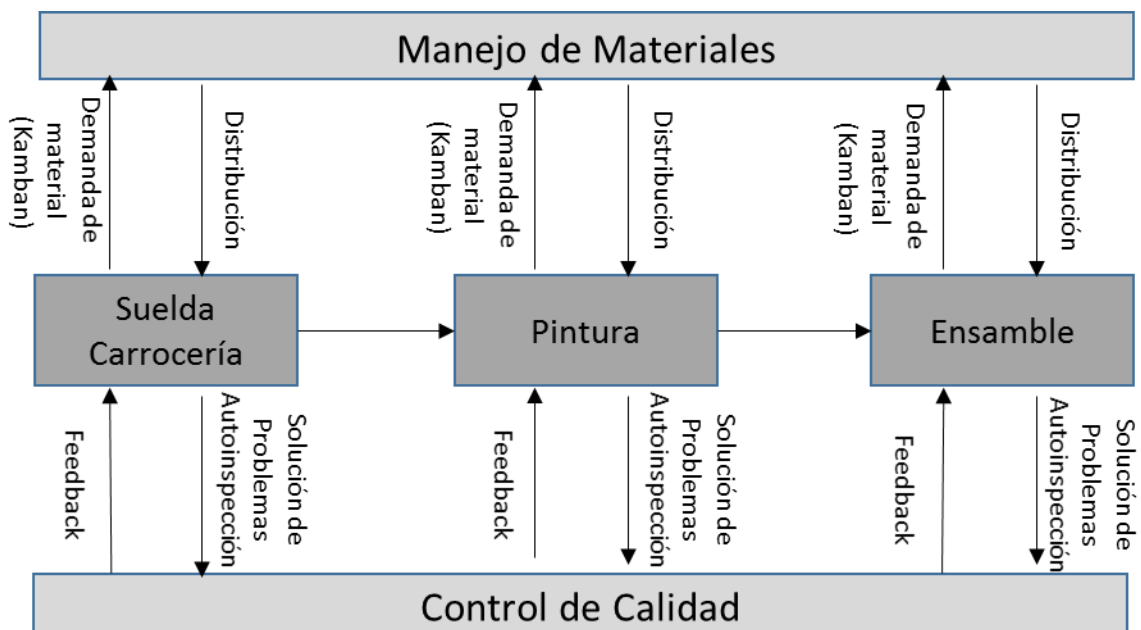


Figura 14. Proceso Macro de fabricación de un vehículo

Elaborado por el autor

Dado que este proyecto trata sobre el estudio específico del proceso de soldadura en el área de suelda de carrocerías, se abordará con más profundidad su descripción y análisis a continuación.

2.3.1 *Proceso de soldadura de una carrocería.* El proceso de soldadura es de suma importancia para la producción de un vehículo, de la calidad obtenida en este proceso se derivará el éxito en los siguientes procesos del sistema. Si no existe la estabilidad dimensional requerida entonces podrían existir serios problemas principalmente en el área de ensamblaje ya que, componentes críticos podría no ser colocados por desviaciones en sus lugares de asentamiento generando paros y problemas de calidad. Para evitar esto, el proceso de soldadura utiliza dispositivos llamados moldes los mismos que están distribuidos de manera secuencial según el proceso avanza. Los moldes son los dispositivos sobre los cuales se colocan las distintas partes a soldar y garantizan que la unión de las partes sea la adecuada e igual en cada unidad armada. Los moldes se distribuyen en las distintas estaciones de trabajo y van desde un tamaño pequeño hasta moldes que pueden tener varios metros de largo y ancho sobre todo para los procesos finales. En promedio una carrocería requiere cerca de 4000 puntos de soldadura para armarse completamente y utiliza cerca de 2500 partes. Cada una de éstas partes son entregadas a lo largo de la línea de producción en estanterías fijas o móviles llamadas racks asegurando que la ubicación de éstas corresponda a la etapa del proceso que se está ejecutando. La distribución y la ubicación del material será una variable que debe ser analizada a profundidad ya que en estas actividades se encuentran varios de los desperdicios descritos en el capítulo 1.

Todos los procesos necesarios para armar una carrocería se realizan de manera simultánea, aunque cada sub-ensamble o componente resultante es utilizado según el paso del proceso. Todos los subconjuntos o componentes se sueldan en estaciones que alimentan a la línea principal que es donde se unen cada una de dichas partes.

El primer paso para iniciar un proceso de soldadura de una carrocería es armar los pisos tanto delantero como posterior cada uno en sus respectivos moldes, estos sub-ensambles se unen en otro molde formando un subconjunto conocido como piso total. La figura 15 muestra un ejemplo de un piso total terminado.

Mientras el piso total estaba siendo armado, en otro molde se sub-ensambló el componente de motor que es básicamente el sitio donde se colocará el motor.

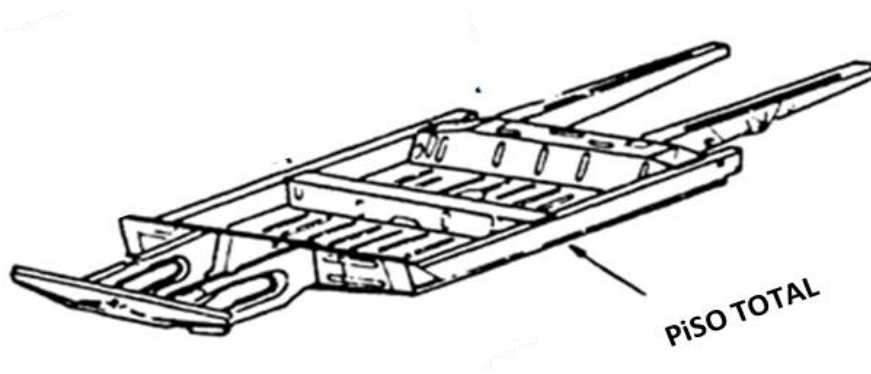


Figura 15. Piso total armado

Fuente: Internet

Con el piso total listo y el componente de motor se procede a unirlos formando el “under body”. Considerando que la cantidad de puntos para ser realizada es demasiado alta para hacerlo en una sola estación y dependiendo del modelo a armarse pueden existir dos o más estaciones para realizar este trabajo, por lo tanto; aquí entra en juego un adecuado balanceo de cargas de trabajo en las estaciones siendo esta otra variable que se analizará para buscar oportunidades de mejora.

Los laterales de la carrocería son los sub-conjunto más voluminosos y estos se unen al componente de motor en la línea principal, es importante considerar que durante el proceso de armado del lateral con el “under body”, también se utilizan sellantes estructurales que cumplen la función de puntos de soldadura en zonas donde no es posible colocarlos. La unión de las partes mencionadas se realiza en una estación conocida como Tabbing para posteriormente realizar el ingreso a la estación de molde principal donde se realiza la soldadura de los laterales con el “under body”, y techo de la carrocería.

La figura 16 muestra una carrocería terminada en la celda siendo esta salida del proceso de celdas una entrada para el siguiente proceso en la cadena de producción que es la línea de remate específico de la carrocería.



Figura 16. Carrocería finalizada en el molde principal

Elaborado por el área de suelda carrocerías

Cuando la carrocería esta lista ingresa a la línea de remate específico donde básicamente se aplican puntos de soldadura en las zonas de alojamientos de puertas y estribos inferiores para finalmente ingresar a la línea de montaje de paneles donde se colocan puertas, guardafangos, capot y cajuela o compuerta como se muestra en la figura 17. El último paso es una inspección de calidad y una vez aprobada la carrocería esta lista para ser entregada al proceso de pintura.



Figura 17. Carrocería con paneles terminada

Elaborado por el área de suelda carrocerías

2.3.2 Patrón de operación. El patrón de operación es la forma en la que se realiza la producción y está establecida en función de la demanda de cada modelo y las capacidades de cada una de las celdas donde se producen. En el área de suelda carrocerías, el patrón de operaciones actualmente, está definido por dos tripulaciones de operarios, una de ellas es una tripulación que se mantiene constante en la línea y celda de comerciales mientras que la segunda es móvil es decir rota a través de cada una de las celdas de producción en la línea de pasajero según la secuencia de producción establecida, este esquema es altamente productivo y permite una gran flexibilidad, soportado por personal entrenado

en los distintos procesos de cada uno de los modelos que se fabrican. En la figura 18 se observa la distribución de las celdas en el área de suelda de carrocerías y un ejemplo de rotación entre celdas donde se observa como la tripulación pasa de la celda Gran Vitara a la de Aveo y luego hacia la celda de Sail, está rotación no siempre es contante y depende como ya se mencionó de la secuencia previamente establecida. En el anexo C, de este trabajo se muestra un ejemplo de secuencia de producción para el mes de marzo del 2019.

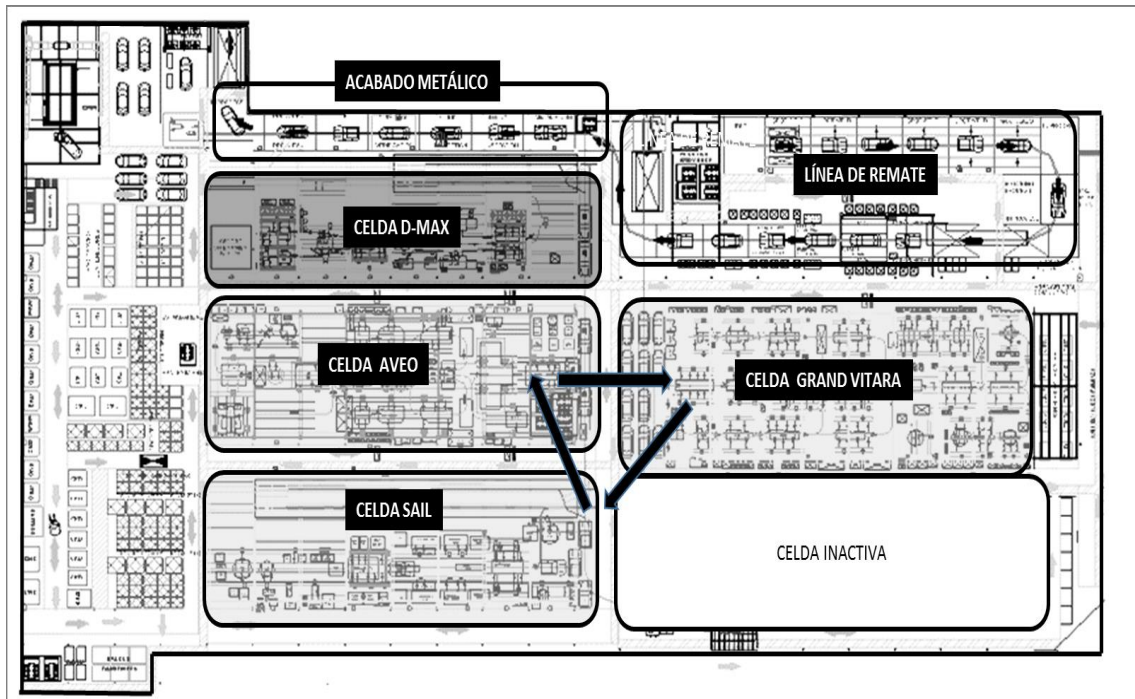


Figura 18. “Layout” del área de suelda de carrocerías,
patrón de operación dos tripulaciones

Fuente: GM-OBB Ingeniería de Manufactura 2019

La producción de cada modelo se realiza en lotes es decir se producen la cantidad de unidades que están definidos para cada modelo y no es posible cambiar de celda mientras no se asegure que todas las unidades de ese lote en producción hayan sido terminadas. A continuación, en la tabla 1 se muestra la cantidad de unidades que corresponden a cada modelo considerando que la cantidad unidades depende de la definición de la fuente que abastece el material debido básicamente a la optimización de espacio del material en los contenedores enviados por las fuentes.

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

Modelo	Cantidad Unidades
CELDA Aveo	24
CELDA Sail	48
CELDA GV	24
CELDA D-Max	15

Fuente: GM-BB control de producción suelda de carrocerías
 Elaborado por el autor

2.3.3 *Demanda y capacidad actual.* El año 2018 ha sido un continuo sube y baja en cuanto a la determinación de la demanda del mercado, el *budget* inicial de producción definido para el 2019 fue de 27,861 unidades, sin embargo en el transcurso del año y principalmente por la apertura comercial con Europa se ha visto un incremento en el volumen de la industria total bajo este escenario la proyección de la demanda para el año 2019 basado en el “forecast” 0+12 ha mostrado un nuevo objetivo de producción de 31,100 unidades con una carga de producción adicional acentuada en el último trimestre del año 2018 y todo el año 2019.

Actualmente la capacidad requerida para cubrir los requerimientos de ventas está establecida en 120 unidades diarias de producción, con una mezcla de 85 pasajeros y 35 comerciales, pero como ya se mencionó la demanda establecida para el 2019, requiere que las capacidades de producción de las celdas en su conjunto cumplan con un volumen diario de 127 vehículos, 5.83% más que su volumen actual con una nueva mezcla de 87 pasajeros y 40 comerciales.

En la figura 19 se observa el “forecast” 0+12 para el cierre del año 2019 lo que quiere decir que este escenario es una proyección o estimación de la producción requerida para satisfacer la demanda del mercado, sin embargo, conforme el año avance el “forecast” se irá actualizando con los valores reales de cada mes mostrando por ejemplo un “forecast” 1+11 lo que significa 1 mes real y 11 meses proyectados. EL control y seguimiento de este *forecast* de manera periódica es clave para advertir los posibles cambios en la demanda y actuar de manera preventiva ajustando el plan de producción si lo amerita.

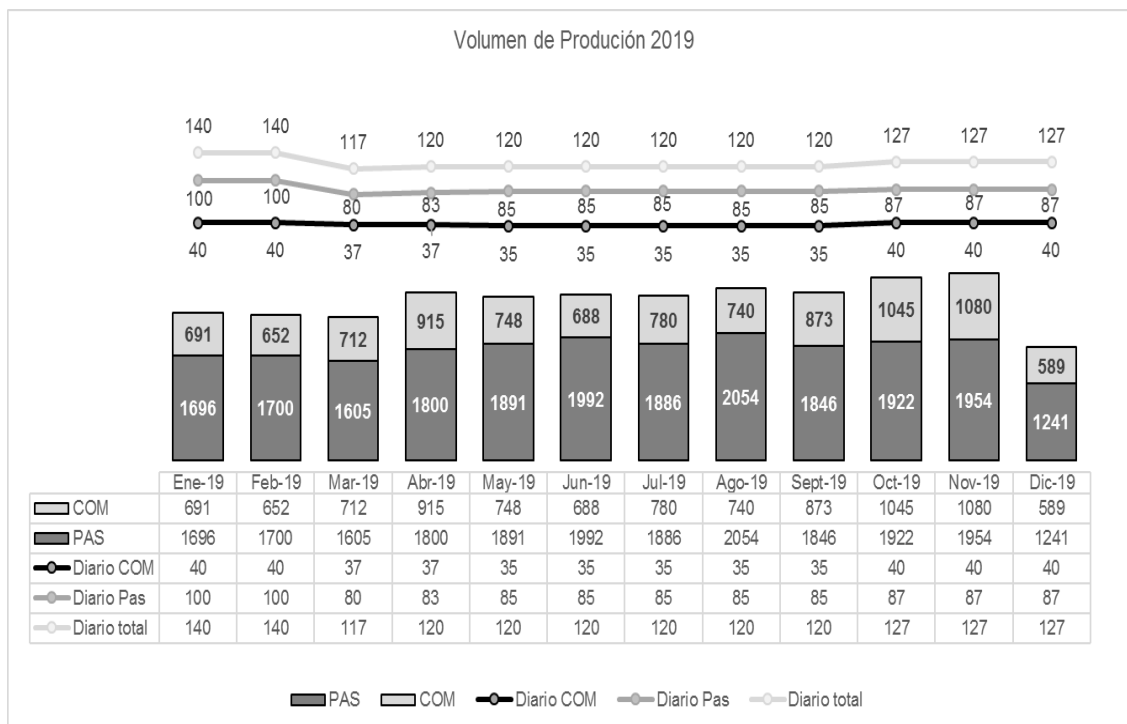


Figura 19. “Forecast” 0+12 2019

Fuente: GM-OBB, Planeación de la demanda, enero 2019

Editado por el autor 22 de enero 2018

2.3.4 *Capacidad actual de las celdas.* Celdas de producción son el conjunto de moldes destinados para armar la carrocería de un modelo específico. Para el caso del área de suelda de carrocería las capacidades, actuales de cada una de las celdas están definidas como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2
Capacidad actual de celdas

Línea	Modelo	Capacidad actual (jph)
Pasajeros	CELDA Aveo	14,00
	CELDA Sail	13,80
	CELDA GV	12,74
Comerciales	CELDA D-Max	4,89

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

A partir de este momento y para estandarizar los cálculos, así como facilitar los cálculos de demanda y capacidad de producción, la unidad de medida de capacidad de producción será; unidades/hora (jph).

2.3.5 Capacidades requeridas para el nuevo volumen de producción. El desafío propuesto para este proyecto es identificar todos los desperdicios inherentes en el sistema de producción y reducirlos para que en conjunto con inversiones menores tanto en herramental como implementación de moldes se logre alcanzar los requerimientos de la nueva demanda para el último trimestre del año 2018 y lograr un esquema de operación que permita cumplir el desafío de producción al menos durante el primer trimestre del 2019 donde ve un horizonte estable y si es posible todo el año 2019, si la demanda se mantiene según lo proyectado por el área de planificación de la demanda.

2.3.6 Determinación del “takt time” (TT) y “actual takt time” (ATT). Cada paso del proceso descrito con anterioridad debe cumplirse respondiendo a un tiempo establecido que garantice la cantidad de unidades que deben producirse para satisfacer la demanda del mercado. El establecimiento correcto de los tiempos de producción en cada estación de trabajo define en gran medida la cantidad de recursos tanto en mano de obra como de equipos y herramientas necesarios para el cumplimiento de volumen requerido. Para realizar el cálculo del “takt time” es necesario conocer los siguientes datos

La Demanda del mercado es definida por el área de planificación de la demanda, la cual ha establecido un “forecast” 0+12 del año 2019 de 31,100 unidades con una mezcla de 21,587 pasajeros y 9,513 comerciales.

Demanda diaria: Una vez que se conocen la demanda del mercado y la cantidad de días para producir en el año se puede calcular la demanda diaria. Dado que las celdas para producir pasajeros y comerciales son diferentes entonces es necesario realizar el cálculo de la demanda diaria para cada línea, entendiendo que:

Ddp = Demanda diaria en pasajeros

Ddc = Demanda diaria en comerciales

Entonces:

$$Dd\ 2019 = \frac{\text{Demanda}}{\text{número de días 2019}}$$

$$Ddp = \frac{\text{demanda pasajeros}}{\text{número de días 2019}} \quad Ddc = \frac{\text{demanda comerciales}}{\text{número de días 2019}}$$

$$Ddp = \frac{21587}{249} = 86,69 \text{ pas/día} \quad Ddc = \frac{9513}{238} = 39,97 \text{ com /día}$$

En los cálculos arriba mostrados se evidencia una diferencia en el número de días utilizados para la línea de pasajeros y comerciales este se debe a una determinación del área de planificación y control de la producción de crear un inventario de unidades hasta terminar el primer trimestre del año para cubrir posibles picos en la demanda en el mes de abril, donde se prevé un incremento en ventas por el pago de utilidades, por lo tanto, es necesario trabajar 11 días adicionales en el período establecido (Q1).

Como se puede apreciar el estudio de capacidades va desde el macro es decir conocer la demanda anual del mercado y esa necesidad debe ser bajado a un nivel diario de producción porque es en este nivel donde se realizará el estudio de capacidades de las celdas del área de suelda de carrocerías.

Tiempo disponible (TD). es la cantidad de tiempo hábil para producir, este dato se puede calcular ya sea en días u horas, sin embargo, para facilitar los cálculos y análisis de los datos obtenidos se utilizarán minuto por día como unidad de medida

EL cálculo del tiempo disponible se realiza descontando al tiempo de permanencia de una persona en planta menos las paras planificadas como refrigerio y almuerzo, cambios de celda. A continuación, se expresa la fórmula para el cálculo del tiempo disponible

$$TD = Tp - Ta - Tr - Tc$$

Siendo:

Tp: Tiempo de permanencia en la empresa = 8.75 horas

Ti: Tiempo de preparación previo al inicio de producción =0.083 h (5 minutos)

Ta: Tiempo de almuerzo = 0.75 horas (45 minutos)

Tr: Tiempo de refrigerio = 0.25 horas (5 minutos)

Tc: Tiempo de cambio de celda = 0.66 horas (10 min x cada cambio, se considera cuatro cambios diarios de celda en pasajeros y tres cambios de modelo en comerciales).

Bajo estas consideraciones a continuación se calcula el tiempo disponible para cada una de las líneas.

$$TD_{pas} = 8,75h - 0,083h - 0,75h - 0,25h - 0,33h - 0,66h$$

$$TD_{pas} = 6,67 \text{ horas}$$

$$TD_{pas} = 400,62 \text{ minutos}$$

$$TD_{com} = 8,75h - 0,083h - 0,75h - 0,25h - 0,50h$$

$$TD_{com} = 7.16 \text{ horas}$$

$$TD_{com} = 430 \text{ minutos}$$

El tiempo requerido en la línea de pasajeros para producir el volumen necesario con la capacidad actual es de 6,67 horas de trabajo, mientras que en la línea de comerciales el tiempo disponible es de 7.16 horas algo mayor ya que la tripulación se mantiene durante todo el turno de producción en a la misma celda y realiza en promedio 3 cambios de modelo entre cabina simple y doble durante la jornada. En la tabla 3 se muestra los cálculos realizados para cada una de las líneas y celdas de producción a partir de las capacidades actuales de cada celda.

Tabla 3
Capacidades actuales de celdas por día

Línea	Modelo	Demanda diaria (unidades)	Capacidad actual (jph)	Tiempo disponible (horas)	Capacidad (jpd)	Condición
Pasajeros	CELDA Aveo	87,00	14,00	6,67	93,38	Cumple
	CELDA Sail	87,00	13,80	6,67	92,05	Cumple
	CELDA GV	87,00	12,74	6,67	85,00	No cumple
Comerciales	CELDA D-Max	40,00	4,89	7,16	35,00	No cumple

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

Del análisis y los resultados mostrados en la tabla, las celdas de Gran Vitara y D-Max no tienen capacidad para satisfacer la nueva demanda. Por lo tanto, el trabajo a realizar en esta investigación estará enfocada en la optimización del proceso en dichas celdas. En los capítulos posteriores se establecerá el cálculo del número de personas requerida en cada tripulación tanto en pasajeros como en comerciales pero previo a ello debemos establecer las velocidades en unidades por hora (jph) a las que deberemos configurar cada tripulación en cada celda de producción.

“Takt time”. Éste es un término que define la cadencia de las líneas de producción, es decir el ritmo de producción o, en otras palabras, cada cuanta segunda, se debe producir una unidad. Sin embargo, este se puede considerar un tiempo ideal de operación ya que no considera dentro su análisis paras no programadas ya sea por atrasos de los operarios, demoras en la entrega del material, daños de equipos, problemas de calidad o cualquier imprevisto que provocarían parar la línea de producción.

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda diaria}}$$

Por lo tanto, el cálculo de TT para cada línea de producción será:

$$TT_{pas} = \frac{400,62 \text{ minutos}}{98 \text{ unidades}} = 4,60 \text{ min /unidad} = 276,29 \text{ seg/unidad}$$

$$TT_{com} = \frac{430 \text{ minutos}}{40 \text{ unidades}} = 10,75 \text{ min/unidad} = 645,00 \text{ seg/unidad}$$

“Actual takt time (ATT)”. Este concepto de introduce como una variable de ajuste a los tiempos calculados para el “takt time” (TT) ya que como se mencionó con anterioridad el TT es un tiempo ideal de operación, que no considera paras no programadas y a las que cualquier proceso está expuesto. En la práctica el ATT es el indicador que marca el verdadero ritmo de trabajo es decir el tiempo máximo que puede tomar la ejecución de una tarea sin que esto represente una perdida en la producción por paras en el sistema.

El cálculo de ATT se realiza multiplicando el TT por el Up time del proceso calculado en función del histórico de paras.

$$ATT = TT * UpT$$

“Uptime” (UpT). Indicador de Eficiencia que refleja el porcentaje de tiempo efectivo que está siendo utilizado para producir, descontando las paras no programadas y se calcula de la siguiente manera.

$$UpT = \frac{\text{Tiempo disponible de operación} - \text{Tiempo de paras}}{\text{Tiempo disponible de operación}}$$

En la tabla 4 se muestra el desempeño de la eficiencia operacional de los últimos tres meses en cada una de las celdas y que serán usados para el cálculo del ATT.

Tabla 4
“Uptime” promedio de los últimos tres meses

Línea	Modelo	Demanda diaria (unidades)	Junio	Julio	Agosto	Promedio
Pasajeros	CELDA Aveo	87,00	96,00%	95.50%	95.70%	96,00%
	CELDA Sail	87,00	93,00%	94,00%	94.30%	93,50%
	CELDA GV	87,00	89,00%	88.60%	89.30%	89,00%
Comerciales	CELDA D-Max	40,00	93,62%	94,070%	93,70%	93,80%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

“Downtime”. La diferencia entre el 100% del tiempo disponible y la eficiencia operacional es conocida como “Downtime” y representa el porcentaje de tiempo de paras no programadas que se presentan en el proceso.

$$Dt = 100\% * UpT$$

Finalmente, establecido tanto el “takt time” (TT) como el “Uptime” entonces es posible determinar el “actual takt time” ATT al que se moverá la línea de producción durante el período que se mantenga el volumen diario establecido.

Es importante establecer la relación entre el TT y ATT y las velocidades de producción. Como se explicó con anterioridad estas variables son medidas en minutos por unidad sin embargo para estandarizar los cálculos en el desarrollo de este proyecto es necesario realizar la transformación de estos tiempos por unidad a velocidades de línea medidas en unidades por hora o (jph) por sus siglas en ingles.

Entonces para un TT medido en segundos por unidad le corresponde una velocidad conocida como “Net while running” (NWR) y es la velocidad ideal de producción por hora lograda. Esta se calcula dividiendo 3.600 segundos de una hora para el TT calculado. El resultado de esta operación es la velocidad medida en JPH (“Jobs per Hours”).

Para el ATT medido también en segundos por unidad le corresponde una velocidad conocida como “Gross speed” (GS) y esta es la velocidad real a la que se mueven las líneas de producción para compensar las ineficiencias del sistema (para no programadas).

En la tabla 5 se detalla el ATT calculado para cada celda de producción en función del TT y el up time propio de cada una de dichas celdas de producción.

Tabla 5
Tiempos y velocidades de producción por línea

Línea	Modelo	Demanda diaria (unidades)	Up time Promedio	TT (seg/uni)	ATT (seg/uni)	NWR (jph)	GS (jph)
Pasajeros	CELDA Aveo	87,00	96,00%	276,29	265,24	13,03	13,57
	CELDA Sail	87,00	93,50%	276,29	258,33	13,03	13,94
	CELDA GV	87,00	89,00%	276,29	245,90	13,03	14,64
Comerciales	CELDA D-Max	40,00	93,80%	645,00	604,99	5,58	5,95

Fuente: GM-OBB Control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

De lo explicado en los párrafos anteriores queda implícito la relación entre el NWR y el GS, la diferencia entre estas dos velocidades es conocida como una sobre velocidad (OS) que se implementa para compensar las paradas e ineficiencias en el sistema, por lo tanto, se puede concluir que mientras mayor sea la diferencia entre estas, mayor es el desperdicio en el proceso de producción. La figura 20 esquematiza de forma gráfica lo expresado

Overspeed

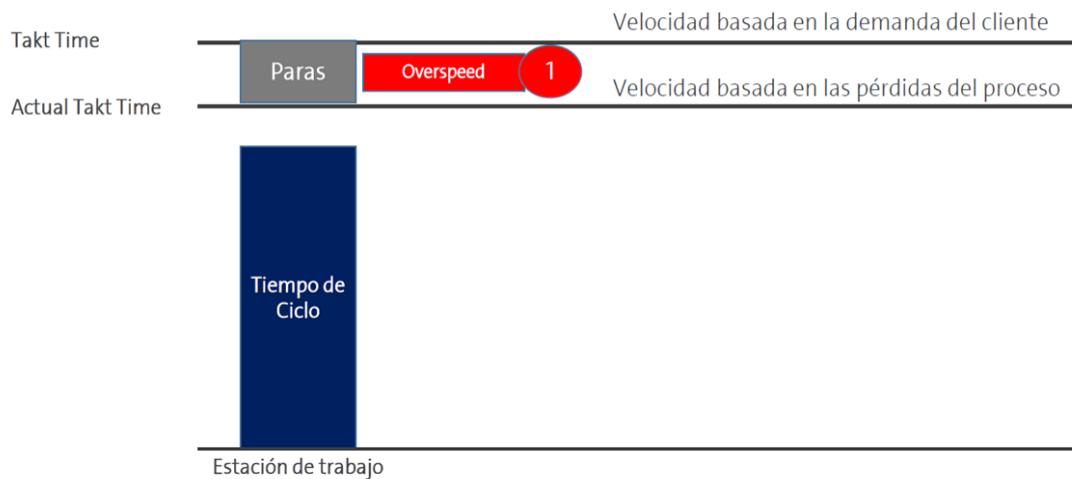


Figura 20. $NWR(TT) - GS(ATT) - OS(ATT - TT =$

Fuente: GM-OBB ingeniería de manufactura GM-OBB

Elaborado por: Ingeniería Industrial

2.4 Mapeo y flujograma del proceso productivo.

En el punto 2.2 se realizó una descripción del proceso de fabricación de una carrocería de una manera general, sin embargo, para entender y poder realizar un análisis profundo en búsqueda de las oportunidades de mejora es necesario desplegar el proceso a un mayor nivel de detalle en cada una de las celdas de producción. Es importante considerar que cada celda representa un modelo distinto de producción y cada una tiene sus particularidades por lo tanto si bien las herramientas de mejoramiento que aplicaremos son generales deberán estar condicionadas a las necesidades propios de cada celda de producción.

2.4.1 Estructura de los equipos de producción. Los equipos de producción están compuestos por 3 niveles, los miembros de equipo de trabajo (mets) que son los operadores y son quienes realizan las operaciones de soldadura, cada equipo de trabajo está integrado entre siete a diez operadores y liderado por un líder de equipo (let) que tiene entre sus principales tareas asegurar la gestión administrativa del equipo de trabajo, el cumplimiento de las responsabilidades asignadas a cada equipo así como también la de

cubrir o reemplazar a un operario en caso de ausencia por enfermedad o permisos, por lo tanto una de las requisitos indispensables de un líder de equipo es conocer el trabajo estandarizado de todas las estaciones de trabajo de lo contrario no será capaz de garantizar la calidad de los productos o la velocidad de producción. En el tercer nivel operativo se encuentra el líder de grupo (LG), quien es el líder de la celda en su totalidad y se encarga de coordinar a todos los líderes de equipo, asegurando el cumplimiento de los objetivos en seguridad, calidad, costos, producción, medio ambiente entre otros.

En la tabla 6 se muestra los equipos de trabajo y su composición en cuanto a números de personas para cada celda de producción.

Tabla 6
Número de personas por equipos de trabajo y celda

CELDA PASAJEROS		
	Let	Mets
EQUIPO 1	1	7
EQUIPO 2	1	7
Equipo 3	1	7
Equipo 4	1	7
TTL	4	28
		32

CELDA PASAJEROS		
	Let	Mets
EQUIPO 1	1	8
EQUIPO 2	1	9
TTL	2	17
		19

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

Es momento de incursionar en el análisis del proceso de cada una de las celdas con oportunidades de mejora, para ello a continuación, se realiza un mapa del proceso productivo de cada una de las ellas, lo que permitirá, entender el proceso y su secuencia de fabricación con el recurso asignado a cada una.

2.4.2 Celda Grand Vitara. Esta celda es una de las más complejas dentro del proceso productivo como se ve en la figura 21 su complejidad radica en la gran cantidad de estaciones que componen el proceso. Esta celda está compuesta por 26 estaciones de trabajo en las que se distribuyen 28 operadores entregando una capacidad de producción de 12,74 jph. Cada estación dispone dentro de su configuración con racks de material que

es requerido para su proceso. En la figura 21 podemos mirar representado con un triángulo de negro las entradas de material y su posición respecto a la operación.

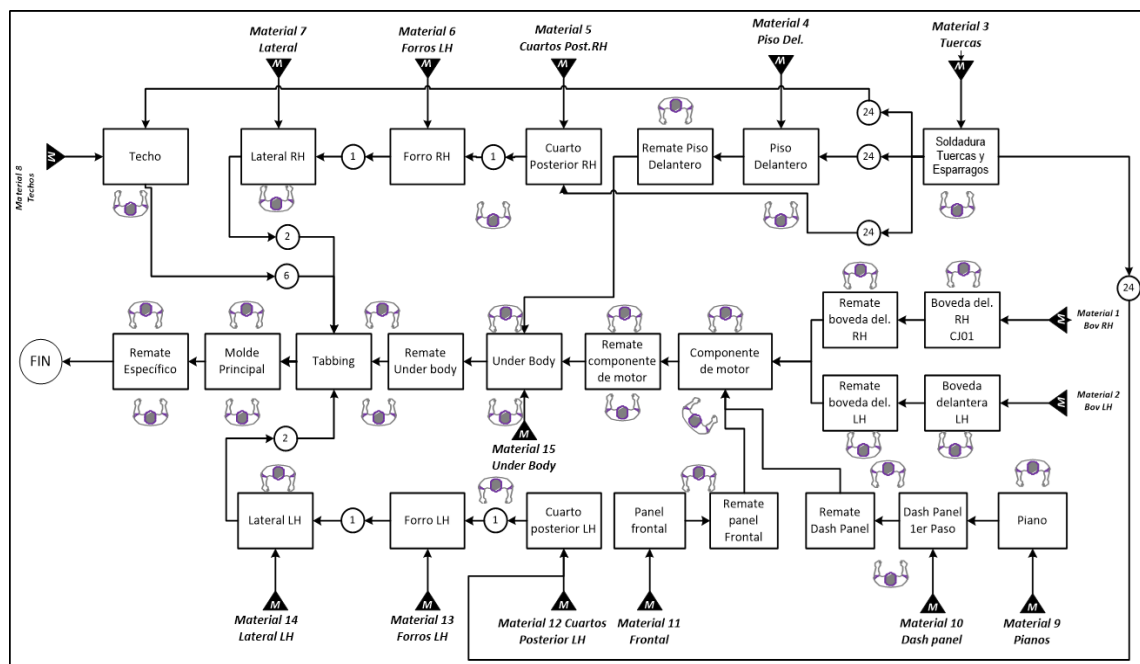


Figura 21. Mapa de proceso celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

A continuación, en la tabla 7 se presentan los principales indicadores de desempeño de la celda de GV en la condición actual. Esta data es sumamente valiosa ya que permitirá identificar las oportunidades en las que es necesario trabajar para lograr un incremento de capacidad al nivel requerido para cubrir la demanda del mercado.

Tabla 7

Indicadores de desempeño celda Grand Vitara

Indicador	Métrica
Up time	89,00%
Sigma CT	79,60%
Sigma ET	43,83%
Productividad	2,87%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En la tabla 7 de indicadores y métricas se evidencia que la celda tiene oportunidades de mejora en su desempeño especialmente en el “Up time” (*UpT*) y en su métrica de productividad como requerimiento de la alta dirección, es necesario aprovechar este cambio en el volumen total de producción de 120 unidades a 127 para lograr una mejora importante en productividad entendida en el sector de producción automotriz como la relación entre las horas hombres trabajadas por unidad producida, lo que significa que mientras menos horas hombre se inviertan en la producción de un vehículo la empresa es más eficiente y es mejor su productividad. y esto se logrará buscando cumplir con el volumen solicitado utilizando el recurso humano actual disponible.

En la configuración actual que la celda posee cada estación de trabajo se desempeña con distintos tiempos de ciclo (TC). Por lo tanto, es importante realizar el levantamiento de los tiempos de operación que cada operador realiza identificando los tiempos en movimientos innecesarios es decir caminar y los tiempos propios de la operación, es decir los tiempos de los elementos.

En la figura 22 se puede observar dicho levantamiento de tiempos por cada estación de trabajo y operador comparada con el ATT necesario para cumplir la demanda de producción. La tabla completa de tiempos por estación de trabajo se encuentra en el anexo D de este documento.

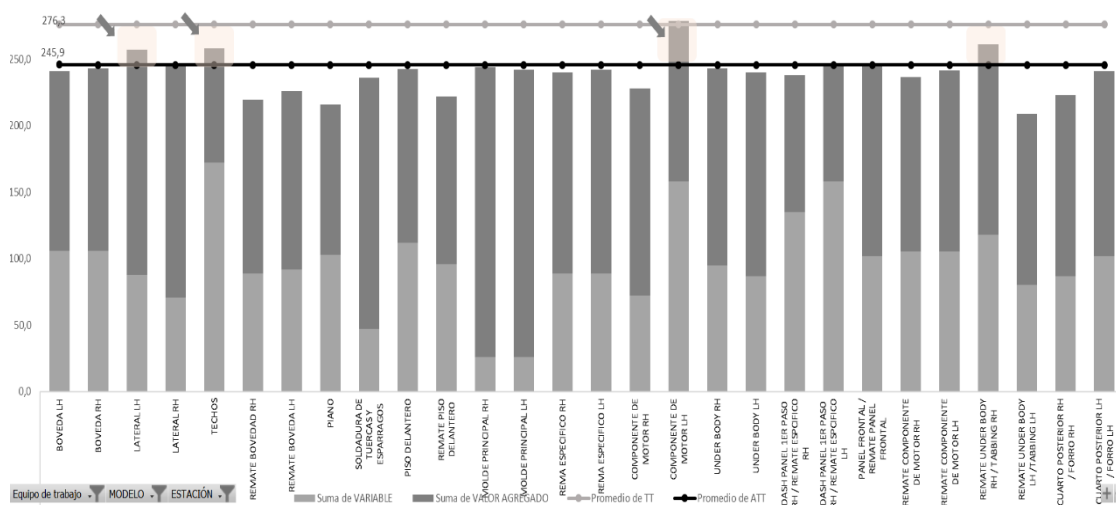


Figura 22. Pared de balanceo celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Al realizar el análisis de la gráfica podemos observar que existen dos estaciones de trabajo que no cumplen con el nuevo tiempo real de producción (ATT) necesario para satisfacer la demanda de producción. Es importante notar que algunas de ellas muestran un alto tiempo de movimiento y transporte innecesarios, estos puntos observados serán analizados en el capítulo posterior en búsqueda de reducirlos. De todas maneras, es notorio que las estaciones no son capaces de producir una unidad en el tiempo requerido bajo este criterio se las considerará como cuellos de botella del sistema.

Las estaciones identificadas son:

1. Componente de Motor LH.
2. Estación combinada remate “under body” / “tabbing” lh

También se identifican otras dos estaciones cuyos tiempos están muy cercanos al ATT y podrían representar un problema debido a cualquier fluctuación en el proceso provocaría un retraso en la ejecución de la tarea deteniendo la producción por la demora y generando tiempos de espera innecesarios y son:

3. Lateral LH
4. Techos.

Otra conclusión adicional que se puede observar en la gráfica de tiempos de ciclo de las estaciones es que, varios de los procesos tienen una cantidad importante de tiempos de caminar durante la ejecución de sus tareas lo que es considerado como un desperdicio, adicionalmente también se puede observar que algunas estaciones presentan tiempos de ciclo bajos respecto al ATT lo que se explica como un desperdicio de espera o tiempos muertos de los operadores entre procesos, este punto debe ser analizado dentro de las oportunidades de mejora en cada una de las líneas de producción dentro del proceso de soldadura de un vehículo.

En el gráfico de la fig 23 se representan con color gris a aquellas estaciones y los operadores involucrados con oportunidades de mejora identificadas en el análisis de tiempos de ciclo mostrados en la tabla 22.

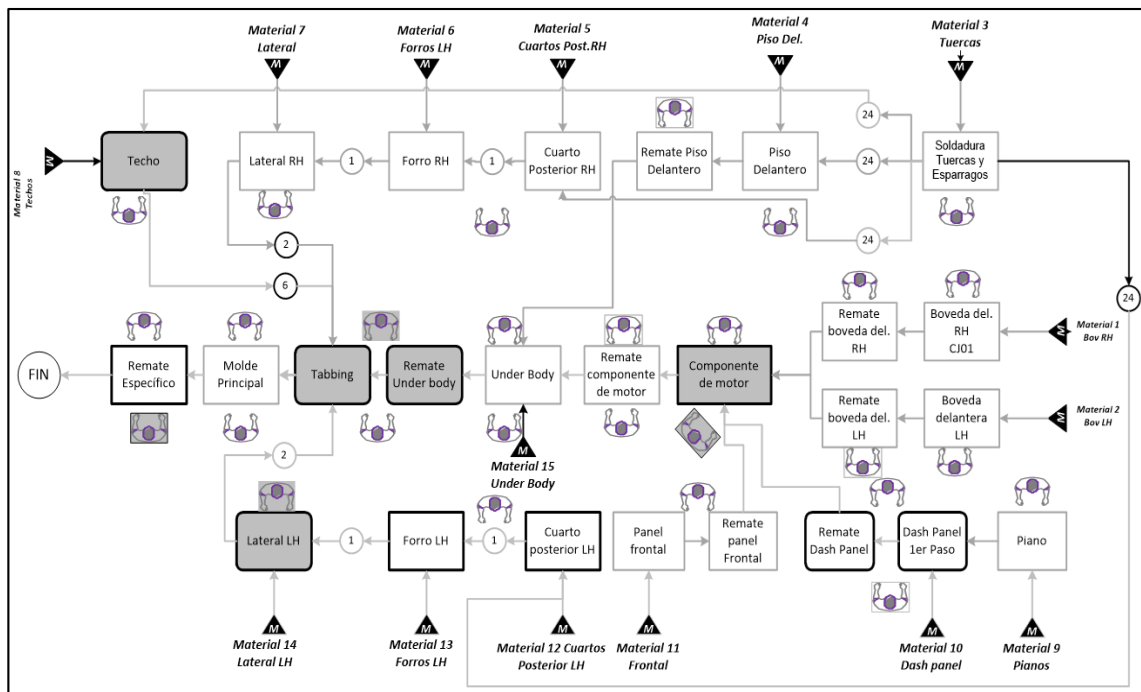


Figura 23. Estaciones de trabajo con oportunidades de mejora celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Patrón de Operación celda Grand Vitara. Respecto al patrón de operación de esta celda es importante considerar que cada vez que la tripulación ingresa a producir en ella, toma a los operadores un tiempo de 10 minutos de traslado desde la celda precedente ya que cada uno de ellos realiza actividades de 5's antes de abandonar su estación y dirigirse a la nueva celda en donde debe realizar el alistamiento de los equipos previo al inicio de producción. Las actividades de preparación están enfocadas a cuidar importantes aspectos de calidad del producto, es decir asegurar que cada uno de los jigs de soldadura se encuentren dimensionalmente correctos y esto se logra realizando una inspección con piezas patrón y validando el jigs. Otra tarea a cumplir es limado o cambio según corresponda de electrodos de soldadura de cada uno de los equipos.

Una vez comprobados los jigs y preparados los equipos de soldadura, es posible iniciar la producción cargando la celda desde las estaciones de sub-ensambles hasta la línea central, este tiempo de llenado 20 minutos es un tiempo importante que necesita ser eliminado o al menos reducirlo para aprovechar la mayor cantidad de tiempo disponible durante la jornada de trabajo.

2.4.3 Celda D-Max. En esta celda se producen todas las versiones de camioneta D-Max que se comercializan en el país. La celda está constituida por 19 estaciones de trabajo y requiere 17 personas para lograr una velocidad de 5 jph. En la figura 24 se muestra el “layout” de la celda con las entradas de material y su posición respecto a la operación se representan con un triángulo negro.

Es necesario mencionar que el balde de las camionetas D-Max es ensamblado externamente por un proveedor subcontratado cumpliendo con todos los estándares de calidad exigidos por la GM-OBB, bajo esta consideración el análisis que se realizará estará enfocado en la fabricación de la cabina de la camioneta.

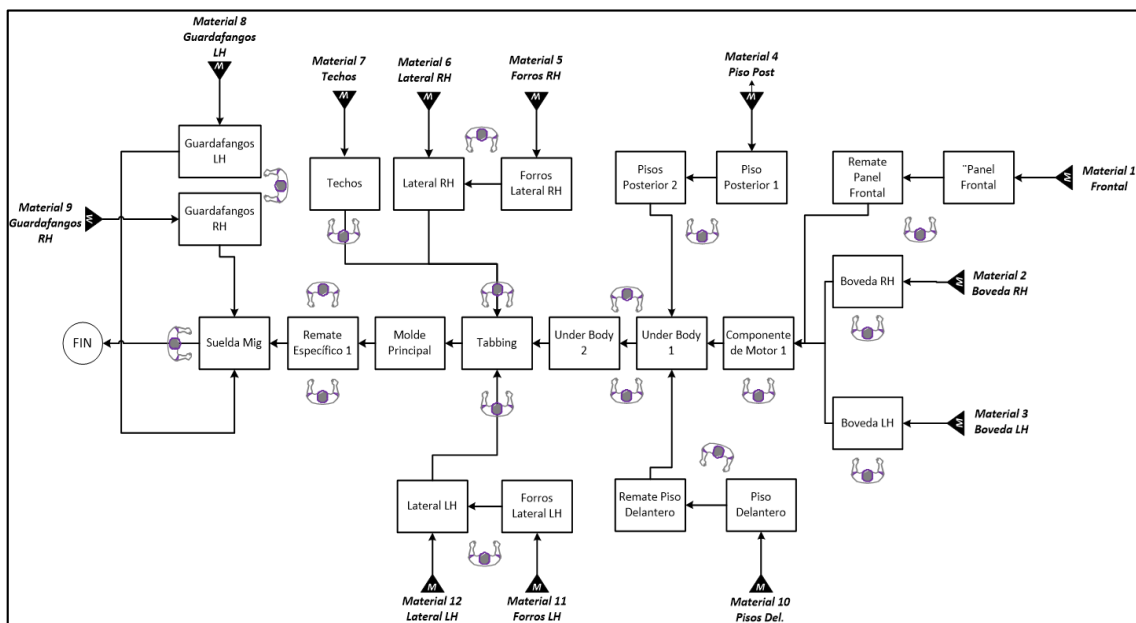


Figura 24. Mapa de proceso celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

A continuación, en la tabla 8 se presentan los principales indicadores de desempeño de la celda D-Max en la condición actual. Como se describió en el apartado esta celda debe incrementar su capacidad de 35 unidades diarias a 40 unidades diarias, lo que significa un incremento de 14.28% de producción. Los resultados mostrados pueden brindarnos una pista importante de las oportunidades existentes en el sistema.

Tabla 8
Indicador de desempeño celda D-Max

D-Max	
Indicador	Métrica
Up time	94,40%
Sigma CT	96,20%
Sigma ET	64,30%
Productividad	3,88%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor.

En la tabla 8 de indicadores y métricas se evidencia que la celda presenta un desempeño adecuado en cuanto a su “Up time” manteniéndose 94.4 % del tiempo disponible produciendo y sin paras, posteriormente analizaremos si hay oportunidad de mejorar este indicador. Los valores de “*sigma*” CT y ET también evidencian un desempeño adecuado sin embargo la métrica de productividad de la celda es relativamente alta y se presenta como una oportunidad que debe ser trabajada.

En la celda de D-Max es importante conocer la capacidad de cada una de las estaciones para cumplir con el tiempo real de operación (ATT), entonces es necesario realizar el levantamiento de los tiempos de operación que cada operador realiza y de igual manera como se realizó en la celda de Grand Vitara, debemos identificar los distintos desperdicios inherentes a la operación como pueden ser movimientos innecesarios, transportes innecesarios de material, otros.

En la figura 25 se puede observar el levantamiento de tiempos de las tareas para cada estación de trabajo y operador, esta información es de suma importancia ya que será una de las principales fuentes de información la misma que servirá para realizar los análisis pertinentes y tomar decisiones sobre hacia donde se deben invertir el tiempo y los recursos en búsqueda de la mejora del proceso.

La tabla completa de tiempos por estación de trabajo para la celda de D-Max, se encuentra en el anexo E, de este documento.

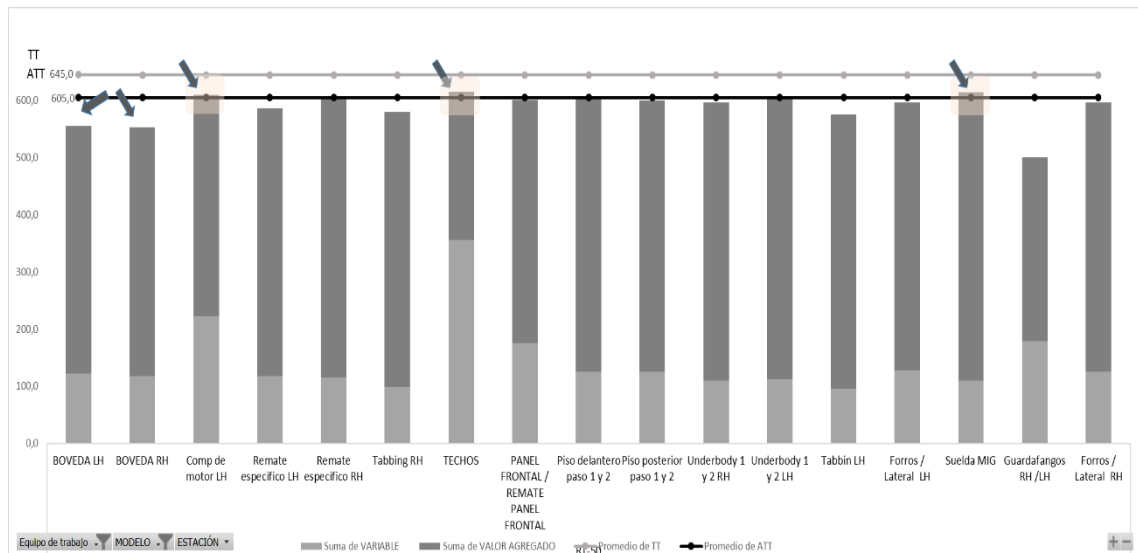


Figura 25. Pared de balanceo celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En la figura 25 se observa que la mayoría de los tiempos en las estaciones de trabajo están muy cercanas al tiempo objetivo del att, esto significa que existe una alta carga de trabajo e incluso en algunas estaciones se observa tiempos superiores al máximo permitido, esto eventualmente significa problemas de capacidad, ya que estas estaciones no logran cumplir con el tiempo establecido y muy probablemente lleguen a parar la línea por falta de tiempo para cumplir con las actividades de operación.

Similar a la decisión realizada en la celda de Grand Vitara, las estaciones bajo los argumentos anteriores, se las considerará como cuellos de botella del sistema.

Las estaciones identificadas son:

1. Componente de Motor.
2. Suelta mig / mag
3. Techos.

En el gráfico de la figura 26 se representan con color gris las estaciones con oportunidades de mejora identificadas en el análisis de tiempos de la tabla

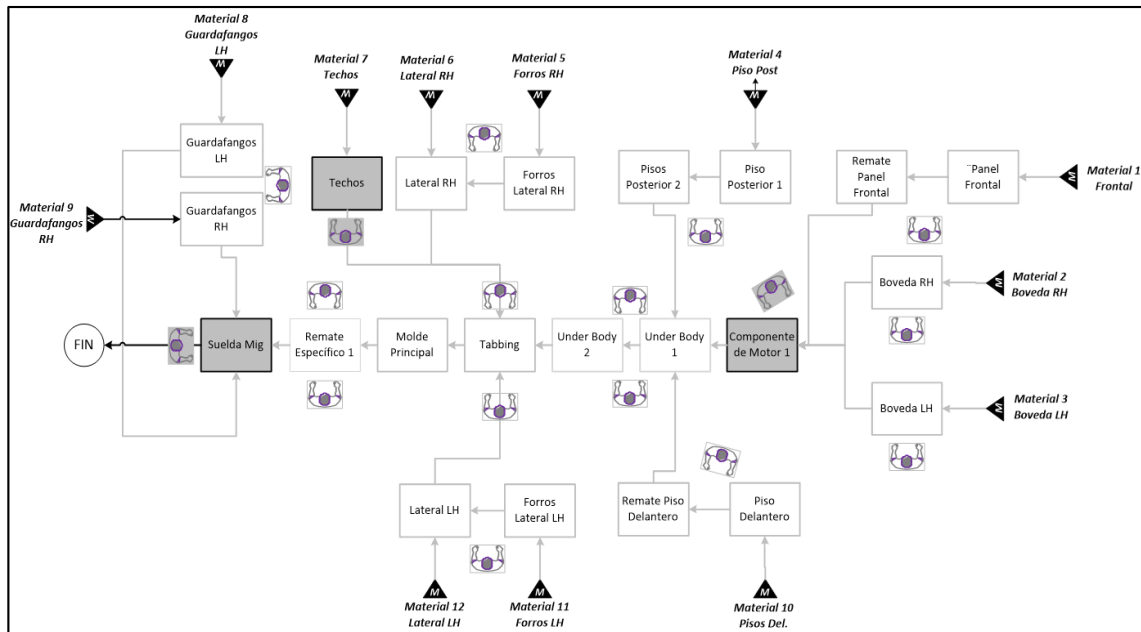


Figura 26. Estaciones de trabajo con oportunidades de mejora celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelta de carrocerías

Elaborado por el autor

Adicionalmente, se puede observar en la gráfica de tiempos que varios de los procesos tienen un porcentaje de tiempos de variable es decir actividades que no agregan valor dentro de los rangos normales los cuales son máximo 40% del tiempo de ciclo según norma de General Motors para una operación manual de soldadura, adicionalmente también se puede mirar que tres estaciones presentan tiempos de ciclo demasiado bajos respecto al ATT lo que se explica como un desperdicio de espera entre procesos, este punto debe ser analizado dentro de las oportunidades de mejora en el proceso.

La pared de balanceo muestra también que la mayoría de las estaciones con problemas de sobrecarga de trabajo están concentradas en la línea central, esto confirma que no será posible realizar movimientos de puntos de una operación a otra ya que en la línea central de la celda todos los puntos son estructurales y difícilmente podrán ser relocalizados hacia otras estaciones.

Otro punto importante y que no es, tan evidente es que al mirar la pared de balanceo se puede establecer que es poco probable lograr una mejora en la capacidad usando solamente estrategias de balanceo de líneas usando como comodín las tres estaciones con

tiempos bajos, más bien la solución al reto planteado para subir la producción de 35 a 40 unidades deberá complementarse a través de mejoras en los equipos, automatizaciones de bajo costo que permitan liberar a los operadores de segundos valiosos durante la ejecución del proceso de soldadura.

Patrón de Operación celda D-Max. La particularidad de esta celda es que el personal se mantiene las 8 horas de producción en la misma celda y si bien, no hay traslado entre celdas, es importante considerar que al soldarse varios modelos en los mismos jigs se ve un efecto de rotación ya que tanto los sub-ensambles como la línea central debe irse liberando del material del modelo que termina y llenándose con el material del modelo nuevo que empieza. En esta celda sucede algo similar a lo que ocurre en la celda de Grand Vitara en cuanto al alistamiento de celda este se hace con cada cambio de modelo, es decir se realiza la verificación de la estabilidad dimensional de jigs con las piezas patrón establecidas y se realiza el limado o cambio de electrodos en los equipos de soldadura según amerite sin embargo no existe desperdicio de tiempo en el llenado de la línea central como ocurre en la celda de analizada con anterioridad ya que, el sistema se comporta como una línea continua respetando el “FIFO” del lote y modelo ingresado, por lo tanto en este caso no será posible usar como estrategia el mejorar los tiempos en el proceso de alistamiento, ya que es de extrema importancia salvaguardar la calidad del producto como resultado de las acciones de preparación.

2.5 Oportunidades de mejora identificadas en el proceso (análisis causa raíz).

Las oportunidades de mejora que se identificaron como consecuencia del mapeo y flujograma del proceso y paredes de balanceo en cada una de las celdas están relacionadas con:

- Excesivo tiempo de traslado y preparación en cambios de celda (10 minutos) para las celdas de pasajeros
- “Downtime” (% de paras) alto.
- Desbalanceo de cargas de trabajo con tiempos muertos o de esperas entre procesos o estaciones de trabajo
- Tiempos muertos o de esperas entre procesos o estaciones de trabajo.

- Identificación de cuellos de botella en el proceso. establecer “buffers” intermedios entre los sub-ensambles cuellos de botella y los procesos en la línea central como se puede apreciar en la figura 23.

2.5.1 *Tiempos de traslado entre celdas por cambio de modelo.* Como se definió con anterioridad debido a los continuos cambios de celda en la línea de pasajeros para cumplir con la secuencia de producción se pierden 10 minutos por cada cambio, y el llenado de línea demora 20 minutos. El análisis para minimizar los tiempos de cambio y carga de las celdas para este proyecto estará enfocado, únicamente hacia la celda de Grand Vitara en la línea de pasajeros, sin embargo, es necesario considerar que un análisis similar podrá aplicarse en las demás celdas de producción con la finalidad de establecer un procedimiento sistémico de cambio.

En la figura 27 se observa un esquema de cambios de celda de manera secuenciada desde la celda de Aveo hacia la celda de Grand Vitara o viceversa.

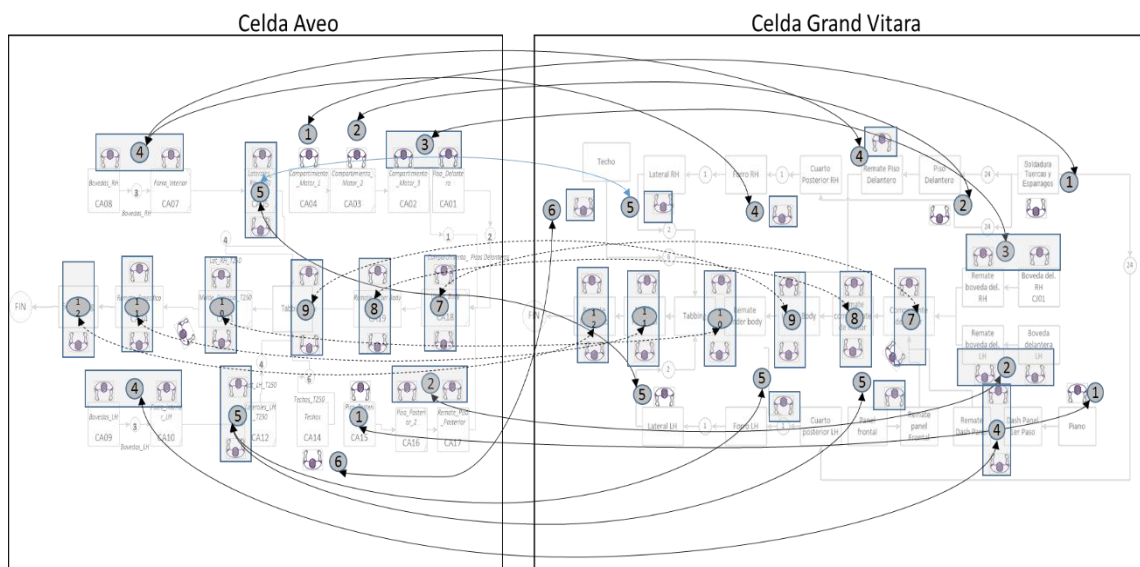


Figura 27. Secuencia de cambio de los operadores entre celdas Aveo - Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En el gráfico de la figura.27 se puede apreciar cómo se van realizando los cambios según el orden numérico presentado, sin embargo, también es importante considerar que esta secuencia no solamente explica cómo se realiza el cambio de los operadores, sino que

también muestra el orden en el que van vaciando las estaciones de la una celda y llenado las estaciones de la siguiente, como se aprecia este cambio es complejo y requiere de una sincronización bastante alta que no se está cumpliendo y en cada cambio se observa demora en casi todas las estaciones por atrasos de los operadores para iniciar la producción en esta celda, si a esto sumamos que ciertas estaciones tienen tiempos de ciclo más altas que otras entonces se generan paras en cascada en las distintas estaciones.

A continuación, se realizará un estudio de análisis de causa raíz para tratar de identificar las condiciones que ocasionan demoras en el cambio de celda de los operadores. Para ello se utilizarán herramientas para solución de problemas y mejora continua como diagramas de Ishikawa, analizando la 6M's combinada con una matriz de impacto de causa y efecto y una herramienta adicional como 5 porqués para intentar descubrir la causa raíz. Es importante recordar que un análisis de causa raíz debe estar bien realizado para descubrir la verdadera razón del problema y eliminarla, de lo contrario el problema se repetirá tornándose en un ciclo vicioso e ineficiente. Para lograr un levantamiento de modo objetivo de las causas de la demora en los cambios se realizó un taller para levantar mediante lluvias de ideas, las causas que tanto los operadores como los líderes del área consideran las más probables,

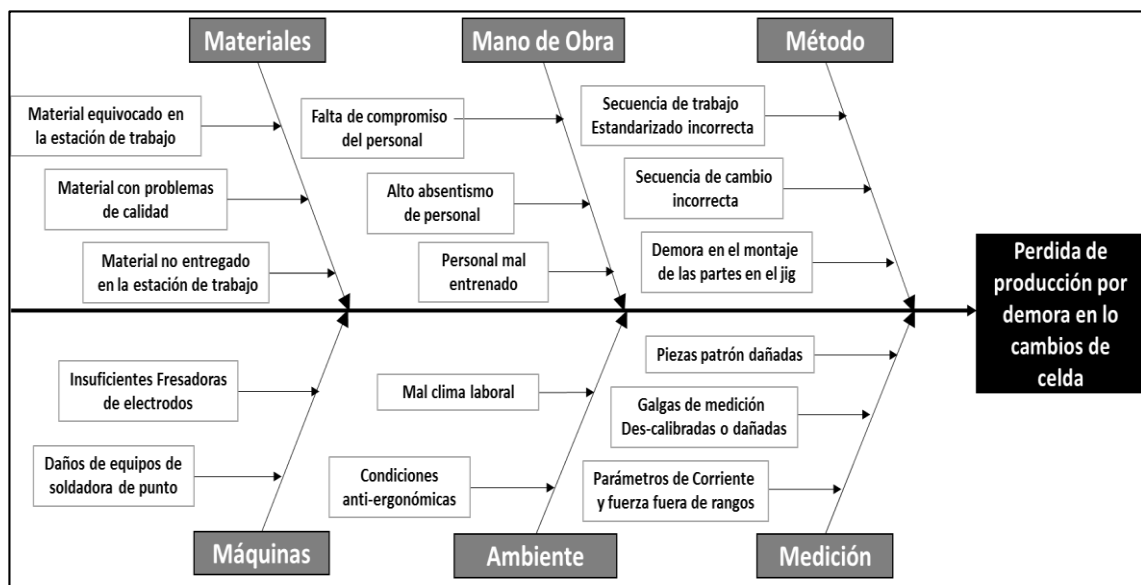


Figura 28. Análisis causa vs efecto

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En la figura. 28 se muestra un primer análisis de las causas que pueden generar las demoras de los operadores en los cambios de celda usando un diagrama de espina de pescado en el que se representan según corresponda la causas por afinidad a cada una de las 6M's. Como se puede apreciar existen muchas causas probables que se están plantean, sin embargo, la intención en este análisis es identificar las principales causas o de mayor impacto que generan las demoras en lo cambios y que al resolverlas permitan mejorar los tiempos de cambio de celda.

Para realizar una adecuada definición de las causas más probables se empleará una matriz de impacto para evaluar el peso de cada una de las posibles causas respecto al efecto obtenido.

Los puntajes y la definición de cada valor que serán utilizados para calificar el peso de las causas analizadas se muestran a continuación:

- 0 = La causa no está correlacionada con el efecto o problema
- 1 = La causa está afecta o contribuye muy poco al problema
- 3 = la causa tiene un efecto moderado en el problema
- 4 = La causa presenta en efecto fuerte y directo en el problema

Los criterios a calificar estarán ordenados según la importancia que el “cliente” en este caso los operadores de línea han considerado necesarios para ponderar el peso de cada uno y son:

- | | | |
|---------------------------------------|-------------|----|
| 1. Reducción de esperas o paras | Ponderación | 10 |
| 2. Reducción de exceso de movimientos | Ponderación | 9 |
| 3. Elimina Procesos innecesarios. | Ponderación | 8 |
| 4. Reduce Transportes innecesarios | Ponderación | 6 |
| 5. Elimina re-trabajos por errores. | Ponderación | 4 |

En el anexo F, se puede observar el ejercicio de evaluación de impacto de las causas vs el efecto, nuevamente para realizar esta valoración se contó con la participación del personal de línea y del liderazgo del área quienes son los que mejor conocen la realidad del proceso.

Como se puede mirar los resultados de la evaluación de la matriz muestra, como las causas de mayor impacto las siguientes:

1. Insuficientes fresadoras de electrodos
2. Piezas patrón dañadas
3. Material no entregado en la estación de trabajo
4. Galgas de medición dañadas para comprobación dimensional.

Por último, una vez que se han determinado las causas de mayor impacto que son las de mayor valor obtenido, se procede a evaluar su practicidad en la implementación, es decir es posible que la solución o eliminación de las causas más relevantes sean demasiado complicadas demandando grandes recursos o también que sean demasiados costosas y no permitan lograr un caso de negocio favorable, es por ello que se realiza una evaluación adicional en función de la matriz de impacto que se muestra en la tabla 9.

Tabla 9
Nivel de implementación e impacto de las acciones

		Impacto	
		Alto	Bajo
Implementación	Fácil	1	2
	Difícil	3	4

Fuente: GM-OBB Ingeniería de procesos suelda carrocerías
Elaborado por el autor

El resultado obtenido del análisis de la evaluación de impacto de las causa vs los efectos se presenta en la tabla 10 donde se muestra que, de las cuatro oportunidades de mejora detectadas, las tres primeras son catalogadas como fáciles de implementar entregando beneficios de alto impacto a la celda de producción por otro lado existe una cuarta oportunidad de mejora que es considerada de alto impacto, pero de difícil implementación ya que las galgas presentan altos precios de compra y adicionalmente estas son importadas tomando entre tres a cuatro meses su llegada, con lo cual se descarta la implementación de acciones correctivas que estén enfocadas en la resolución de ésta oportunidad de mejora.

Tabla 10

Matriz de evaluación de impacto causa vs efecto, celda Grand Vitara.

Matriz Causa & Efecto							
Descripción del Problema							
Rating de importancia para el cliente 		10	9	8	6	4	
		1	2	3	4	5	
 Proceso Enradas (Iniciativas, Proyectos o Actividades)		 Process Salidas (Que queremos mejorar)					
		Reducción de esperas o paras	Reducción de exceso de movimientos	Elimina Procesos innecesarios.	Reduce Transportes innecesarios	5. Elimina re-trabajos por errores.	Total
							Impacto / Calificación de
10	Insuficientes Fresadoras de electrodos	9	9	6	9	3	285 1
14	Piezas patrón dañadas	9	3	6	3	9	219 1
3	Material no entregado en la estación de trabajo	9	3	1	9	9	215 1
15	Galgas de medición dañadas para comprobación dimensional	6	9	3	6	9	237 3

Fuente: GM-OBB Ingeniería de procesos suelda carrocerías

Elaborado por el autor

Las soluciones a estos problemas presentados se plantearán en el capítulo 3 de este proyecto de estudio.

2.5.2 “Downtime” (% de paras) alto. Cuando la celda de Grand Vitara ya está operando es decir se cumplió el proceso de cambio y carga del sistema entonces se presentan paras propias del proceso que no son programadas y que generan pérdidas de producción, estas paras se expresan y se miden mediante un indicador de desempeño conocido como “Downtime”.

En la tabla 4 el “downtime” promedio de la celda de Grand Vitara en las últimas 3 semanas es de un 11,00% lo que significa que del tiempo perdido en esta celda si se produce todo el día equivaldría a 2772 segundos de para, si realizamos la transformación de estos 2772 segundos, multiplicándolos por la velocidad actual que es 11,00 jph y dividiéndolos para 3600 segundos que tiene una hora se identifica que diariamente se pierden aproximadamente 8 unidades debido a paras no programadas. Por lo tanto, si se lograría identificar la causa raíz de aquellas condiciones top de paras de planta, entonces podemos entender el potencial de mejora que es posible alcanzar en esta celda. Para realizar el análisis de las oportunidades de mejora en cuanto al “Downtime”, se usará base el registro de paras general del área donde se anotan todos los datos necesarios para dar trazabilidad al sistema en este se registran el nombre de las celdas, las estaciones, y el

tiempo perdido, la fecha de la para entre otros, estos datos serán analizados usando un diagrama de Pareto para trabajar sobre el 20% de las causas que generan el 80% de las paras.

En el anexo G, se presenta una muestra de la base general de paras en donde se registran todas las paras generadas en cada una de las celdas y cuyos datos serán analizados identificando paras de mayor impacto y que deben ser resueltas para obtener un incremento en la capacidad de esta celda. La meta que se establece para mejorar el *downtime* es llegar a un nivel de al menos igual al 7% o menos si es posible.

El resultado final del análisis de Pareto se puede observar en la figura 29 donde se aprecia que son tres las estaciones donde están concentrados el 80% de las paras de toda la celda y sobre las cuales es necesario trabajar para mejorar su desempeño.

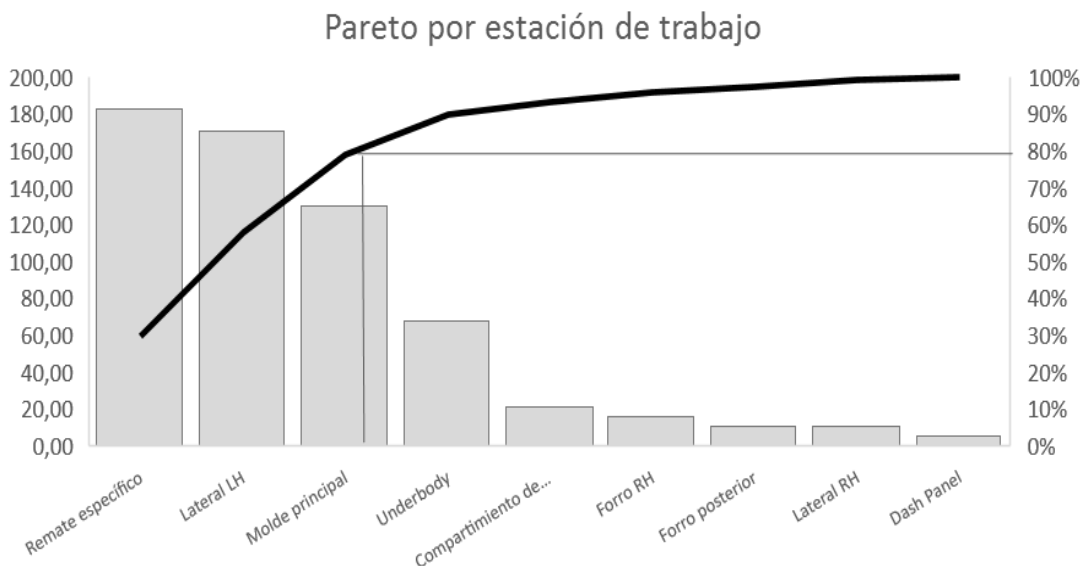


Figura 29. Pareto por estación de trabajo celda Grand Vitara
Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

Ahora sabemos que las estaciones de remate específico, laterales lh y molde principal son aquellas con mayor cantidad de tiempo perdido por paras, sin embargo, este resultado si bien nos permite orientarnos hacia donde apuntar todavía se debe indagar con mayor profundidad cuales son las causas que están generando las paras en esas estaciones

específicamente. Para ello no valemos de la misma base de paras donde se encuentra descrito con mayor detalle mayor las causa de la paras. Antes de iniciar con el análisis se pudo observar que para la estación de laterales lh, se presentan una única para de 170,54 minutos la misma que, al ser puntual y al haber sido ya resuelta por los responsables del área no será motivo de análisis y resolución en este estudio.

2.5.2.1 *Remate Específico*. Para la estación de remate específico que es la que más tiempo de paras total muestra con un total de 182,17 minutos en las últimas tres semanas, es necesario analizar el detalle de los eventos ocurridos para encontrar las causas de los problemas. En la tabla 11, se presentan los eventos de paras y su afectación con los tiempos de perdida.

Tabla 11
Paras celda Grand Vitara

Eventos de Paras - Estación de Remate Específico	
Evento	Tiempo de para
Daño de Hemming RH	47,80
Evacuación por conato de incendio circuito en SHUNT de multigum LH	31,01
ELPO no recibe unidades acúmulo lleno	20,67
Acumulo lleno por falta de pernos para colocación de paneles AVEO	15,50
Daño equipo C23 daño de empaques de cilindro	15,50
Daño de botonera en la pistola de remate específico	10,34
Pistola del equipo C 26	10,34
Daño en pintura no recibe unidades	5,17
Falla de cargobus # 5 transporte	5,17
No se registran paras en libro de producción	5,17
Pistola del equipo C 26 desalineada	5,17
Reunión con Equipos de trabajo en el centro de gestión	5,17
Daño equipo C23	5,17
TOTAL	182,17

Fuente: GM-OBB Control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor.

En la tabla 11 se puede apreciar una gama de eventos con distintos tiempos de afectación es por ello que con el fin de asegurar que se atacarán a aquellas causas de mayor impacto sabiendo que los recursos son limitados utilizaremos un análisis de Pareto como se observa en la figura 30, buscando identificar en que 20% de las causas, están el 80% de los problemas a resolver.

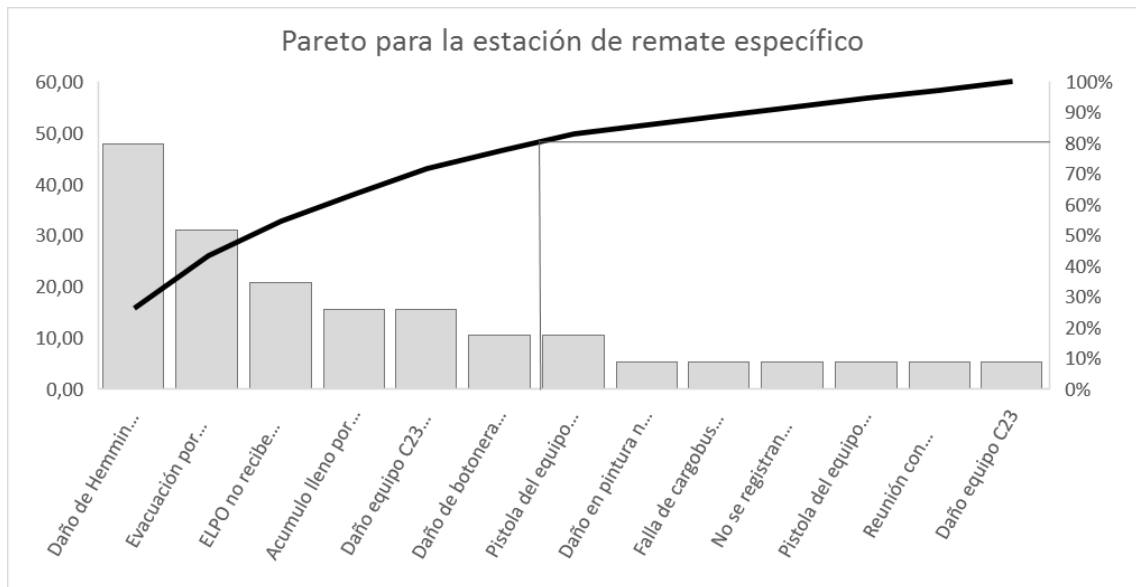


Figura 30. Pareto por evento estación remate específico celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

El 80% de los problemas están concentrados en 6 causas sin embargo de éstas se descartan tres de ellas por tratarse de eventos puntuales no repetitivos y además 2 de ellas no son propios del área, sino que corresponden su solución al área de Pintura. Las tres restantes causas, están relacionadas con daños de equipos como el “hemming”, el cual es un dispositivo para realizar el dobles de los guardafangos de las unidades, la segunda causa de para con más impacto es el daño del equipo de C23 de soldadura, este equipo es usado para colocar puntos de soldadura finales en la carrocería en lugares donde el molde principal no puede hacerlo., finalmente la tercera causa de para esta relacionada a la botonera de la pistola de remate específico, al revisar la descripción de está para esta claro que la para esta relacionada con la anterior ya que esta botonera es parte constitutiva del equipo de C23, bajo estas consideraciones las acciones que se deben plantear para solucionar estos problemas deberán abordar las siguientes puntos:

1. Daño del “hemming” lh
2. Daños pistola C23

2.5.2.2 *Molde Principal*. En el apartado 2.3.1 se realizó una rápida descripción de la estación sin embargo es importante para avanzar en el análisis de causas raíces explicar con mayor detalle el proceso general que se realiza en ésta estación en especial. Los sub-ensambles antes de ingresar al molde principal son unidos en la estación de tabbing mediante grampas o pestañas para sostener la carrocería armada para luego ingresarla al molde principal que es la penúltima estación dentro del proceso de soldadura de una carrocería y su importancia dentro del proceso radica en que, es en éste jig donde se realiza la unión de los principales sub-ensambles de la unidad como son; el “under body”, los laterales derecho e izquierdo, así como el rematado del techo contra los laterales. Otro punto importante a considerar es que esta estación marca el ritmo de toda la celda, por lo general ciertas paras en estaciones de sub-ensambles son absorbidas por los acúmulos de material en proceso, sin embargo, para el molde principal debido al gran volumen de la carrocería no es posible tener un acúmulo, por lo tanto, una para en el molde principal es una pérdida directa al “throughput” del sistema. En el anexo H, se presenta una imagen del molde principal de la celda de Grand Vitara

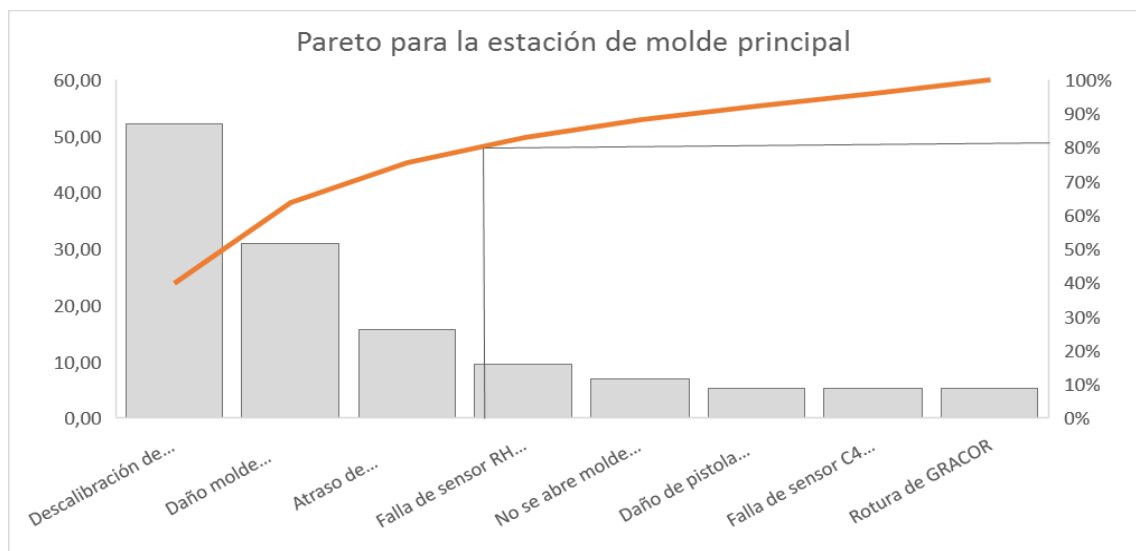


Figura 31. Pareto por evento estación molde principal celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Con los resultados obtenidos en la fig 31, tenemos que existen tres eventos que generan y son responsables del 80% de las paras en esta estación. Al realizar el análisis de las

causas, se descarta la segunda posible causa ya que esta es puntual y fue resuelta dentro del proceso de solución de problemas del área. Para el problema de des-calibración de sensor y atraso operador es necesario realizar un estudio ya que en estos dos casos las paras no son puntuales y de hecho se repiten en el tiempo con intervalos cortos de falla es por eso que no han sido identificadas y resueltas por el área de control de producción, sin embargo, como vemos la misma para se ha repetido en varias ocasiones durante el último trimestre.

Des-calibración del sensor de presencia molde principal. Cuando la unidad ingresa al molde los dos orificios del piso delanteros y los dos del piso posteriores se asienta sobre las torres de la mesa del molde principal, en ese momento las muelas de choque de cada pin se abren y presionan al piso de la carrocería contra la mesa para fijar la carrocería. Cuando esto sucede, los sensores inductivos ubicados en cada una de las torres deben censar la presencia de la carrocería y solo entonces permitir el cierre del molde si uno de estos sensores no se activa no se produce el cierre y eso genera la para de producción. En la figura del anexo I, se pueden observar los elementos descritos.

La principal causa de las paras esta detallado por los operarios en la base de paras como des-calibración del sensor de presencia de la unidad en el molde principal, sin embargo, el primer paso para atacar un problema es una correcta definición y descripción del problema con el fin de orientar de mejor manera la solución al mismo ya que en este caso no se detalla cuál de los sensores de los cuatro existentes, dos delanteros lh y rh y dos posteriores lh y rh es el involucrado en el evento de para.

Para entender el problema con más profundidad se aplicó una de las técnicas más sencillas para solución de problemas y que fue aplicada por el mismo Taiichi Ohno, el **ir y ver**. Durante la observación realizada, los operarios del molde informan, que las paras por este evento son bastante repetitivas y que, con la finalidad de minimizar el tiempo perdido han optado por asistir a la zona de la falla ubicada el sensor delantero lh y mover la unidad manualmente hasta que el sensor de presencia se active y ordene cerrar el molde, todo esto sucede sin haber informado del problema en especial al área de mantenimiento. Esto explica porque muchas de las paras que se han presentan no han sido registradas en el control de paras y por lo tanto no se había considerado esta condición como un problema crónico. Ahora que se conoce realmente cual es el problema es necesario entender porque

el sensor falla, es decir la verdadera causa raíz y para ello se establecen en conjunto con el área de mantenimiento una lista de verificación y se coordina fecha y recursos asignados para realizar una revisión de los distintos modos de falla posibles. En la tabla 12, se muestra la lista de verificación diseñada y aplicada para realizar una inspección y registrar los hallazgos encontrados por el equipo de mantenimiento que realizó la tarea.

El lector al leer la descripción del problema seguramente concluyó tempranamente al igual que el equipo que realizó el análisis inicial que la causa raíz del problema se encontraba en algún elemento constitutivo del sistema del sensor, pero los resultados de la revisión hecha demuestran que el sensor y sistema no son la causa raíz y no muestran alguna condición fuera de lo normal a excepción de la observación del ruteo de los cables del sensor lh, que no es causa del daño pero que si debe ser corregida de manera preventiva. En la vida real no siempre lo más obvio es realmente la causa raíz y en este caso, el análisis se vuelve más complejo considerando que existen varios componentes involucrados en el fallo por lo que se requiere el uso de herramientas de solución de problemas más potentes, que permitan realizar el análisis de una manera ordenada y sistémica la condición de falla.

Tabla 12
Lista de verificación de modos de falla, sensores molde principal celda Grand Vitara

LISTA DE VERIFICACIÓN DE MODOS DE FALLO SENSORES DE PRESENCIA MOLDE PRINCIPAL					
Ítem	Modo de fallo a revisar	Responsable	Tiempo asignado	Condición	Observaciones
1	Sensor dañado / golpeado	José Delgado	15 minutos	OK	Se realiza el bloqueo y etiquetado del molde y se procede a realizar una revisión visual del sensor posterior del molde. Se verifica que el sensor se encuentra físicamente en buenas condiciones, no muestra daños en su exterior y reacciona a la presencia de un metal simulando la presencia de la carrocería
2	Sensor de presencia sin alimentación de energía	José Delgado	10 minutos	OK	Se mide la alimentación de energía de 24V de corriente continua se evidencia voltaje en el equipo
3	Sensor des-calibrado	José Delgado	10 minutos	OK	Se valida la calibración del sensor de presencia tomando como referencia la especificación del sensor con un rango de detección de hasta máximo 10 mm. El resultado de la prueba es positivo el sensor no está des calibrado
4	Sensor con interferencia de otras partes.	William Chicaiza	20 minutos	NOK	Se realiza activación de los sensores desde la laptop para observar el cierre y apertura del molde no existe presencia de objetos extraños que interfieran en el trabajo del sensor. Se detecta un riesgo de daños de los cables del sensor por un ruteo incorrecto pudiendo generar un atrapamiento de los cables durante el recorrido de los laterales del molde. Esta observación no es causa de la falla pero debe ser resuelta de manera preventiva para evitar daños posteriores.
5	Sensor no envía señal de presencia al PLC del molde principal	William Chicaiza	35 minutos	OK	Se revisa señales on /off enviadas por el sensor hacia el PLC las señales están presentes

Fuente: GM-OBB Mantenimiento suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

Para identificar la causa raíz se aplicará un diagrama de estrategia que se muestra en la figura 32. El diagrama de estrategia junto con otras herramientas permitirá identificar entre las distintas variables la verdadera causa raíz que genera el problema.

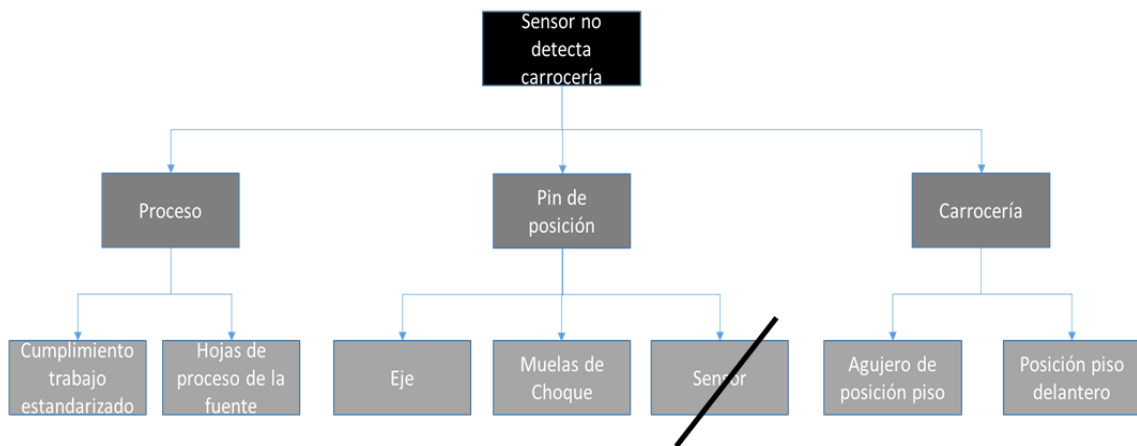


Figura 32. Diagrama de estrategia molde principal celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En este diagrama de estrategia se listan todos los componentes relacionados con el problema, en la figura se ha tachado el componente sensor ya que este fue descartado según el análisis realizado en el apartado anterior. La gráfica de la figura 32 muestra que existen varias posibles causas raíces, pero también permitirá direccionar el análisis de manera lógica de cada una de ellas.

Para iniciar el análisis y por considerarse como fácil y rápido de revisar se puede empezar a estudiar la línea de proceso dentro del diagrama de estrategia la misma que está compuesto por dos posibles causas; hojas de proceso de la fuente y el incumplimiento del trabajo estandarizado. Las hojas de proceso son aquellas instrucciones para realizar el proceso de soldadura enviadas por la fuente de diseño del vehículo generalmente escritas en inglés y que son traducidas al español e interpretadas, para ser adecuadas a las hojas de trabajo estandarizado de planta, que son el documento que baja a piso y sirve de guía a cada operador para la ejecución de su trabajo. En este caso se realiza una comparación entre la hoja de proceso y la hoja de trabajo estandarizado buscando encontrar diferencias

entre los dos documentos entendiendo que la hoja de proceso de proceso subordina a la de trabajo estandarizado. La comparación muestra que los documentos son similares y que la hoja de trabajo estandarizado describe la operación como lo requiere la hoja de proceso.

Ahora ya sabemos que tanto las hojas de proceso como las instrucciones de trabajo estandarizado son las correctas, por lo tanto, es necesario asegurar que estas instrucciones sean cumplidas por los operadores. Entonces para el caso del molde para remate de “under body” y el molde principal, se realizan auditorias del cumplimiento de trabajo estandarizado a los cuatro operadores en cada una de las estaciones conforme van realizando la rotación. El resultado de la auditoria muestra que todos los operadores realizan de una manera acertadas su trabajo en cada estación, presentando una variación menor al 5% de diferencia respecto a los descrito en el trabajo estandarizado. Por lo tanto, se descarta la rama de proceso como causa raíz del problema. En este punto y como se ve en la figura 33, hemos descartado tanto la documentación de instrucciones de trabajo, así como el cumplimiento de la secuencia de trabajo por parte del operador.

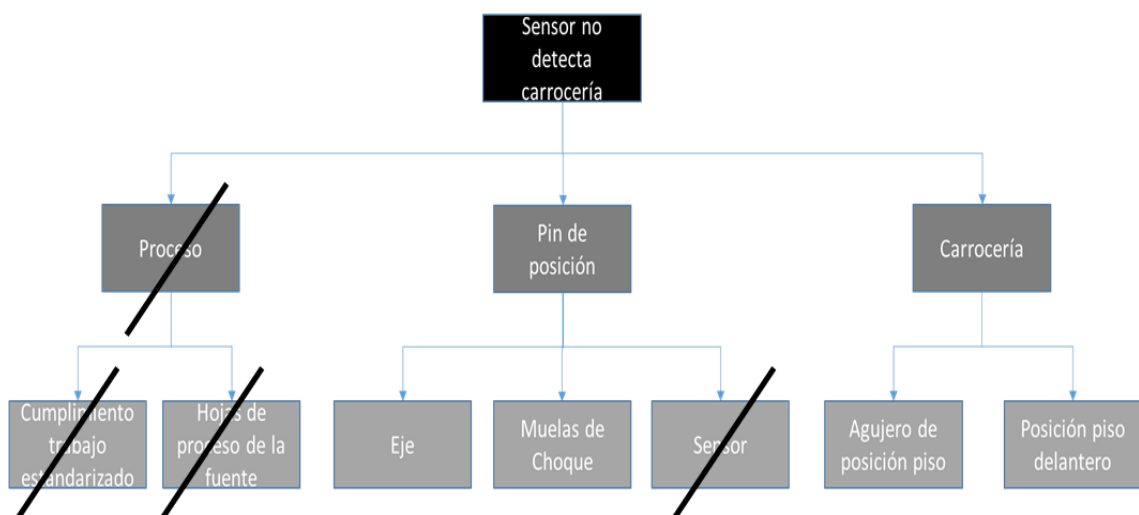


Figura 33. Diagrama de estrategia molde principal eliminación de causas

Celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Para realizar el análisis del componente carrocería, se solicita a Control de producción separar del lote una unidad sin problema y cuando exista una con falla separarla también. Las dos carrocerías serán sometidas a un ejercicio de comparación.

Para descartar o confirmar la posición del piso delantero se realiza una medición del sub-ensamble usando un brazo faro, este es un equipo de medición que permite verificar fácilmente la calidad de productos llevando a cabo inspecciones 3D y análisis dimensionales, de las carrocerías y todos sus subconjuntos. En el anexo J, los resultados de la medición realizada al subconjunto piso. El resultado de la medición muestra que la posición del piso presenta todas sus coordenadas dentro de especificaciones, por esta razón descartamos la posición del piso delantero como causa raíz.

Descartada la posición del piso como causa raíz es necesario analizar el siguiente componente que puede influir en el problema y es el agujero lh en el piso donde ingresa el pin de posición para realizar un correcto asentamiento de la carrocería en la mesa del molde, la intención es descartar la posibilidad de que exista variación en el diámetro del agujero lh, para ello se realizará una medición del diámetro de del agujero en varios pisos usando un calibrador o pie de rey digital. Para realizar la medición se solicita al área de Manejo de Materiales el adelanto de 14 lotes de pisos y se toma cinco muestras por cada lote. En el anexo K, se presentan los resultados de la muestra tomada en los agujeros de 70 pisos. Con esta información podemos realizar un análisis de la capacidad del proceso y mirar si existe evidencia de que algunos agujeros lh de los pisos están presentando una variación más allá de las especificaciones las cuales son:

Límite de especificación superior (LES): 49 milímetros

Límite de especificación inferior (LEI): 52 milímetros.

Si el agujero en análisis presenta un diámetro menor al LEI entonces el piso no podrá asentarse en el pin y el sensor no lo detectaría, por el contrario si el agujero es mayor al LES, el piso se asentará en el pin, pero las muelas de choque que son los seguros que se cierran una vez asentado el piso y que permiten fijar el piso a la mesa del molde no podrán cerrarse y presionar el piso con la mesa para evitar movimientos de la carrocería mientras se realiza la soldadura.

Los resultados de la medición del diámetro de los agujeros son sometidos a un análisis de “capability six pack” en Minitab ya que está permite someter las muestras a todas las herramientas de normalidad y de control junto con la capacidad de proceso en un solo gráfico y cuyos resultados pueden ser analizado en búsqueda de confirmar si el proceso de generación del agujero del piso está controlado y es capaz. En la figura 34 se observa la gráfica de “capability six pack” para los datos del anexo K.

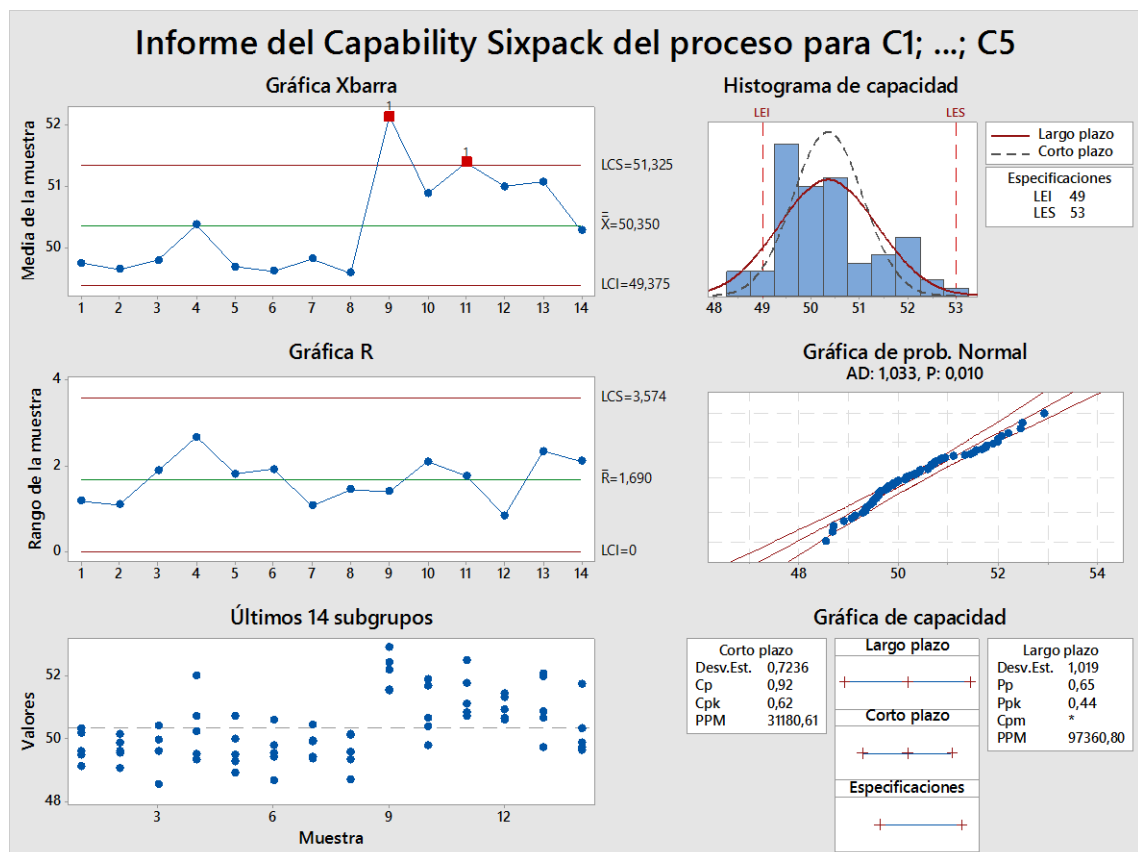


Figura 34. “Capability six pack” para agujeros piso de la carrocería

Fuente: GM-OBB Ingeniería de procesos suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En la gráfica de control para la media de las muestras se ve que el proceso de troquelado del agujero no es estable y no está controlado ya que dos puntos salen fuera de los límites de control, la gráfica del rango muestra los rangos de cada subgrupo sin embargo en este caso los rangos se encuentran dentro de los límites de control, los resultados en los indicadores de capacidad de proceso $CP = 0.92$ y $Cpk = 0.76$ están por debajo de del 1.33

y 1.25 respectivamente, por lo tanto el proceso muestra mucha variabilidad y como se observa en el histograma de capacidad este, está descentrado es decir, el valor de la media es menor al valor objetivo o especificación inferior lo que indica que algunos de los agujeros presentan un diámetro menor al de la especificación mínima y por lo tanto no logra ingresar en el pin de soporte, también se observa que el proceso de troquelado en menor proporción también puede generar productos con medias superiores a la especificación y en este caso las muelas de choque al abrirse no alcanzan a tomar el piso para fijarlo.

Con los resultados obtenidos podemos concluir que el agujero donde se asienta el pin de soporte es la causa más probable. El proceso de conformado para hacer el agujero no está controlado y no es capaz, es por esta razón que existen algunas carrocerías que no asientan correctamente en el pin y en la mesa del jig de soldadura.

En este punto se podría no hacer nada respecto a los dos componentes faltantes en el diagrama de concentración que son el eje o pin y las muelas de choque, sin embargo es importante analizarlos y entender si estos podrían ser considerados como otras causas raíces, o que aporten a agudizar aún más el problema, para ello se realiza, un intercambio de pines y muelas de choque, las del lado izquierdo se cambia al lado derecho y el derecho al izquierdo y se procede a realizar el asentamiento de las dos unidades que fueron separadas para el análisis, el resultado es el esperado con los pines cambiados, las carrocerías presentan el mismo comportamiento que antes del cambio la unidad mala sigue siendo mala mientras que la buena sigue siendo buena, adicionalmente se realizó la medición del piso de la carrocería que asentó correctamente con un valor de 50,7456 milímetros mientras que el agujero de la carrocería que no asentó correctamente presentó un valor de 48.6247 milímetros fuera del límite de especificación inferior (LEI).

Finalmente, el diagrama de estrategia termina descartando los demás variables o modos de falla, la figura 35 muestra el desarrollo del diagrama, hasta concluir como causa raíz la variación del diámetro del agujero del piso.

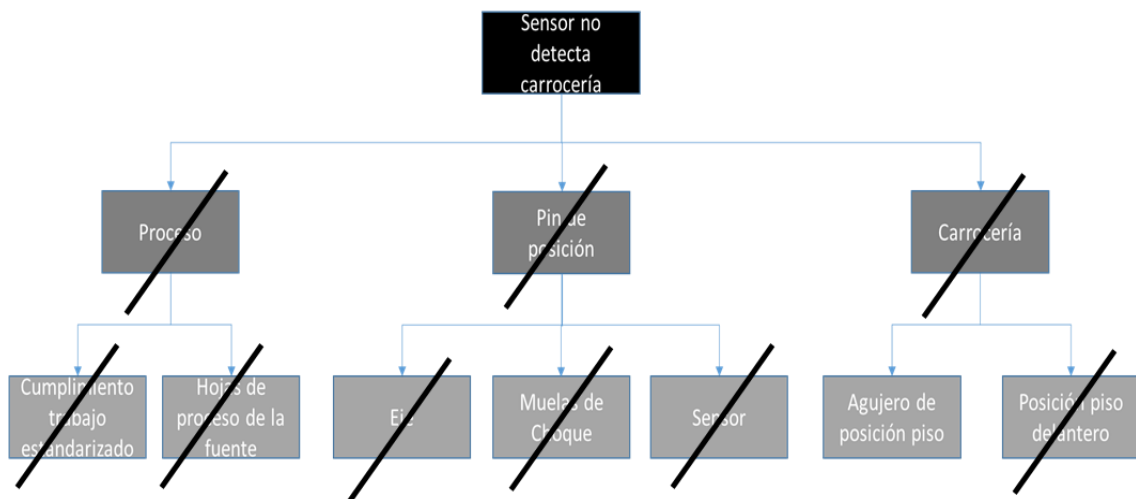


Figura 35. Diagrama de estrategia molde causa raíz celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Atraso operador molde principal. Recordemos que la intención de trabajar en encontrar la causa raíz de este problema es que al igual que en el caso anterior, este problema es repetitivo y a lo largo del tiempo ha venido mermando la capacidad de la producción de la celda. En el apartado anterior se realizando una auditoría de trabajo estandarizado donde se evidenció que todos los operadores involucrados en el trabajo del molde conocen toda la secuencia de trabajo que deben cumplir por lo tanto vamos a descartar la falta de entrenamiento como una causa probable. Al revisar el registro de paras de producción se analizan las fechas de los eventos de para y se contrasta con el registro de asistencia de esos días, encontrándose qué debido a la ausencia de uno de los operadores por permiso, el líder de equipo ingreso a cubrir la posición de dicha persona y fue este quien generó el atraso y demora registrados.

Para confirmar está esta hipótesis se realiza una auditoria de cumplimiento de trabajo estandarizado, similar a la realizada a los operadores de las estaciones

El resultado de la auditoria muestra que, el let cumple el 87 % de la secuencia de trabajo estandarizado en las 2 estaciones de molde principal, razón por la cual cuando ingresa a producción se presentan retrasos en la operación. Para profundizar más y en encontrar la verdadera causa raíz se usará un análisis de cinco ¿por qué? el mismo que se presenta en la tabla 13.

Tabla 13
Análisis 5 por qué?

Análisis 5 ¿por qué?

Descripción del problema: Líder de equipo de trabajo genera retraso en la operación
--

¿Por que el líder de equipo de trabajo genera retraso en la operación?

Por que el líder de equipo de trabajo no cumple con la secuencia de trabajo estandarizado

¿Por que el líder de equipo de trabajo no cumple con la secuencia de trabajo estandarizado?

Por que no recuerda la secuencia de pasos en las operaciones de molde principal

¿Por que no recuerda la secuencia de pasos en las operaciones de molde principal?

Por que no ha ingresado a línea durante 4 meses

¿Por que no ha ingresado a línea durante 4 meses?

Por que no existe una plan de rotación para líder de equipo para asegurar mantener el conocimiento y el ritmo de trabajo

Causa raíz: No existe una plan de rotación para líder de equipo para asegurar mantener el conocimiento

Elaborado por el autor.

Al desarrollar la herramienta de 5 ¿por qué? como se muestra en la tabla 13 es evidente que la causa raíz que genera el retraso del operador no es en realidad el incumplimiento de la secuencia de trabajo, tampoco es el no recordar la secuencia de trabajo ni que en los últimos cuatro meses el operador no hay ingresado a la línea en realidad todos estos son efectos y no causas. La verdadera causa de los retrasos y un ritmo bajo de trabajo se debe a que no existe un plan de rotación para los líderes de tal manera que le permitan refrescar su conocimiento y mantenerse actualizado respecto al trabajo estandarizado o secuencia de trabajo. El lector podrá pensar que este hecho descrito no es importante sin embargo al analizar con más profundidad lo ocurrido podemos darnos cuenta que esto puede suceder no solo a este equipo de trabajo sino a cualquier otro equipo, convirtiéndose en un problema no puntual sino sistémico, maximizando los riesgos de falla e involucrando no solo la producción sino la calidad y sobre todo la seguridad de los operadores. Por lo tanto, los planes de acción deberán estar orientados a atacar la causa raíz definida.

2.5.3 *Desbalanceo de cargas de trabajo.* Como se observa en las paredes de balanceo de las figuras 22 de las celdas tanto de Grand Vitara, así como en la figura 25 de la celda

de D-Max, existe un desbalanceo en la carga de trabajo de las estaciones, se presentan cargas alta e incluso superior al ATT establecido y otras que se encuentran por debajo de este tiempo, evidenciando tiempo de espera o tiempos muertos en los que los operadores no hacen nada. Entonces para muchos el primer paso a ejecutar podría ser realizar movimientos de puntos de soldadura de las estaciones con alta carga hacia las estaciones con baja carga, sin embargo, esto no sería lo correcto ya que es importante considerar que la secuencia del proceso de soldadura mostrado en los apartados anteriores es mandatorio con la finalidad de asegurar la calidad estructural del vehículo. Por lo tanto y como se mencionó con anterioridad, cualquier balanceo de puntos de soldadura en el proceso deberá estar atado a un análisis de previo de puntos de suelda estructurales.

Una mejor alternativa para mejorar los tiempos de aquellas estaciones con tiempos altos de trabajo será estudiar los tiempos y movimientos de los operadores en búsqueda de los desperdicios que pueden ser eliminados o reducidos mejorando el tiempo de ciclo de esas operaciones que fueron identificadas en el apartado 2.4 de este estudio. Es importante considerar también que, el atacar las causas de las paras estamos trabajando en la mejora de la productividad del área que es medida en horas-hombre pagadas por unidad producida.

Para comprender la metodología de análisis es prudente desglosar la teoría que será utilizada para dicho análisis, entonces como se puede observar en la figura 30, el tiempo de trabajo o tiempo de ciclo (TC) de un operador en una estación de trabajo está compuesto por 2 variables la una conocida como BEC por sus siglas en inglés (“Basic Engineering Content”) y que significa contenido básica de ingeniería, es decir el tiempo empleado para realizar actividades que agregan valor en la producción de un vehículo, visto desde el punto de vista de un cliente, como ejemplo de ello tenemos; aplicar el punto de soldadura, realizar el cordón de soldadura, aplicar los cordones de sellante estructurales. El segundo componente es conocido como tiempo variable este tiempo está fuertemente relacionado con los desperdicios en el proceso es decir el tiempo de las actividades que son parte del tiempo de ciclo pero que no agregan ningún valor al cliente. Entre los tiempos que se consideran en esta variable tenemos, tiempos de caminar del operador ya sea para tomar las piezas o posicionarse para soldar, el tiempo usado para colocar las piezas, los tiempos usados para tomar la pistola y acomodarla antes de dar el punto de soldadura, toda actividad de auto-inspección entre otras.

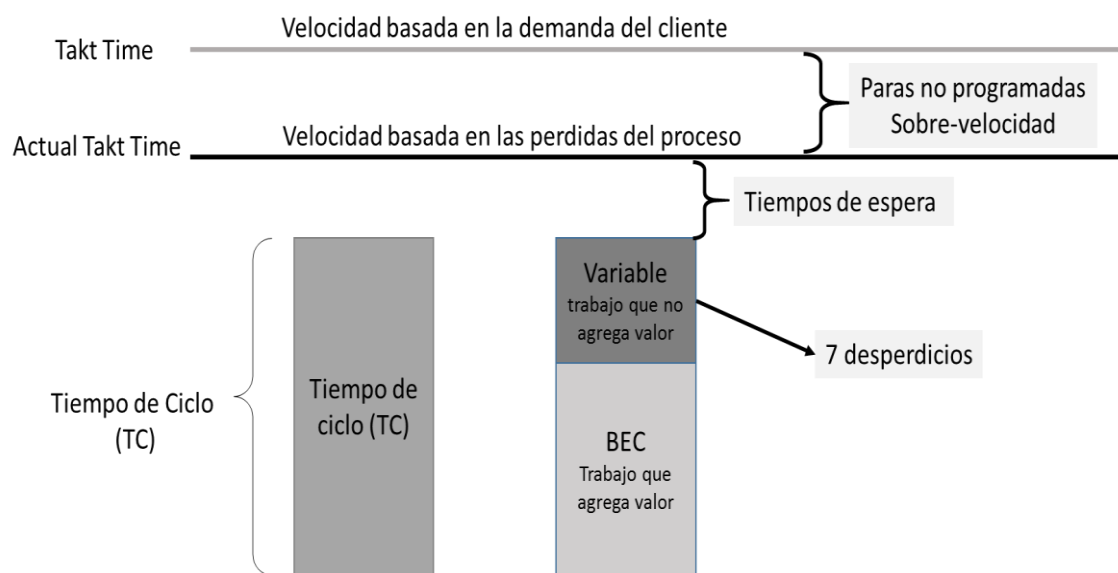


Figura 36. Composición del tiempo de ciclo (CT)

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

De la figura 36 se desprende también otros tipos de desperdicios adicionales a los mostrados en la variable, entre los desperdicios que se evidencian están; el tiempo de espera es decir que la operación termina antes que el “takt time”, también se observa un desperdicio más que vuelve ineficiente la operación como son las paras no programadas, estas paras conllevan un incremento en la sobre-velocidad del sistema por lo tanto se puede decir que estas son proporcionales, a mayor paras mayor sobre-velocidad y por tanto más recursos son requeridos volviendo improductiva la operación.

Para la celda de Gran Vitara se definieron dos estaciones de trabajo con tiempos de ciclo superiores al ATT requerido y dos estaciones con tiempos iguales o muy cercanos al Att en total se identificaron cuatro estaciones sobre las cuales se trabajará para encontrar un balance de carga efectivo y son aquellas que se muestran en la figura 37.

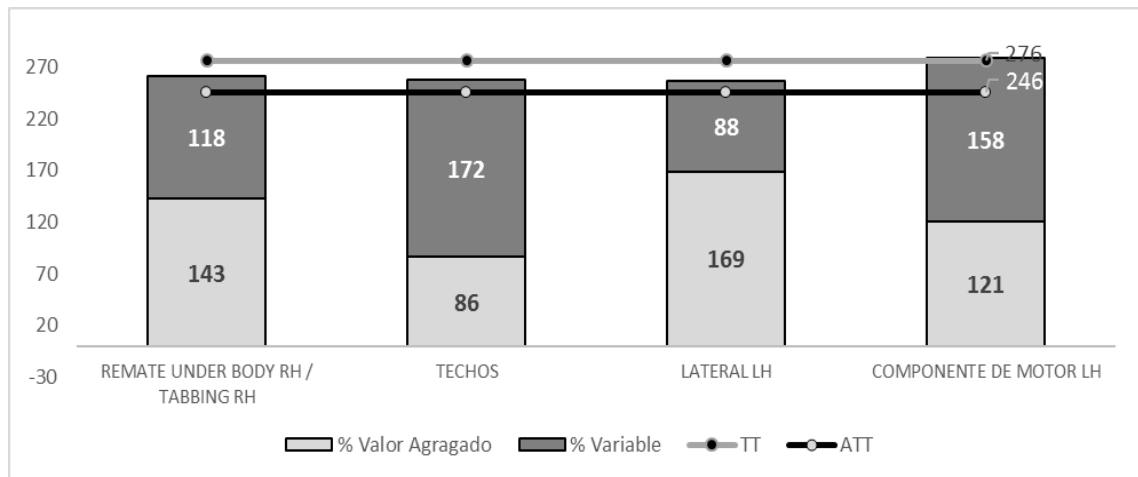


Figura 37. Estaciones que no cumplen con el att requerido celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

2.5.3.1 *Componente de motor lh.* Este subconjunto es uno de los más voluminosos de la carrocería y es que en él se aloja el motor. Al analizar el “layout” de la estación presentado en la figura 38 se representa el flujo de componentes hacia esta estación con líneas negras acentuadas. De este “layout” ya se puede concluir que parte de la sobrecarga existente se debe a que el operador del lado lh recibe 3 subconjuntos para realizar su proceso es decir transporta los subconjuntos que las estaciones precedentes terminan y dejan colgadas en los teclés de transporte hacia la estación.

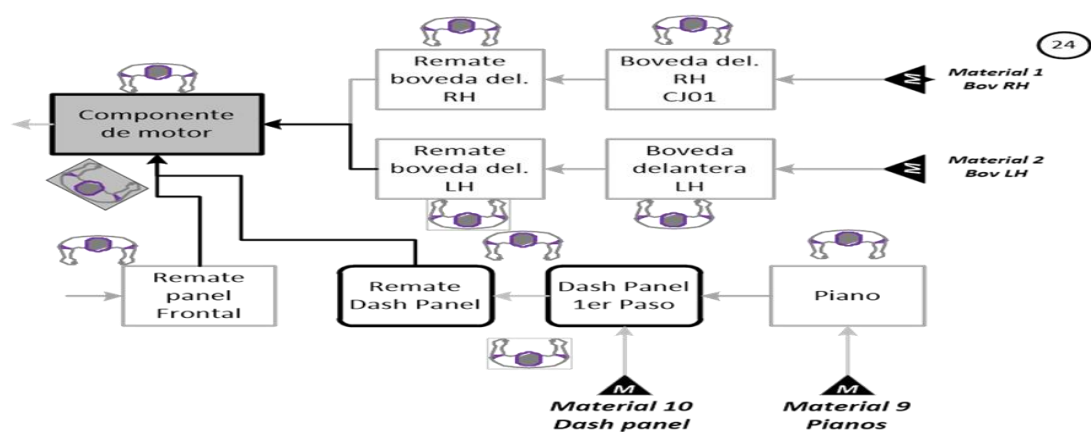


Figura 38. “Layout” y flujo de partes estación de componente de motor Celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En la fig 37 se observa que esta estación de trabajo presenta un tiempo de ciclo de operación de 279 segundos lo cual es mayor al “actual takt time” que es de 258 segundos, lo que representa un problema debido a que el operador no alcanza a cumplir su trabajo estandarizado, adicionalmente se puede observar que para esta operación el valor de la componente de tiempo variable es de 158 segundos, si se realiza la relación entre el tiempo de la variable respecto al total del tiempo de ciclo se obtiene que el 56.63% del tiempo de ciclo está destinado a realizar operaciones que no agregan valor, mientras que el porcentaje de tiempos que si agrega valor es de únicamente del 43,37% por lo tanto es necesario identificar los desperdicios relacionados a las misma y tratar de eliminarlos o reducirlos. Para ello se realizará un desglose de la operación que se despliega en el anexo L, donde se puede apreciar el desglose de las tareas que se realizan en la estación, así como el flujo de movimiento que el operador ejecuta para cumplir con su operación. En la tabla 14, se presentan también los principales indicadores de productividad de la estación en análisis, son estas las métricas que deben ser mejoradas.

Tabla 14
Indicadores de productividad componente de motor celda GV

COMPONENTE DE MOTOR	
Sigma CT	113,46%
Valor agregado	43,37%
Variable	56,63%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado Diego Sáenz

La lectura de la tabla 14 indica que el “sigma ct” de la estación es decir el porcentaje de tiempo utilizado para realizar toda la operación es 13,14% mayor que el requerido por lo tanto existe una sobrecarga de trabajo para el operador de esa estación, este se calcula dividiendo el tiempo de ciclo de la operación sobre el att calculado. En cuanto al valor agregado de 47,33% se entiende que solamente este porcentaje agrega valor dentro de todas las tareas realizadas y se calcula dividiendo el tiempo de valor agregado entre el tiempo de ciclo total. La variable se calcula dividiendo el tiempo de desperdicios entre el tiempo de ciclo total. El desafío o uno de ellos es encontrar soluciones al problema de

sobre carga y reducir los desperdicios expresados en la variable mejorando de manera rápida los indicadores de desempeño / productividad de la estación

En la figura 39, se evidencia la gran cantidad de movimientos que el operador realiza para la ejecución de las tareas las misma que están ordenadas en orden secuencial para lograr entender el desplazamiento.

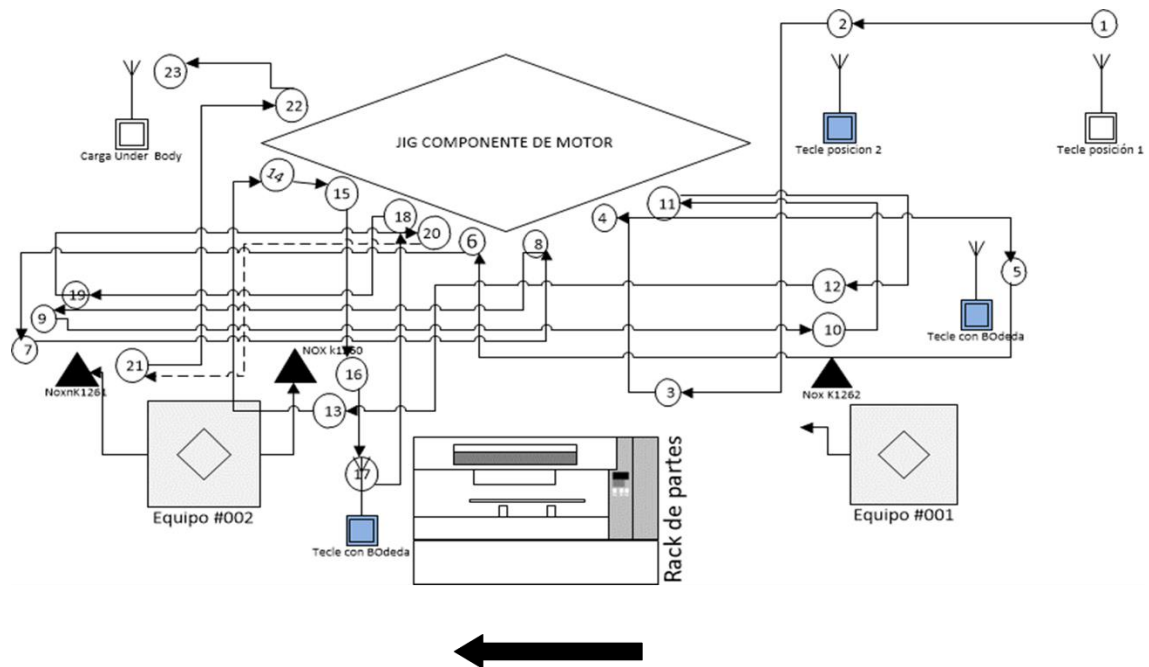


Figura 39. “Layout” y flujo de movimiento componente de motor lh celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Al realizar un análisis de la estación en una caminata “gemba”, se observó que el operador está realizando una tarea que no está descrita en su trabajo estandarizado y que está relacionada a un exceso de inventario generado por el proceso anterior de bóvedas, este efecto se produce debido a que las estación de bóvedas presenta un tiempo de ciclo de 226 segundos menor al de la estación de componente es decir tiene mayor capacidad liberando producto que no poder ser evacuado por la estación de componente de motor y obliga al operador a realizar la carga desde el rack hacia el teclé y luego transportarlo,

hacia la estación para realizar la soldadura, incrementando el tiempo de operación e innecesariamente la carga de trabajo a la estación que es cuellos de botella del sistema

Para concluir con el análisis de cada raíz de los problemas en esta estación y gracias tanto al “layout” de la estación, como al esquema de flujo de movimientos, y al ir y ver en la estación se logró evidenciar los distintos tipos de desperdicios entre los que tenemos:

1. Sobrecargo por transportes innecesarios de los componentes de las estaciones precedentes.
2. Exceso de movimientos de operador.
3. Exceso de inventario
4. Procesos innecesarios.

Las acciones para atacar los desperdicios detectados serán abordadas en el capítulo 3 de este proyecto.

2.5.3.2 *Estaciones combinadas remate “under body y tabbing lh”*. Estas son dos estaciones separadas pero operadas por el mismo soldador. En la primera estación que es la de “under body” se completan los puntos de soldadura de los pisos delanteros y posteriores mientras que en la estación de “tabbing” se colocan los laterales y por último el techo de la carrocería. En cuanto al tiempo de operación al realizar la comparación de los tiempos que agregan valor respecto a los que no, se obtiene que esta estación tiene un tiempo de ciclo 261 segundos de los cuales 143 segundos corresponde a tareas que agregan valor es decir que el 54,79% del tiempo de operación es provechoso mientras que el restante 45,21% es todo aquello que no agrega valor. Los números calculados muestran que el tiempo asignado a agregar valor es mayor que la variable lo que representa una mejor condición que la estación de componente de motor, es importante recalcar que para GM una planta de bajo volumen y con alto nivel de procesos manuales, el estándar de valor agregado exigido es 50% como mínimo. Bajo esta consideración y teniendo en cuenta que el tiempo de ciclo está por sobre el “actual takt time” (att) es necesario identificar las oportunidades de mejora que permitan lograr reducir el tiempo de ciclo y cumplir con el porcentaje de valor agregado. En la tabla 15 se muestra el desempeño de la estación en cuanto a sus principales métricas de productividad

Tabla 15
Indicadores de productividad y desempeño actuales
“under body” celda GV.

REMATE UNDER BODY	
Sigma CT	106,14%
Valor agregado	54,79%
Variable	45,21%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

Al igual que la estación de componente de motor esta estación, muestra un “sigma ct”, sobre el 100%, es decir presenta una sobrecarga de trabajo de 6,14% sobre el att calculado, sin embargo, se aprecia que en este caso el porcentaje de valor agregado es mayor que el de la variable, de todas maneras, la consideración de mejora estaría en reducir los tiempos de las tareas que no agregan valor para lograr la reducción del tiempo del ciclo y mejorar el porcentaje de valor agregado en la estación. En la figura 40 se muestra el flujo de movimiento que el operador realiza en la estación de trabajo.

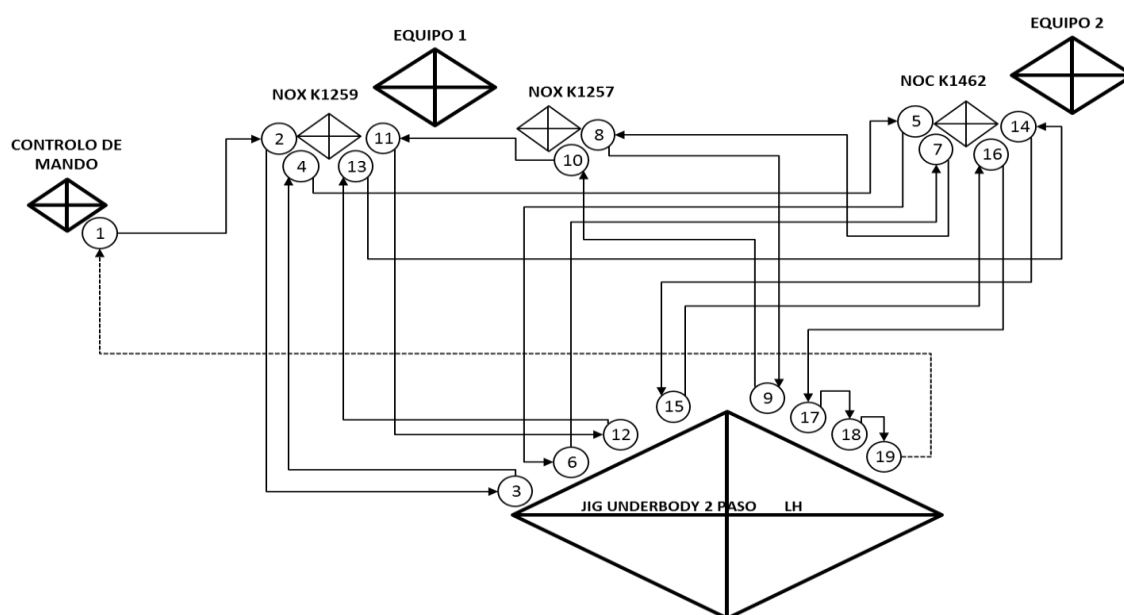


Figura 40. “Layout” y flujo de movimiento “under body y tabbing lh” celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En el anexo M, se presenta la secuencia de tareas que el operador debe realizar. Adicionalmente y de manera similar a la estación de componente de motor está estación también tiene la particularidad que el operario del lado rh debe realizar 1 tarea adicional al del lado lh, y es que este recibe un sub-ensamble adicional que es el techo para ser armado en la estación de “tabbing”, esto brinda una oportunidad de realizar un balanceo de carga de trabajo entre las operaciones de techo y lateral rh. Otra oportunidad detectada en la estación es el inventario de techos (6) y laterales (2) que en este caso fue erróneamente calculado y que obligan al operador a tomar los techos del rack en acumulo para respetar el “fifo”, pero que agrega tiempo de valor

En la figura 41, muestra el “layout” de la estación, y el flujo de componentes hacia la estación en análisis, así como el inventario requerido por control de producción y que en realidad es un inventario innecesario.

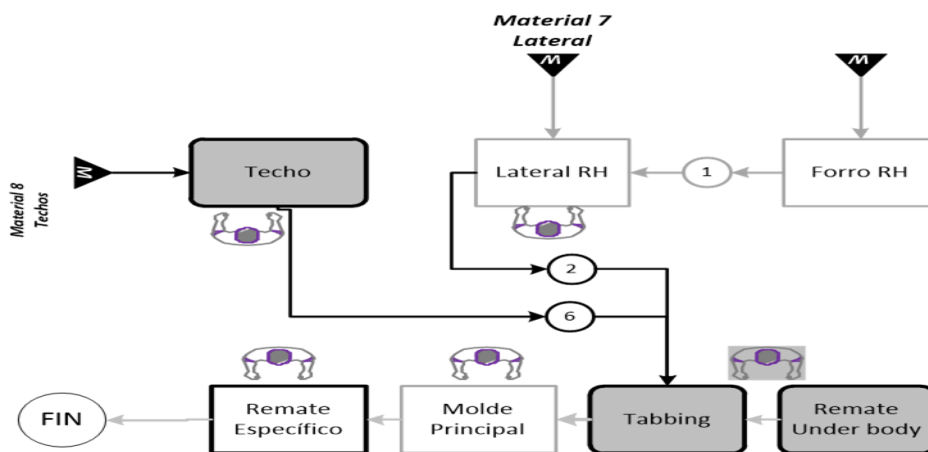


Figura 41. “Layout” y flujo de partes estación “under body” y “tabbing” celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En resumen, las oportunidades de mejora que se lograron identificar en la estación están relacionados a los siguientes tipos de desperdicios:

1. Sobrecarga por transportes innecesarios de los componentes de la estación precedentes.
2. Exceso de inventario.

2.5.3.3 *Estación de techos*. La estación de techos trabaja con un solo operador con un tiempo de ciclo de 258 segundos de este tiempo solamente 86 segundos se consideran como valor agregado lo que equivale a que solamente el 33,59% del tiempo del operador agrega valor, el tiempo restante 172 segundos son desperdicio es decir el 66,40%

Para realizar la operación se han ubicado 2 equipos con 2 pistolas cada uno en los extremos del jig, el operario toma una pistola y camina a lo largo del panel hasta la mitad debido a que no tiene más alcance, luego toma la pistola del otro equipo y del mismo lado para completar la soldadura de un lado del techo, posteriormente realizará el mismo procedimiento con las pistolas del lado contrario para finalizar la operación. En la figura 42 se detalla la secuencia de movimientos del operador.

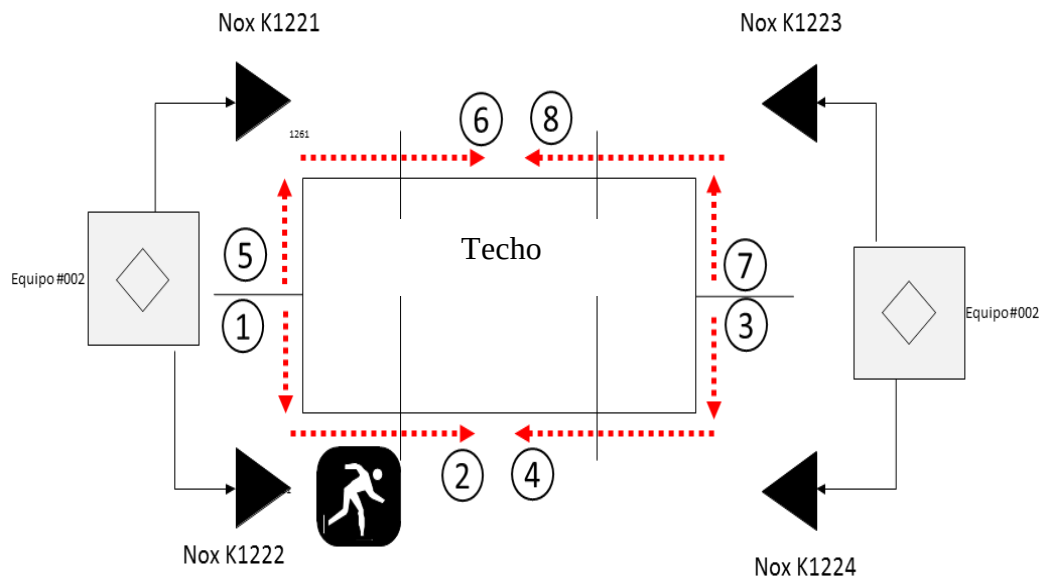


Figura 42. “Layout” y flujo de movimiento estación techos celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Finalmente, al revisar el “layout” y flujo de la estación es fácil concluir que la que mayor oportunidad presentada se relaciona con el desperdicio de tiempo generado por exceso de movimiento, esto debido a que el operador para colocar los puntos de soldadura camina alrededor de manera excesiva.

2.5.3.4 *Estación lateral lh.* La estación de lateral lh es una estación operada por una sola persona, y recibe el sub-ensamble de forros interior que brinda rigidez al lateral. Esta estación difiere de su estación espejo del lado rh, ya que es la operación de soldadura de la toma de combustible lo que genera un tiempo adicional de operación y coloca al tiempo de ciclo de la estación con 257 segundos es decir 11 segundos sobre el att de 246 segundos, ver figura 38.

Al revisar la figura 37 se observa que el 65,75% del tiempo de ciclo corresponde a la ejecución de actividades que agregan valor mientras que el 34,24% está relacionado con desperdicios, los indicadores de productividad de la estación muestran oportunidades en los tiempos de desplazamiento al trasladar el forro hacia el jig de lateral, así como al trasladar el lateral total hacia el “tabbing”

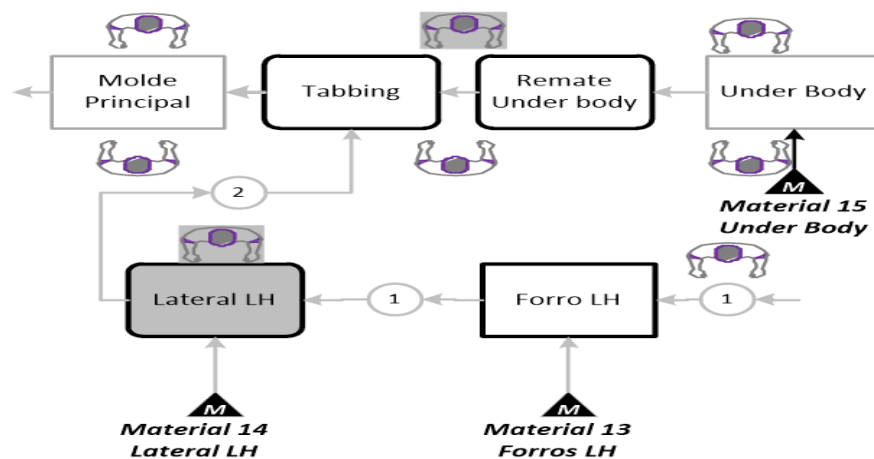


Figura 43. “Layout” y flujo de partes lateral lh celda Grand Vitara

Fuente GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

La figura 43 muestra el flujo de partes y la secuencia de sub-ensambles para la estación de lateral lh y en el anexo N, se presentan los tiempos destinados para realizar la secuencia de pasos establecida en la hoja de trabajo estandarizado para la estación de lateral lh en celda de Grand Vitara.

En la figura 44 se representa la secuencia de movimientos que realiza el operador, es evidente que existe un cruce innecesario entre zonas de operación este flujo de

movimientos debe ser analizado para eliminar los desperdicios de movimientos y transportes innecesarios.

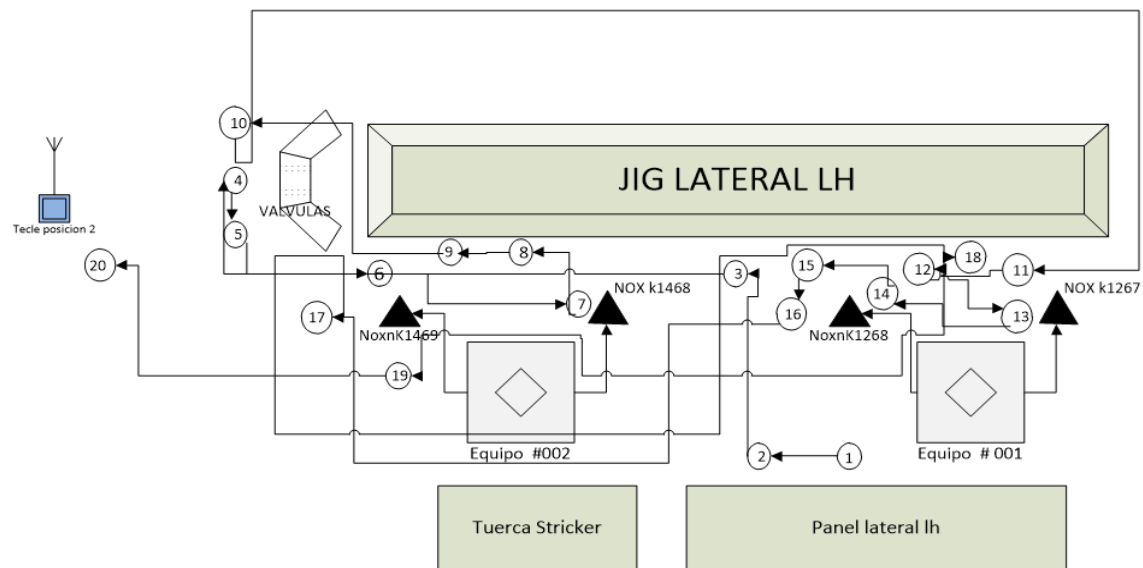


Figura 44. “Layout” y flujo de movimiento del operador
estación lateral lh celda Grand Vitara

Fuente: Control de producción suelda de carrocerías

Elaborado Diego Sáenz

El análisis y las soluciones al problema planteado en la estación de lateral lh serán bordados en el siguiente capítulo.

2.5.4 *Tiempos muertos o de esperas entre procesos o estaciones de trabajo.* Durante el levantamiento y mapeo del proceso en la celda D-Max se observó en la figura 25 que varias o mejor dicho la gran mayoría de las estaciones presentan tiempos de ciclo muy cercanos al att calculado, sin embargo, existen tres estaciones que presentan una condición de tiempos sustancialmente menores y son las estaciones de bóvedas rh y lh con 553 segundos y 555 segundos respectivamente y la tercera de ellas es la estación de guardafangos con 501 segundo de tiempo de ciclo. Para lograr la mejora esperada en esta celda, sería inútil en este caso analizar de manera independiente cada una de las tres estaciones con tiempos de ciclo bajos, ya que la oportunidad de realizar un balance de cargas involucra a las estaciones posteriores y con sobrecarga de trabajo como es el caso de la estación de componente de motor la cual presenta un tiempo de ciclo que excede el tiempo de operación por unidad requerido por la demanda (610 segundos). Para el análisis

se toma como referencia la pared de balanceo de la celda de D-Max mostrado en la figura 45, desde donde se observa una posible afinidad para un rebalanceo de cargas debido a su cercanía y buscando el aprovechamiento de los tiempos de espera de las estaciones de bóvedas y guardafangos para transferir carga de tiempos de traslado de partes y/o soporte en la colocación de puntos de soldadura, de tal manera que permitan balancear los tiempos de ciclo y lograr alcanzar la capacidad requerida en las estaciones cuello de botella.

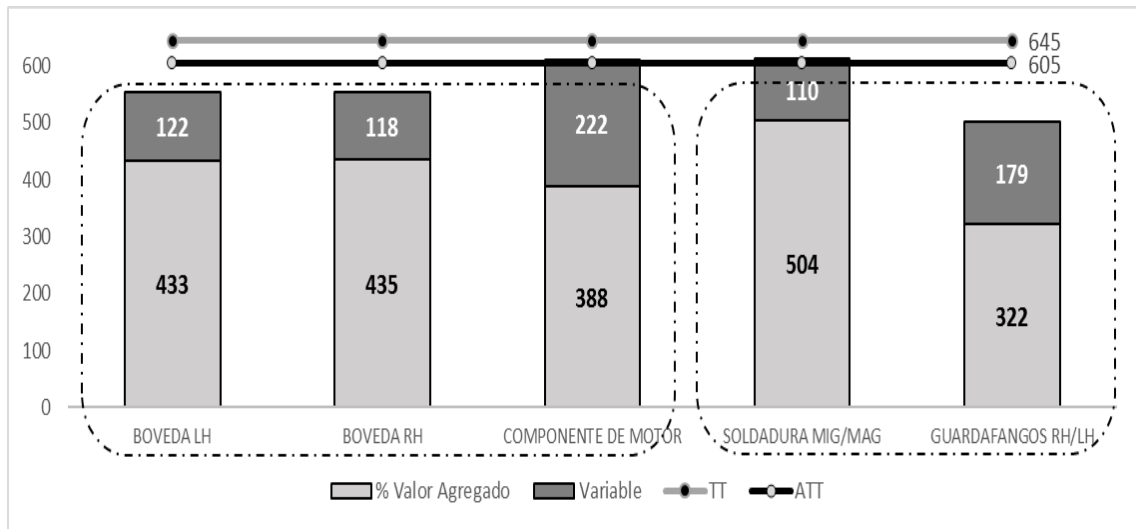


Figura 45. Pared de balanceo estaciones con baja y alta carga de trabajo celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

2.5.4.1 Balanceo de cargas de trabajo. La estación componente de Motor celda D-Max es la estación que se puede considerar como el principal cuello de botella de toda la celda. En esta estación cuya actividad principal es realizar la unión de las partes que forman el componente de motor se puede determinar al revisar la pared de balanceo que el tiempo de la variables es el mayor de todas las estaciones con 222 segundos dedicados a actividades que no agregan valor debiéndose esto a que el operador de la estación recibe las partes armadas de tres estaciones precedentes las cuales son panel frontal y bóvedas rh y lh esto involucra un exceso de movimiento durante el traslado de cada una de las partes hacia el jig del componente de motor.

En la tabla 16 se muestra los indicadores de desempeño de las estaciones de componente de motor bóvedas rh y bóvedas lh, donde se puede apreciar que, si bien para el caso de,

la estación de componente de motor el porcentaje de la variable 36,39% respecto al tiempo de ciclo está dentro del objetivo igual o menor al 40%, es necesario establecer las contramedidas que permitan reducir este tiempo en la estación y lograr alcanzar la capacidad de producción necesaria. También se puede apreciar como los porcentajes de “sigma ct” de las estaciones de bóvedas están por debajo de un 95,00% aceptable de carga de trabajo respecto al att, por lo tanto, es esa baja carga la que se debe aprovechar para lograr mejorar la condición de la estación cuello de botella y aprovechar de manera más efectiva los posibles tiempos de espera en las estaciones de bóvedas.

Tabla 16
Indicadores de productividad y desempeño actuales

	Componente de motor	Bovedas lh	Bovedas rh
Sigma CT	100,83%	91,74%	91,40%
Valor agregado	63,61%	78,02%	78,66%
Variable	36,39%	21,98%	21,34%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

Al realizar la medición de los tiempos de la variable el principal foco está en determinar los tiempos de caminar que usa el operador para traer las partes de las estaciones que la alimentan. Los tiempos son:

- Tomar panel frontal y llevarlo hasta el jig y colocarlo 10 segundos.
- Tomar bóveda lh y colocar en el jig 8 segundos
- Tomar bóveda rh y colocar en el jig 12 segundos.

La figura 46 muestra la secuencia y el desplazamiento del operador para realizar el armado del sub-ensamble en la estación de componente de motor.

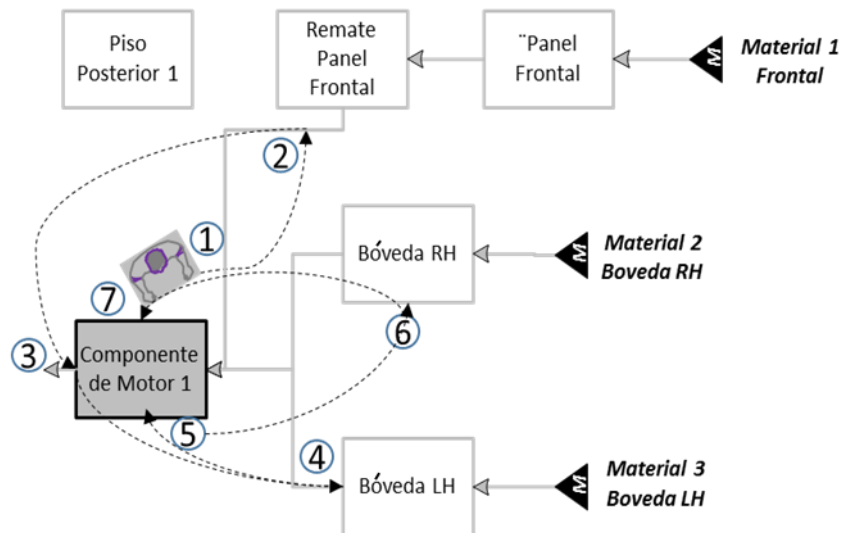


Figura 46. Flujo de movimiento en la estación componente de motor celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Es decir que el tiempo dedicado a transportar y armar el jig es de 30 segundos, lo que equivale a que cerca del 14% del tiempo de variable esté destinado al trasporte de partes, ese es el tiempo que se debe controlar y reducir si se quiere lograr el objetivo planteado.

Durante la medición de tiempos se pudo apreciar que en ésta operación se presenta una condición muy similar a lo detectado en la celda de Grand Vitara para la misma estación, las estaciones que alimentan al componente de motor tienen un tiempo de ciclo bastante menor que el att por lo tanto está situación puede estar generando dos efectos en el proceso interactivo de las dos estaciones, uno de ellos es que las estaciones de bóvedas que tiene mayor capacidad es decir van más rápido, se queden bloqueadas hasta que la de componente termine la operación, o en su defecto las estaciones procesan bóvedas que al no poder ser utilizadas por la siguiente estación terminan generando un inventario innecesario

La condición de sobrecarga de trabajo y de exceso de movimientos empeora cuando el operador de la estación de componente ya ni siquiera toma las partes montadas en el tecla para transporte, sino que debe realizar la carga de las partes desde el rack con el exceso de bóvedas.

Como se mencionó en el párrafo anterior mediante la observación del proceso se evidencia la acumulación de bóvedas tanto lh como rh en el flujo del proceso. Al revisar y comparar las velocidades es posible se puede apreciar que durante la jornada la cantidad de bóvedas acumuladas por lado es excesiva, el ejercicio de revisión en conjunto con los operadores permitió concientizar a los mismos sobre la importancia de no crear acúmulos innecesarios que provocan desorden, riesgos de accidentes, daño del material o posibles reprocesos sobrecargando de trabajo a la estación siguientes al tener que enganchar las bóvedas que están en los racks para luego transportarlos.

Una simulación de como el inventario de bóvedas se va generando puede ayudar a entender el tamaño del desperdicio generado, este cálculo se realiza de manera sencilla ya que se forma por la diferencia de velocidades entre las estaciones en un tiempo determinado en este caso se calcula usando un periodo de ocho horas o una jornada. Para calcular la velocidad de cada estación se dividen los 3600 segundos de una hora para el tiempo de ciclo de cada estación también en segundos.

Cálculo de velocidades.

$$\begin{aligned} \text{jph bóvedas rh} &= 3600 \text{ s} / \text{tc bóvedas rh} = 3600 / 553 = 6,51 \text{ jph} \\ \text{jph bóvedas lh} &= 3600 \text{ seg} / \text{tc bóvedas lh} = 3600 / 555 = 6,49 \text{ jph} \\ \text{jph componente} &= 3600\text{seg} / \text{tc componente} = 3600 / 610 = 5,90 \text{ jph} \end{aligned}$$

Cálculo de inventario generado.

$$\begin{aligned} \text{inv bóvedas rh} &= (6,51 \text{ jph} - 5,9 \text{ jph}) * 8 \text{ horas} = 4,88 \text{ unidades.} \\ \text{inv bóvedas rh} &= (6,49 \text{ jph} - 5,9 \text{ jph}) * 8 \text{ horas} = 4,72 \text{ unidades.} \end{aligned}$$

De los resultados obtenidos la cantidad de bóvedas que son producidas y no que pueden ser utilizadas por la estación de componente de motor termina oscilando entre 9 y 10 bóvedas en total.

2.5.4.2 Estación suelda Mig / Mag. Para el caso de la estación de suelda mig / mag, se aplican cordones de soldadura en los interiores de la cabina donde no es posible colocar puntos de suelda debido a la inaccesibilidad de las pistolas a las zonas mencionadas, para realizar esta operación el operario cuenta con una soldadora mig / mag de marca variostar, ubicada al lado izquierdo de la estación y cuando el operador debe soldar el lado izquierdo

coloca el cable y la antorcha dentro de la carrocería y camina hacia el otro lado para tomar la antorcha y terminar la operación. Adicionalmente durante la observación a la estación de trabajo se pudo mirar que para tratar de cumplir con la producción, el operario ha modificado los parámetro de calibración del equipo incrementado la velocidad de expulsión del alambre a la máxima capacidad del equipo esto debido a que según el operador la máquina demora demasiado al colocar los cordones de soldadura y buscaba ganar velocidad en la aplicación de los mismo sin embargo, esta acción puede generar problemas en la calidad del cordón, cuando la velocidad de avance del alambre es demasiado alta, la mayor parte de este sale de la tobera al rojo vivo depositándose demasiado rápido el material de aporte y esto no permite una adecuada penetración en la junta dificultando al soldador la aplicación del cordón así como también el cordón resultante será irregular. La decisión del operador no fue adecuada ya que lejos de ayudarlo a ganar tiempo le generaba demoras iguales o mayores que cuando el equipo trabajaba en parámetros nominales por tener que corregir los cordones cuando estos no lograban la penetración adecuada o se presentaban en forma irregular.

2.5.4.3 Estación de techos celda D-Max. La estación de techos en la celda de D-Max presenta una condición similar a la estación de techos en la celda de Grand Vitara está opera, con un solo operador con un tiempo de ciclo de 615 segundos, este tiempo es 16,5% mayor que el *att* requerido para cumplir con el volumen de producción, de este tiempo 259 segundos se consideran como valor agregado lo que equivale a que el 42.11 % del tiempo de las tareas realizadas agrega valor, el tiempo restante 356 segundos es decir el 57,88 % de las tiempo invertido en la operación es desperdicio

La estación está constituida en una configuración muy similar a la revisada en la estación de techos de Grand Vitara, el operador hace uso de dos equipos de soldadura cada uno con dos pistolas y recorre el perímetro del jig de techos colocando los puntos de soldadura, evidenciando un exceso de movimiento. En la figura 47 se detalla la secuencia de movimientos del operador. Bajo estas consideraciones, encontrar una solución para mejorar los tiempos de operación reduciendo los desperdicios de caminar del operador puede ser aplicado no solo para esta estación sino para la estación de techos en la celda de Grand Vitara.

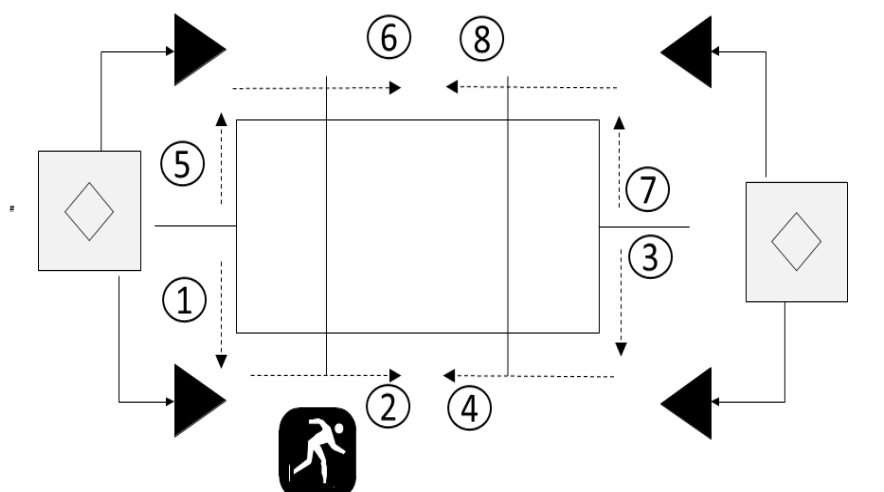


Figura 47. “Layout” y flujo de movimiento del operador estación techos celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

2.5.5 *Identificación de cuellos de botella.* Los lectores posiblemente en algún momento se han visto en la necesidad de lograr incrementar la producción en sus empresas y se han enfrentado al dilema sobre dónde invertir, que proceso mejorar, exponiéndose a tomar una decisión errada al respecto y que puede ser en muchas ocasiones desastrosa para la organización. Entonces una solución y es importante aclarar que no la única es la aplicación de la teoría de restricciones como una herramienta que permite de manera lógica y metódica identificar los cuellos de botella de un sistema y que brinda al liderazgo una visión clara de donde, invertir dinero y recursos, de tal manera que se asegure el beneficio esperado.

En los apartados anteriores se cumplió con el primero de los pasos que manda la teoría de restricciones, que es el identificar los cuellos de botella, esto se logró mediante el análisis de las paredes de balanceo usando los tiempos de ciclo de las distintas estaciones de trabajo, sin embargo es importante considerar que en algunos casos la identificación de una restricción puede ser menos obvia y requiere un análisis más profundo utilizando herramientas e indicadores que van más allá de las consideraciones tradicionales y es que no pasa solamente por considerar su capacidad como tal si no que también se debe considerar la eficiencia de la estación, como un ejemplo de esto y como se puede observar en la figura 48, la estación de ejemplo, posee un tiempo de ciclo menor al att requerido

para cumplir la demanda es decir que esta tiene mayor capacidad que la requerida y puede producir un subconjunto a mayor velocidad que la necesaria sin embargo puede existir la posibilidad de que dicha estación presente paras o demoras durante la ejecución del trabajo ya sea por los equipos, las instalaciones, la falta de material o por los mismos operadores y que estas sean frecuentes y de baja duración de tal manera que los operadores no las perciben como relevantes para ser registradas y pasan desapercibidas y por lo tanto no pueden ser trabajadas y resueltas. El resultado final es que la estación no cumple con la producción requerida.

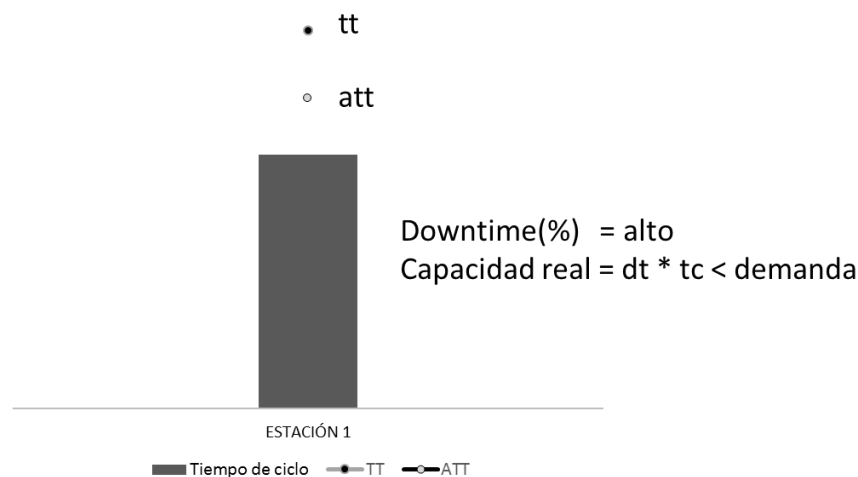


Figura 48. “Downtime” vs tiempo de ciclo

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Ahora bien para poder realizar un análisis adecuado es necesario incluir algunos indicadores de confiabilidad y mantenibilidad de las estaciones como son el mttr y que son las siglas en inglés para definir el tiempo medio para reparar una avería (“mean time to repair”) lo que significa identificar las paras más graves o críticas en el sistema y cuánto tiempo toma recuperarlo y el mcbf (“mean cycle between failure”) que es el tiempo medio de funcionamiento entre fallas o en otras palabras cada cuantas unidades se produce un falla o para. Estos dos indicadores junto con el tiempo de ciclo más el *downtime* de cada estación permitirán realizar un análisis de cuellos de botella no evidentes.

Entonces las fórmulas para el cálculo de estas dos métricas son:

$$mttr = \frac{\text{tiempo total de la para}}{\text{número de fallas en el mismo período}}$$

$$mcbf = \frac{\text{número de unidades producidas}}{\text{número de fallas en el mismo periodo}}$$

En la tabla 17 se muestra los datos de mcbf y mttr para cada una de las estaciones en los que se observa que la estación de guardafangos marcada en color gris, presenta un mcbf de 105,20 y un mttr de 6,60 estos números indican que cada 105,2 unidades producidas se presenta una falla en promedio y que cada vez que ocurre una de estas fallas el tiempo medio para recuperar el sistema y volver a producir tomo aproximadamente 6, 6 minutos.

Tabla 17

Indicadores de confiabilidad y mantenibilidad celda D-Max

Modelo	Estación	Producción	tiempo de para	# Repeticiones	Mcbf	Mttr
RT-50	Panel frontal / Remate panel fr	2947	86,0	4,0	736,7	21,5
RT-50	Boveda RH	2947	1,0	1,0	2947,0	1,0
RT-50	Boveda LH	2947	0,0	1,0	2947,0	0,0
RT-50	Piso delantero paso 1 y 2	2947	12,0	1,0	2947,0	12,0
RT-50	Piso posterior paso 1 y 2	2947	0,0	1,0	2947,0	0,0
RT-50	Comp de motor LH	2947	36,0	2,0	1473,5	18,0
RT-50	Underbody 1 y 2 RH	2947	8,0	5,0	589,4	1,6
RT-50	Underbody 1 y 2 LH	2947	4,0	1,0	2947,0	4,0
RT-50	Tabbing RH	2947	0,0	1,0	2947,0	0,0
RT-50	Tabbin LH	2947	0,0	1,0	2947,0	0,0
RT-50	Forros / Lateral LH	2947	26,0	5,0	589,4	5,2
RT-50	Forros / Lateral RH	2947	3,0	1,0	2947,0	3,0
RT-50	Techos	2947	0,0	1,0	2947,0	0,0
RT-50	Remate específico RH	2947	16,0	9,0	327,4	1,8
RT-50	Remate específico LH	2947	5,0	3,0	982,3	1,7
RT-50	Suelda MIG	2947	0,0	1,0	2947,0	0,0
RT-50	Guardafangos RH /LH	2947	186,0	28,0	105,2	6,6

Fuente: Control de producción / mantenimiento suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Otro indicador necesario para realizar un adecuado análisis es el SAA por sus siglas en inglés (“stand alone availability”) e indica cual es la capacidad real de cada operación considerando las paras no programadas que se presentan.

El cálculo del SAA es relativamente fácil y se lo realiza de la siguiente manera.

$$SAA = jph \times Uptime$$

Para el caso de la celda de D-Max se usará el registro de paras de producción con los datos levantados durante los últimos tres meses de producción y con ellos se realiza la tabla 18, en la que se podrá analizar para cada estación cada uno de los indicadores antes mencionados y determinar si existen estaciones cuyas capacidades están por debajo de lo requerido por la demanda y que no han podido ser detectadas en los análisis de causa raíz realizados previamente en los apartados anteriores.

Tabla 18

Capacidad real (SAA) para cada estación de trabajo celda D-Max

Modelo	Estación	Tiempo de ciclo	Capacidad nominal (jph)	Up time (%)	Capacidad real (jph) SAA	Demanda (jph)
RT-50	Panel frontal / Remate panel fr	601,00	5,99	97%	5,82	5,58
RT-50	Bóveda RH	553,00	6,51	96%	6,26	5,58
RT-50	Bóveda LH	555,00	6,49	98%	6,38	5,58
RT-50	Piso delantero paso 1 y 2	603,00	5,97	99%	5,91	5,58
RT-50	Piso posterior paso 1 y 2	600,00	6,00	98%	5,88	5,58
RT-50	Comp de motor LH	610,00	5,90	96%	5,65	5,58
RT-50	Underbody 1 y 2 RH	597,00	6,03	97%	5,83	5,58
RT-50	Underbody 1 y 2 LH	603,00	5,97	97%	5,79	5,58
RT-50	Tabbing RH	580,00	6,21	99%	6,16	5,58
RT-50	Tabbin LH	575,00	6,26	100%	6,23	5,58
RT-50	Forros / Lateral LH	597,00	6,03	99%	5,98	5,58
RT-50	Forros / Lateral RH	597,00	6,03	99%	5,96	5,58
RT-50	Techos	615,00	5,85	97%	5,70	5,58
RT-50	Remate específico RH	604,00	5,96	98%	5,82	5,58
RT-50	Remate específico LH	587,00	6,13	98%	6,00	5,58
RT-50	Suelda MIG	614,00	5,86	98%	5,75	5,58
RT-50	Guardafangos RH /LH	501,00	7,19	66%	4,74	5,58

Fuente: Control de producción / mantenimiento suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

2.5.6 *Estación de Guardafangos celda Grand Vitara.* Los resultados de la tabla confirman que la estación de guardafangos presenta una capacidad neta medida con el SAA por debajo de lo requerido a pesar de contar con tiempo de ciclo bajo es decir alta velocidad, no logra cumplir con la demanda ya que presenta continuas paras generadas

por atrasos de los operadores. Para establecer la causa raíz de las demoras se realiza nuevamente un análisis de cinco porqués, en conjunto con los operadores de la estación. La tabla 19 muestra el desarrollo de la herramienta hasta identificar la causa más probable.

Tabla 19
Análisis 5 por qué?

Análisis 5 ¿por qué?

Descripción del problema: Demoras en el proceso de soldadura de los soportes de guardafangos

¿Por qué existen demoras en el proceso de soldadura de los soportes de guardafangos

Por que continuamente hay que abrir el jig para cambiar las partes de lado

¿Por qué continuamente hay que abrir el jig para cambiar las partes de lado

Por que están equivocadas de lado

¿Por qué están equivocadas de lado

Las partes rh y lh no se pueden diferencia al tomar las partes del rack

¿Por qué las partes rh y lh no se pueden diferencia al tomar las partes del rack

Las partes derechas e izquierdas vienen en el mismo rack

¿Por qué Las partes derechas e izquierdas vienen en el mismo rack?

No existe racks de material independiente por lado

Causa raíz: No existe racks de material independiente por lado para los soporte de guardafangos
--

Elaborado por el autor

El hallazgo encontrado respecto a la capacidad de la estación de guardafangos revela la necesidad de una pronta solución a este inconveniente ya que y como se analizó con anterioridad si se logra mejorara el “up time” de la estación está podía ser usadas como una alternativa para balancear la carga de trabajo de las demás estaciones.

De la tabla 18 se obtiene para la estación de guardafangos el SAA es del 66,00% si a esto multiplicamos por la capacidad de la estación que es de 7,18 jph se obtiene la capacidad real de la estación que es de 4,74 jph. Al comparar este valor contra la velocidad requerida por la demanda que es de 5,58 jph es evidente que en cada tiempo de ciclo se pierde no únicamente un sub ensamble de guardafangos sino una unidad completa ya que la estación siguiente permanece hambrienta y en espera de las partes para terminar su proceso de soldadura.

Luego de identificar la restricción del sistema es necesario explotar dicha restricción para este caso la decisión tomada es realizar tiempo extra adicional para generar un inventario de seguridad, que permita garantizar el abastecimiento de las partes a la estación de suelda mig / mag, en caso de presentarse una falla. Si bien esta acción controla el problema, el hacer horas extras de la persona sigue siendo un desperdicio, por lo tanto, esta acción propuesta se debe considerar como un paso dos es decir una solución temporal mientras se establecen planes de acción definitivos y que se planteen en el capítulo 3.

El cálculo del inventario de seguridad necesario para garantizar el flujo continuo de producción se realiza en base a la diferencia de velocidades entre la estación de suelda mig / mag y la estación de guardafangos, usando las capacidades reales de la tabla 18.

TD: tiempo disponible = 8 horas.

Velocidad real estación de guardafangos = 4,74 jph.

Velocidad real estación suelda mig / mag = 5,75 jph.

Entonces:

$$\text{Inventario} = (5,75 \text{ jph} - 4,74 \text{ jph}) \times 8 \text{ horas}$$

$$\text{Inventario} = 8,0 \text{ sub ensambles de guardafangos lh/rh}$$

El tiempo extra requerido para lograr el acumulo de 8 sub-ensambles de guardafangos tanto lh como rh se obtiene dividiendo el inventario calculado sobre la capacidad real de la estación.

$$\text{tiempo extra} = \frac{8}{4,74}$$

$$\text{tiempo extra} = 1,7 \text{ horas}$$

El resultado muestra que el operador de la estación deberá realizar 1,7 horas extras adicionales mientras se brinda una solución eficiente a la condición actual.

Mientras tanto y bajo la consideración expuestas con anterioridad es necesario realizar una subordinación del sistema a la velocidad de esta estación, mientras se logran establecer mejoras que permitan romper la restricción y elevar el “throughput” del

sistema. Si no se realiza la acción de subordinación lo que ocurriría y de hecho está ocurriendo es que todo el sistema empieza a parar en aquellas estaciones donde no existe la posibilidad de acumular inventario, y en aquellas donde se puede almacenar inventario de producto en proceso se rompen las 5's del sistema ya que acumulan partes/sub-ensambles en exceso, tal y como lo expresa la teoría de restricciones un sistema es tan capas como lo es su eslabón más débil y en este caso la estación que marca el ritmo de producción o la cadencia del sistema es la estación de Guardafangos.

3 IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO

A lo largo del apartado anterior se realizó la identificación de las estaciones que presentan las oportunidades de mejora que permitirán alcanzar el objetivo final que es el incremento de capacidad de producción diaria a 127 unidades por día.

El análisis también permitió establecer las particularidades de cada estación e identificar los desperdicios relacionados con cada una de ellas. Ahora bien, ya sea porque sus tiempos de ciclo no cumplen con el requerimiento del att calculado o por que se presentan como restricciones de capacidad en el sistema o por efectos relacionados a varios de los desperdicios conocidos, todas las estaciones y sus causas raíces deben ser trabajadas mediante acciones individuales para cada estación o problema planteado.

En la tabla 20 se muestra un resumen de todos los problemas detectados, los desperdicios identificados y relacionados a estos, así como las causas identificadas al realizar el análisis de causa raíz, para cada celda y para estación de trabajo dentro de cada celda esto permitirá trabajar de manera más ordenada y eficiente las soluciones y/o planes de acción que serán planteados e implementados durante el desarrollo de este capítulo.

Una consideración importante y entendiéndose como una directriz del liderazgo para lograr la meta propuesta de incremento de capacidad de producción es que, todas las acciones de mejora a implementarse deben ser mantenibles en el tiempo ser perdurables como un sistema autónomo y servir no solamente como estrategias puntuales a este cambio de volumen, sino que más bien deben establecerse como un patrón de referencia y consulta para afrontar los futuros desafíos.

Tabla 20

Matriz de problemas y causa raíz identificadas suelda carrocerías

Celda	Desperdicio	Problema	Causa raíz
Grand Vitara	Exceso de movimiento/ transporte innecesarios /Procesos innecesarios	* Excesivo tiempo de traslado y llenado de línea central (30 min)	* Estaciones de trabajo arrancan vacías durante cambio de celda
		* Excesivo tiempo de traslado y preparación en cambios de celda (10 minutos) para las celdas de pasajeros	* Insuficientes Fresadoras
			* Piezas Patrón Dañadas
			* Material no entregado en la estaciones de trabajo
	Down time (esperas, bloqueos)	* Remate específico	* Daño “Hemming”
			* Daños Pistola C23
		* Molde Principal	*Agujero de asentamiento fuera de especificaciones
			* Atraso operador por falta de plan rotación para let
	Desbalanceo de cargas de trabajo (procesos innecesarios, inventario)	* Componente de Motor lh	* Transporte de sub-ensambles hacia el jig
		*Estación combinada remate “under body / tabbing lh”	* Sobrecarga por transportes innecesarios de los componentes de la estación precedente.
* Techos		* Exceso de movimientos alrededor del jig	
* Lateral lh		* Exceso de movimientos y transportes innecesarios	
D-Max	Desbalanceo de cargas de trabajo	* Componente de Motor.	* Transportes innecesarios
	Desbalanceo de cargas de trabajo (procesos innecesarios, inventario)	* Suelta Mig.	* Des calibración equipo Mig/Mag variostar
		* Techos.	* Exceso de movimiento
	Cuellos de botella	* Estación de Guardafangos	* No existe racks independientes por lado para los soportes de guardafangos

Fuente: Trabajo de titulación del autor

Elaborado por el autor.

3.1 Excesivo tiempo de traslado y llenado de celda durante los cambios celda GV

3.1.1 *Celda arranca con estaciones vacías.* En el apartado 2.5.1 se estableció como un problema a resolver la pérdida de tiempo que involucra cada cambio de celda durante la jornada de trabajo tomando en promedio un tiempo de treinta minutos en total de los cuales veinte minutos se pierden debido a la espera que sufre la línea central de la celda hasta que los sub-ensambles avanzan y se empieza a llenar toda la celda. Una alternativa planteada inicialmente al equipo de ventas es realizar cambios en la secuencia de producción para reducir los cambios de celda durante el día sin embargo esta alternativa no fue aceptada debido a la necesidad del área comercial de disponer de la mayor variedad de modelos para la venta. Entonces el enfoque estará orientado a lograr mantener una celda cargada y lista para ser operada de manera inmediata posterior al cambio. Con esta acción se logrará reducir el tiempo perdido hasta los sub-ensambles lleguen a la línea central, ésta estrategia también permitirá realizar el cambio de manera simultánea de todos los operadores ya que todos terminan su proceso al mismo tiempo dejando cada estación llena de material o sub-ensambles del lote próximo a producir según la secuencia. Para lograr implementar esta acción se adelanta un lote completo del moldeo y se realiza la distribución de las partes en cada estación, con el material entregado en los puntos de uso se realiza una hora extra de todo el equipo de producción (28 personas) de manera puntual para poder realizar la carga inicial de la celda y dejarla llena logrando así cumplir con la condición de mantenerla cargada durante cada cambio.

Los costos de la implementación son:

Horas-Hombre = 36 (28 operarios de producción y 8 operarios de manejo de materiales)

Costo de la hora hombre = 2,5 dólares.

Costo total = 28 horas X 2,5 dólares= 70 dólares / hora de toda la tripulación.

El costo del trabajo realizado por los operadores durante la hora extra es como ya se indicó puntual ya que se realiza una única ocasión y representa un gasto mínimo respecto al beneficio logrado que es la reducción de los 20 minutos que ahora se convierten en tiempo disponible de operación.

3.2 Sistema de cambio rápido (SMED) en la celda Grand Vitara

Para realizar un cambio de celda de una manera efectiva, reduciendo el tiempo de carga de las estaciones y minimizando el tiempo de preparación de celdas es necesario establecer una metodología SMED (“single minute exchange die”) por sus siglas en inglés lo que significa realizar cambios de manera más eficiente, para ello se establecen 3 acciones que fueron implementadas con la finalidad reducir los tiempos de preparación de celda.

3.2.1 *Implementación de Fresadoras.* Una de las oportunidades levantadas durante la investigación es que, cuando los operadores realizan los cambios de celda no todos poseen un equipo para realizar el fresado de los electrodos de soldadura de cada uno de los equipos. Bajo la condición de cambio escalonada mostrada en la figura 27 lo que realmente está sucediendo es que las fresadoras de caps disponibles son prestadas entre operadores para realizar la actividad sin embargo esta condición genera demoras debido a que muy frecuentemente los operadores deben esperar varios minutos hasta que las fresadoras sean liberadas por los operarios que realizan primero el cambio, por lo tanto bajo la propuesta de cambio hacia una celda cargada el cambio en esta condición es simultaneo es decir que todos los operarios se mueven al mismo tiempo hacia la siguiente celda, si se mantuviese este mismo esquema las esperas por fresadoras libres se incrementarían, entonces la mejora alternativa es dotar de una fresadora para cada operario la misma que debe ser móvil y se desplazarán junto con su operador entre celdas. El primer paso a seguir es realizar un levantamiento de cuantas fresadoras son requeridas y el número estará definido en función de la cantidad de operarios. En la figura 50 se evidencia el resultado del mapeo de y la cantidad de fresadoras disponibles en la actualidad y su ubicación en el “layout” de la celda.

El resultado final del levantamiento de fresadoras disponibles tal y como se ve en la figura 49, muestra que apenas existen 13 fresadoras para los 28 operadores que trabajan en la celda de Grand Vitara. La decisión tomada es realizar la compra de las 15 herramientas faltantes y 5 adicionales para mantenerlas ya sea como “back up” o respaldo en caso de daño o principalmente estas servirán para permitir la rotación de las fresadoras asegurando que puedan ser enviadas a cumplir con su plan de mantenimientos

preventivos, garantizando el cuidado de las mismas y evitando el daño o deterioro de estas herramientas.

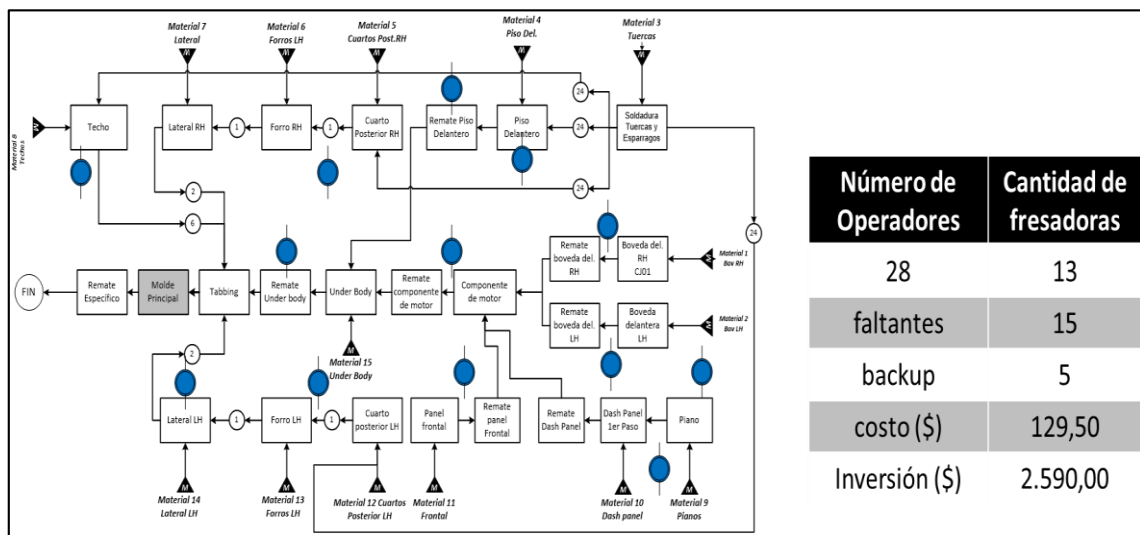


Figura 49. Ubicación y cantidad de fresadoras en la celda de Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

La inversión total en la compra de las herramientas es de 2590,00 dólares con esto se logrará cumplir con las dos principales metas buscadas, la una es asegurar que se cumplan los procedimientos de preparación de los equipos y segundo reducir las paras por efecto de la falta de fresadoras en la línea.

El siguiente paso a cumplir es realizar un entrenamiento para todos los soldadores para asegurar un adecuado método de fresado de electrodos y garantizar también que la operación se realice de una manera estandarizada, confiable y en el menor tiempo posible.

En el anexo O y P se detalla las tareas de trabajo estandarizado, es decir el método estandarizado que se definió para realizar un efectivo fresado de caps.

3.2.2 Piezas Patrón dañadas. Una vez concluido el fresado de caps la siguiente actividad que el operador debe realizar es la validación dimensional de los jig considerados como críticos para el proceso con la finalidad de asegurar la estabilidad dimensional de las carrocerías producidas y para esto se usan un método conocido como

tomoana, este método funciona a través de piezas patrón previamente certificadas, las mismas que son colocadas en los jigs para luego cerrarlos garantizando que los clams o seguros que asienta la piezas posicionen de manera correcta las partes. Durante la investigación realizada con los operadores se evidenció que varias de estas piezas están dañadas o deterioradas lo que hace que los operadores pierdan tiempo en el montaje y desmontaje de las mismas sin tener certeza de cumplir con el requerimiento. Para resolver este problema es necesario realizar un cambio de las partes patrón en malas condiciones para ello se realizará un levantamiento de todos los patrones de la celda de Grand Vitara, para solicitar su reposición cumpliendo con todos los pasos requeridos para asegurar la estabilidad dimensional de los jigs.

La definición de los sub-ensambles a los que se debe aplicar el método de tomoana está en función de la determinación de la criticidad de los mismos, para el caso de la celda de Gran Vitara los sub-ensambles a los que aplica son:

- Laterales lh – rh.
- Piso delantero
- Piso posterior
- Componente de motor.

El primer paso a ejecutar es realizar un cambio de piezas patrón solicitado para los distintos sub-ensambles con esto se evitará, tiempo perdido por los operadores o peor aún y como se menciona con anterioridad se evitará también la posibilidad de que no se cumpla con la verificación dimensional de los jigs críticos.

En el anexo Q se muestra el pedido de reposición del material con información necesaria como el número de parte con la finalidad de asegurar que las piezas entregadas sean las adecuadas, así como también una fotografía de un tablero tomona para piso delanteros. Una vez que las piezas sean entregadas por el área de manejo de materiales, las piezas deben ser certificadas para ser usadas en la aplicación del método tomoana.

Una consideración adicional levantada por el área de calidad es la necesidad de evitar que con el tiempo las piezas patrón se vuelvan a deteriorar y el sistema no puede detectar ese

fallo. Para evitar esta condición se implementa una lista de verificación de la condición de las piezas para alertar de manera temprano posibles fallos y realizar el cambio de las partes de manera oportuna. Por otro lado, y si bien, la reposición de las piezas patrón reducirán el tiempo perdido por los fallos evitados, no es menos cierto que el tiempo para realizar la actividad de validación debe ser optimizado y es que cada vez que existe un cambio de celda, los operadores de estas estaciones, están en la obligación de realizar la comprobación de la capacidad y repetitividad dimensional del jig usando las partes certificadas para aplicar el “tomoana”. Este procedimiento de verificación dimensional toma aproximadamente cinco minutos para ser completado, obviamente durante este tiempo las demás estaciones ya iniciaron su trabajo, pero se ven bloqueadas o hambrientas por la demora en las estaciones mencionadas. La solución aplicada para resolver este problema consiste en transferir la realización de las validaciones al equipo de mantenimiento del área de suelda de carrocería. Dos técnicos de mantenimiento asumirán dentro de sus funciones de pre-arranque de celdas, la ejecución del tomoana en los 4 sub-ensambles de tal manera que cuando el equipo de producción realice el cambio y lleguen a los jigs puedan iniciar con el fresado de electrodos y arrancar la producción de manera inmediata al mismo tiempo que el resto de las estaciones, evitando la pérdida de cinco minutos a toda la celda. En la figura 50 se muestra una fotografía como ejemplo de una parte certificada, para el procedimiento tomoana del jig de componente de motor.



Figura 50. Pieza patrón componente de motor celda GV

Fuente: GM-OBB departamento de calidad suelda de carrocerías

3.2.3 *Material no entregado en la estación de trabajo.* La tercera causa raíz identificada durante el análisis de oportunidades de mejora en el proceso y que fue levantada en el capítulo 2, es la falta de material para ser utilizado en la producción, esto es debido a que el personal de manejo de materiales no cumplen con la entrega del material en el punto de uso debido a las demoras en el tiempo de traslado de las partes desde el patio de distribución hasta la estación, al revisar la causa de la demora se puede apreciar que el punto de re-orden de material establecido en la estación no corresponde ni cumple con los requerimientos tanto del operador que usa las partes como del operario de materiales que los transporta. Actualmente el operador de materiales realiza la reposición de material de bóvedas cuando el inventario en el rack llega a un mínimo de tres partes, si consideramos que el tiempo de traslado del operador para reponer el inventario es de 17 minutos desde que identifica el mínimo en el rack, y que el tiempo de ciclo de la estación de bóvedas es de 241 segundos es decir 4, 01 minutos entonces la estación consumirá las tres partes en 12,05 minutos luego de eso inicia una etapa de espera de aproximadamente 5 minutos hasta que el material llegue, este ciclo se repite tres veces por lote es decir que las estaciones de bóvedas pierden durante cada corrida de lote 15 minutos en esperas innecesarias.

El lector al revisar la descripción del problema podrá suponer que la solución para resolver el problema planteada es definir un nuevo inventario mínimo de partes en el rack para asegurar el material a tiempo en la estación, sin embargo, al mirar el problema de manera más integral se evidencia que la acción planteada resuelve el problema para la estación de trabajo, pero mantiene un desperdicio relacionado con el transporte innecesario que el operario de manejo de materiales realiza para transportar las partes desde el patio de distribución hacia la estación, por lo tanto la acción a tomar y dado que las partes entregadas son de un volumen menor se implementa una estación única de desempaque junto a la estación de bóvedas con esto el tiempo de traslado de material desde el desempaque hasta el punto de uso se reduce a 4 minutos con lo que el punto de re-orden se modifica hacia abajo con 2 partes el racks y se reduce significativamente el tiempo gastado en el transporte de las partes permitiéndolo al personal de materiales optimizar sus tiempos y aprovecharlos en una mejora en su balanceo de cargas.

En la figura 51 se muestra el “layou”t y el flujo de movimiento del operario de materiales para realizar la entrega del material.

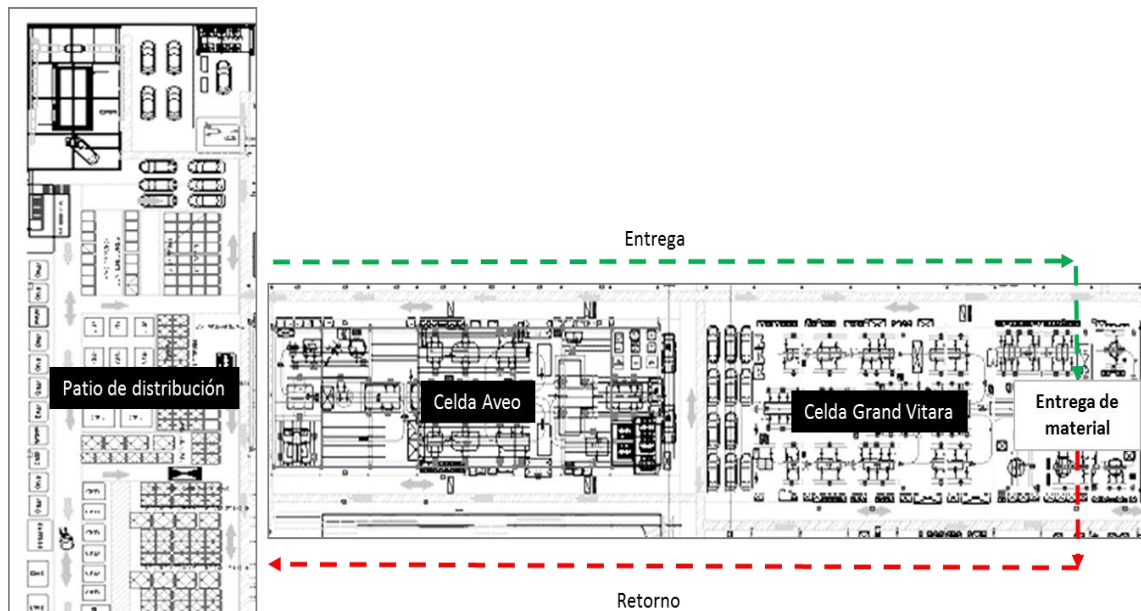


Figura 51. “Layout” del área de suelda de carrocerías,
Ruta de distribución de bóvedas celda Grand Vitara
Fuente: GM-OBB manejo de materiales

En la figura 52 se observa la mejora implementada con la habilitación de una pequeña estación desempaque y distribución de las partes para el sub-ensamble de bóvedas.

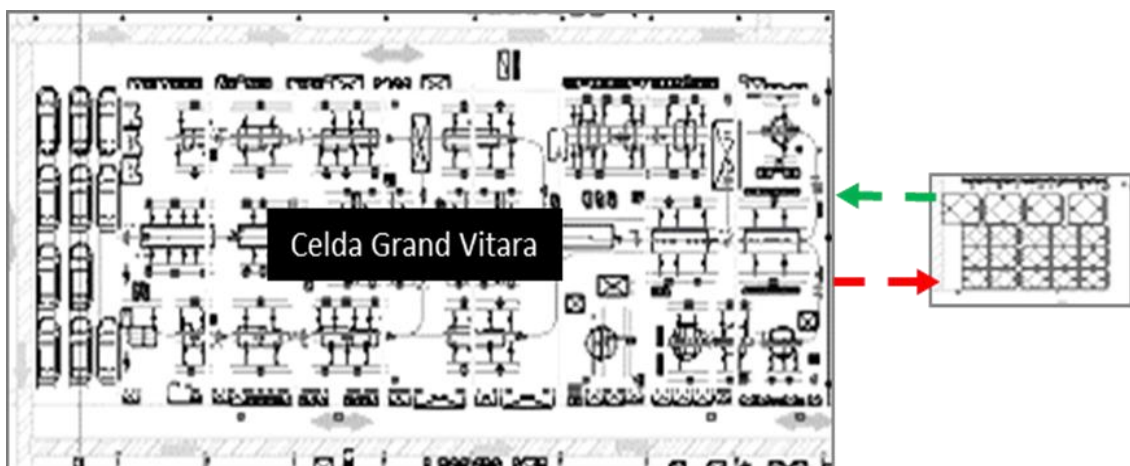


Figura 52. “Layout” del área de suelda de carrocerías nueva ruta de distribución de
bóvedas celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB manejo de materiales GM-OBB

Elaborado por el autor

El resultado final obtenido como efecto de la implementación de los planes de acción propuestos en los apartados 3.1.1 hasta el 3.2.3 marcan una importante mejora en cuanto al tiempo disponible para operar, al reducir el tiempo total que involucra un cambio de celda de 30 minutos a un nuevo tiempo de apenas 10 minutos divididos en 3 minutos de 5s en la celda que se termina, 2 minutos de traslado o caminar hacia la celda siguiente y 5 minutos de fresado de electrodos.

La tabla 21 evidencia la mejora en los indicadores de producción y productividad implementados durante el mes marzo del 2019 y aplicables para el mes de abril del mismo año y en adelante. Como se puede apreciar los % de mejora han superado la expectativa con esta mejora realizada en el mes de Abril del 2019, ya que se incrementa el tiempo disponible para la operación en 4,84 % alcanzado el objetivo principal en esta celda dado que, el volumen diario que se puede producir alcanza las 87 unidades y todo esto logrado con el mismo número de operadores obteniendo una mejora de productividad de 6.9% en relación a condición anterior.

Tabla 21
Mejora de indicadores de producción y productividad celda Gran Vitara

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
TD (seg)	400,62	420	4,84%
Jph	12,13	12,43	2,45%
jpd	81,00	87,00	7,41%
Head Count	28,00	28,00	0,00%
Productividad (hh/unidad)	2,77	2,57	-6,90%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda carrocerías
Elaborado Diego Sáenz.

Las expectativas ahora son mayores ya que con las acciones que se plantearan hacia adelante es muy probable que la capacidad de la celda se incremente aún más de lo requerido por lo tanto esta es una oportunidad que puede ser aprovechada para intentar liberar personal en suelda de carrocerías y enviarlas a otras áreas como pintura, ensamble general o manejo de materiales para apoyar en sus rebalanceos de línea en caso de ser necesario de todas maneras esta anticipada conclusión deberá ser demostrada más adelante.

3.3 Mejora del “downtime” (paras) en la celda de GV estación remate específico.

En el apartado 2.5.2. se identificó dos estaciones, remate específico y molde principal, cuyas eficiencias de trabajo eran bajas ya que presentaban continuas averías de baja magnitud y que no estaban siendo consideradas con la importancia necesaria. Luego del análisis realizado es evidente y necesario colocar planes de acción efectivos para reducir o eliminar las paras recurrentes en las estaciones antes mencionadas.

3.3.1 Daño “hemming lh”. Está herramienta es usada para realizar los dobles de los filos de las bóvedas posteriores en las carrocerías, esta operación como tal es sumamente delicada ya que una operación mal realizada genera un daño en el filo de las bóvedas y cuyo reparo tomo varias horas de trabajo, adicionalmente este equipo y como se observó en la fig 30 se ubica en el top uno de paras de la estación de remate específico.

En la figura 53 se puede observar el dispositivo “hemming” utilizado en la operación de doblez de los filos de las bóvedas y como se ubica en la carrocería.

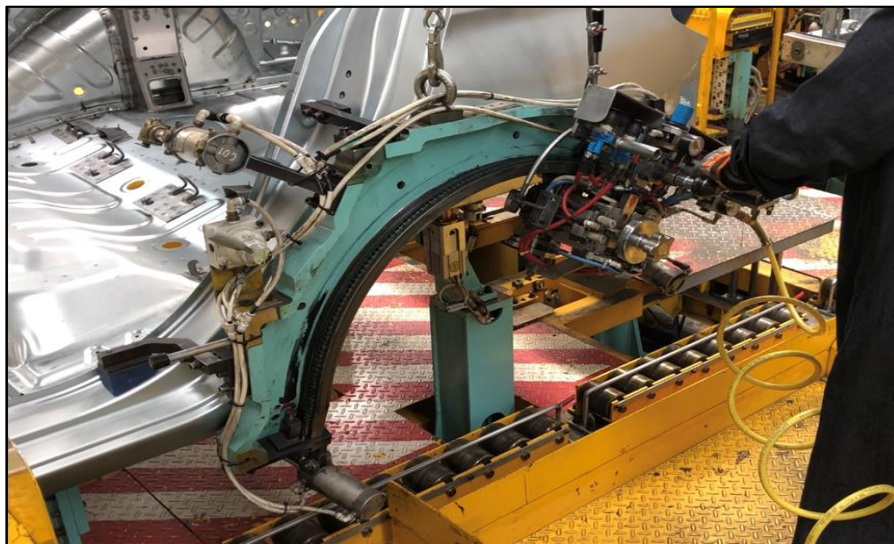


Figura 53. Disposición del dispositivo “hemming” en la carrocería

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

El modo de fallo detectado en la carrocería es daño en el perfil de la carrocería en el lado lh, durante el recorrido del “hemming” a lo largo del perfil de la bóveda este se desvía y genera un daño en el perfil o filo de la carrocería. Para descubrir la causa del fallo recurrente de este dispositivo, se realiza una comparación de pares entre el dispositivo lh y rh encontrándose una diferencia importante y que ocasiona el fallo del equipo y el daño en la carrocería y es que el dispositivo “hemming” del lado derecho (rh) posee dos muelas de fijación que funcionan gracias al movimiento de un eje con una carrera de 120 milímetros mientras que en el “hemming” del lado lh el recorrido del embolo alcanza 10,4 milímetros decir no se completa el recorrido total ocasionando que las muelas de fijación no asienten completamente en la carrocería por lo que, cuando el dispositivo “hemming” inicia el recorrido presenta un recorrido inestable ocasionando un doble del filo de distintos tamaño. Ahora bien, el siguiente paso es preguntarse porque el embolo del cilindro no completa su carrera, la revisión muestra que existe una deformación del eje o embolo del cilindro debido a un golpe producido por dejar el dispositivo en el piso.

La solución a este inconveniente se realiza cambiando el cilindro sin embargo es necesario garantizar que no se repita este modo de fallo implementando un soporte o pedestal para colocar el dispositivo salvaguardando su condición.

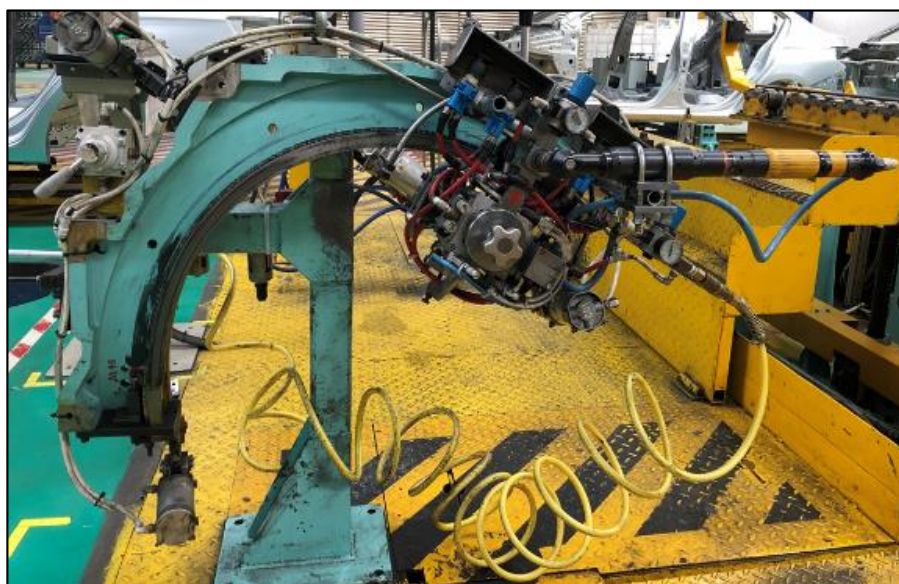


Figura 54. Posición del dispositivo “hemming” celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB mantenimiento suelda de carrocerías

En la figura 54 se muestra el antes y el después de la implementación del soporte realizado por el área de matricería y como queda colocado el dispositivo “hemming” cuando no está siendo usado.

3.3.2 *Daño pistola C23.* La pistola o equipo de soldadura C23 es usado en la estación para como su nombre lo dice rematar puntos de soldadura que no pueden ser colocados en la estación del molde principal.

La causa raíz del daño de la pistola está relacionada al fallo intermitente de funcionamiento en la pistola al momento de aplastar el botón de soldadura, este fallo se produce debido al deterioro de los contactos internos dentro del cuerpo de la botonera.

Para corregir este problema en específico, pero también de manera integral ya que otros equipos de similares características pueden presentar una condición parecida al modo de falla definido durante la investigación, se plantean e implementan las siguientes acciones.

En la tabla 22 se describe las acciones planteadas sus responsables y fechas de implementación.

Tabla 22

Planes de acción mejora del “downtime” estación remate específico lh

Tarea	Responsable	Fecha cierre	Status
1.- Cambio de la botonera del equipo.	J. Delgado	14/2/2019	100%
2.- Revisión de las botoneras todos los equipos similares para detectar su condición actual y realizar el cambio de manera oportuna según su nivel de desgaste.	J. Delgado	18/2/2019	100%
3.- Corregir el ruteo de los cables de control y fuerza para el equipo C23.	C. Cordova J. Delgado	16/022019	100%

Fuente: GM-OBB mantenimiento suelda carrocerías

Elaborado por el autor

Las acciones fueron ejecutadas por el equipo de mantenimiento de suelda de carrocerías según las ordenes de trabajo levantadas por el área de producción, adicionalmente se realiza el seguimiento del desempeño del equipo durante una semana completa de trabajo evidenciando que no se vuelven a repetir ningún de estos modos de fallo.

Al ser la estación de remate específico la estación de top de paras de la celda es claro que la mejora lograda en ésta estación apalanca una mejora general de toda la celda. En la tabla 11 se mostró que el tiempo de paras de la estación en los últimos tres meses fue de 47,80 minutos y luego de las mejoras planteadas las paras son inexistente. En la tabla 23 se muestra la mejora lograda en el indicador de “downtime” ya que como se observa se han reducido de 4,06 minutos diarios a 0,00 minutos de para. Si este tiempo de para evitado se divide para el TT entonces se puede obtener una ganancia de 0,94 unidades por día (jpd) en la celda gracias a la eliminación de los tiempos de para tanto en el quipo *hemming* como en la pistola C23.

Tabla 23

Mejora de indicadores de producción y productividad estación de remate específico lh celda Gran Vitara

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
DT	4,06	0,000	-100,00%
Jpd ganado	0,000	0,94	0,94%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado Diego Sáenz.

3.4 Mejora del DT (paras) en la celda de Grand Vitara estación molde principal

3.4.1 *Agujero de asentamiento fuera de especificaciones.* Durante el análisis de la causa raíz de las fallas repetitivas en molde principal, se descubrió que la causa raíz del no asentamiento del piso delantero lh se debía a que el agujero donde ingresa el pin de la mesa presenta variación dimensional en su diámetro esto debido a que el proceso de conformado del piso no es capaz.

La solución definitiva para corregir este problema será planteada pero no será implementada hasta la terminación de este estudio debido a que el estampado del piso delantero se produce en la fuente de producción en Japón. Debido a esta consideración se solicita el soporte del área de confiabilidad para realizar el reclamo pertinente a la fuente usando como evidencia para el reclamo el análisis realizado en el capítulo 2 de este estudio. Mientras sucede la corrección solicitada a la fuente, se propone implementar un

dispositivo a prueba de error o “pokayoque” para validar los pisos antes de ser ingresados a producción en serie. Ésta acción se puede considerar como una acción curita y no definitiva ya que si bien es cierto se cumplirá con el fin de eliminar las paras en el molde principal, la verificación de la parte antes de ingresar a línea es por sí mismo un desperdicio que será absorbido temporalmente por el área de manejo de materiales.

En la figura 55 se puede apreciar el “pokayoque” utilizado para la revisión del piso este sistema pasa no pasa identifica los pisos con los agujeros fuera de especificación inferior los mismos que son segregadas a la zona de producto no conforme para ser re-trabajados en el área de salvamento sin involucrar ninguna condición de riesgo para la estabilidad dimensional del vehículo ya que este agujero sirve únicamente y como ese explicó con anterioridad para posicionar el piso en el jig del molde principal y evitar que este se mueva durante la operación de soldadura.



Figura 55. “Pokayoque” agujero piso delantero celda GV suelda de carrocerías,

Fuente: GM-OBB calidad suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

3.4.2 *Atraso operador.* La segunda causa de falla detectada en la estación del molde principal esta direccionada al atraso del líder de equipo quien tiene como una de sus responsabilidades cubrir los puestos de los operadores cuando existan ausencias en el equipo. Sin embargo, es fácil suponer que si el líder no conoce los puestos ya sea porque

no los ha aprendido o porque no ha estado actualizado en la ejecución de las tareas difícilmente logrará cubrir dichos puestos con la velocidad para lograr producir con el att establecido. La solución propuesta establece la implementación de un cronograma de rotación, basada en tres reglas. Este procedimiento permitirá asegurar que el líder permanezca actualizado para ejecutar la operación cuando sea requerido.

Regla 1. Todo let debe rotar por cada puesto u operación de su equipo de trabajo una vez por mes como mínimo.

Regla 2. Si no se cumple con la regla uno, el let perderá su certificación y deberá iniciar su entrenamiento desde cero en todas las estaciones. Este evento será registrado como una falta dentro de su evaluación de desempeño.

Regla 3. El let debe estar certificado al 100% en todas las operaciones lo que significa que es capaz de realizar todas las tareas y de enseñarlas a potenciales nuevos miembros permitiendo generar un plan efectivo de rotación.

En el anexo R, se muestra el plan de rotación establecido para el líder de equipo y la cartilla de certificación usada para dar seguimiento y control al plan de entrenamiento del let.

Este plan de acción se propone como una buena práctica para ser compartida con todos los demás equipos de trabajo del área y de otras áreas de manufactura como pintura, ensamble y materiales y calidad.

3.5 Desbalanceo de cargas de trabajo celda GV estación componente de motor lh

Durante la investigación realizada en el apartado 2.5.3.1 se evidenció que la estación de componente de motor lado lh como parte de sus actividades recibe y moviliza tres subconjunto de las estaciones precedentes este exceso de carga al movilizar o transportar los subconjuntos se convierten en un tiempo que no puede ser absorbido dentro de su tiempo de ciclo y que genera demoras en esta estación siendo esta la primera en la línea central. Bajo esta consideración y como se observa en la tabla 14 la estación presenta un valor de “sigma ct” del 113,14% es decir que los operadores demoran 13,14% más que el ATT.

En otras palabras, la estación es un cuello de botella por capacidad adicionalmente la variable es decir las actividades que no agregan valor corresponden al 56,63% de todo el tiempo de ciclo y una parte importante de este porcentaje de desperdicio está relacionado con los movimientos realizados para transportar la partes. Al realizar el análisis y para corregir este problema se realiza un contraste entre los indicadores de productividad de la estación contra los de las estaciones precedentes de remate de bóveda lh, remate dash panel y remate panel frontal con la finalidad de identificar aquellas estaciones a las que se podría mover carga de trabajo sin embargo y como se puede apreciar en la figura 56, los tiempos de ciclo de las estaciones en su mayoría están al límite y únicamente la estación de remate de bóveda lh podría recibir alguna actividad con un tiempo máximo de 20 segundos ya que con este tiempo completaría su tiempo de ciclo e igualaría al “actual takt time” (ATT) establecido

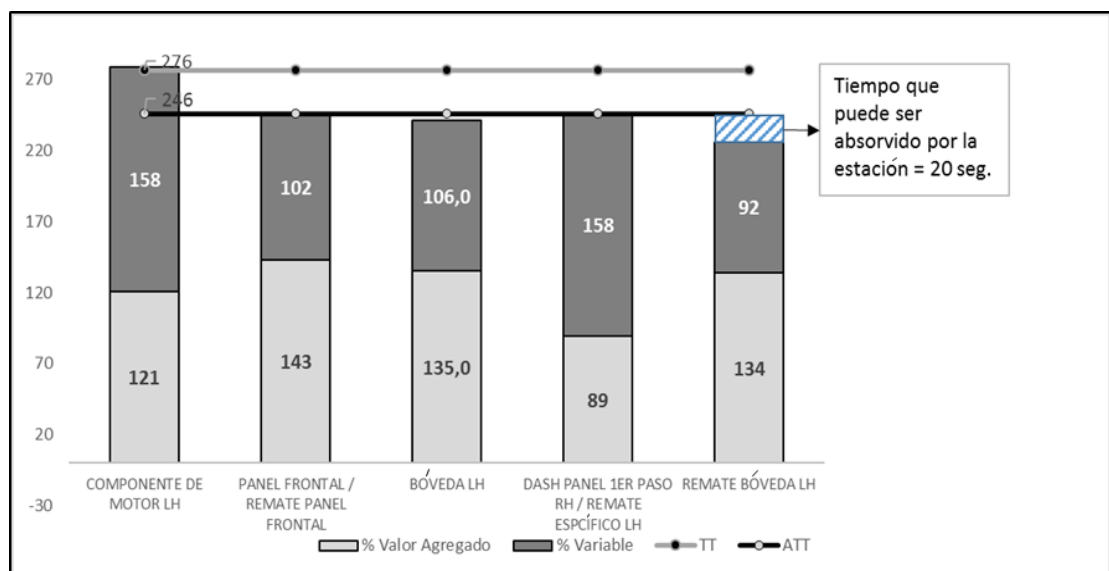


Figura 56. Pared de balanceo celda GV suelda de carrocerías

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

La primera solución entonces es retirar la actividad de transporte de la bóveda lh hacia el jig de componente de motor y transferir ese tiempo de 16 segundos hacia el operador de la estación de bóvedas lh. Si bien este ejercicio ha aliviado en algo al operador del lado lh de la estación de componente de motor no es suficiente para garantizar una operación sin demoras aún al retirar los 16 segundos la estación tiene un tiempo de ciclo de 263

segundos es decir aún hay 17 segundos que deben ser mejorados. Dado que no es posible realizar un cambio de carga de trabajo entre estaciones, es necesario mejorar las paredes de balanceo en la celda de gran vitara utilizando otras acciones como la implementación de herramientas, dispositivos, “pokayokes” y otras alternativas que optimicen el tiempo de operación de los operadores reduciendo desperdicios de tiempo relacionados con exceso de movimientos, transportes innecesarios, esperas, re-trabajo entre otros.

En el anexo L, se muestra el diagrama actual de movimiento que realiza el operador para cumplir con las 23 tareas definidas en su operación como se puede observar el diagrama muestra gran complejidad en los desplazamientos y una gran cantidad de cruces entre zonas para mejorar esta condición se realiza un cambio en la secuencia de ejecución de los pasos logrando una reducción del tiempo de ciclo de la estación de 279 segundos a 239 segundos es decir 40 segundos mejor que el actual. Las principales acciones tomadas fueron:

1.-Intercambio de lado de las pistolas de soldadura. En el “layout” original de la estación se observa que la pistola Nox K1261 se encuentra al lado izquierdo del equipo #002 y la Nox K1260 al lado derecho esta condición genera movimientos innecesarios del operador la mejora implementada es el cambio de lado de las pistolas.

2.- Transferir tiempo de traslado de la bóveda lh hacia el operador de la misma estación con esto se logra que el operador de la estación de componente reciba el material en el punto de uso y no se desplace como antes.

3.- Eliminar de sus tareas de envío del componente de motor a la estación siguiente transfiriendo esta actividad al operador del mismo proceso en el lado derecho cuya pared de balanceo le permite recibir esta tarea adicional.

El beneficio logrado en cuanto a la reducción del exceso de movimiento como resultado de la implementación de las acciones de mejora, se puede mirar gráficamente en la figura 57, en la que es evidente una mejora sustancial en los tiempos de desplazamiento, así como la eliminación de cruces innecesarios entre equipos de soldadura.

En el anexo S, se presenta la nueva secuencia de operación con las mejoras planteadas haciendo posible comparar las paredes de balanceo antes y después de la mejora lograda.

En la figura 58 se aprecia como el tiempo total de ciclo CT de la estación se reduce logrando ubicarse dentro del att requerido. El tiempo de operación que agrega valor se ha mantenido en los 121 segundos mientras que el tiempo de la variable es decir todo lo que es desperdicio dentro de la operación se redujo en 40 segundos y con ello se logró una reducción en el exceso de movimiento del operador en un 25,31%.

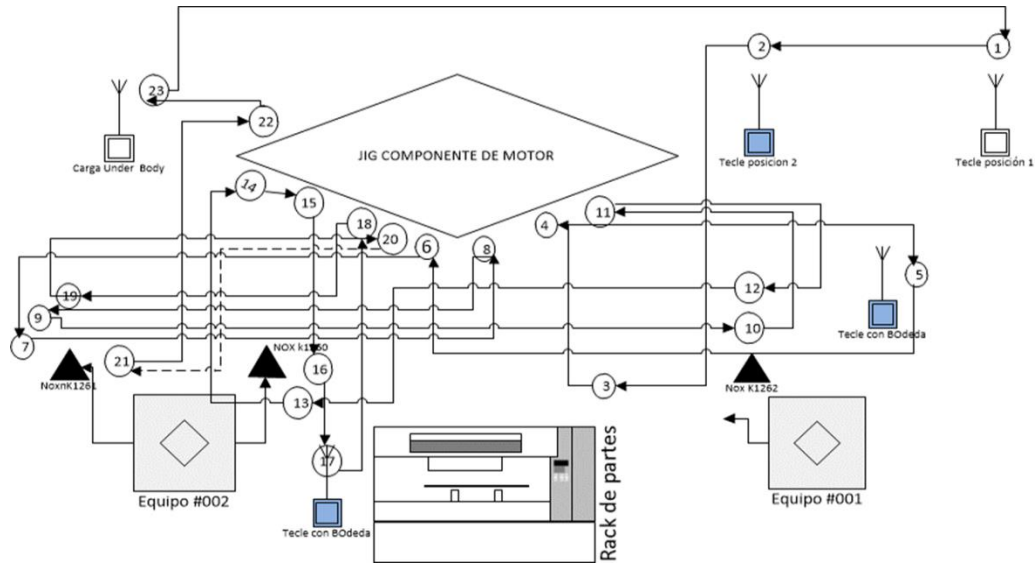


Figura 57. Flujo de movimiento mejorado componente de motor lh celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

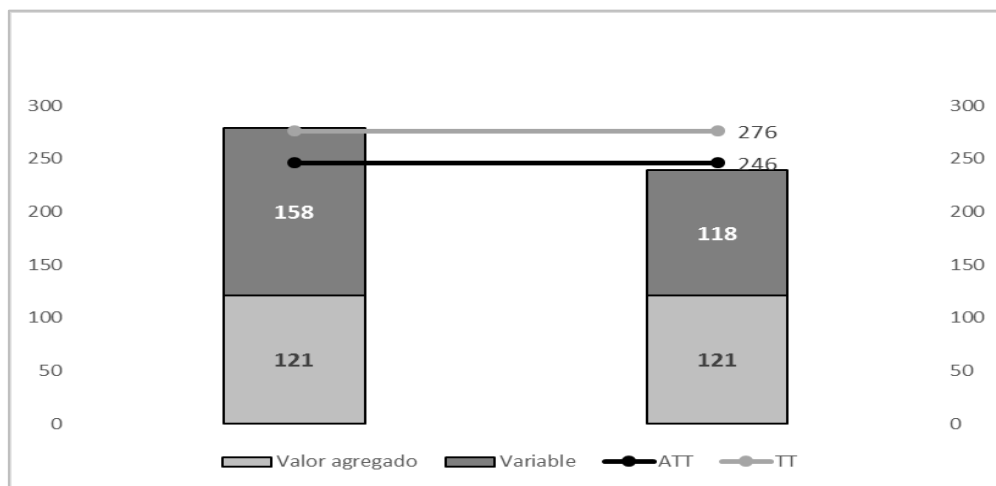


Figura 58. Pared de balanceo mejorada componente de motor lh celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Finalmente se presenta en la tabla 24, la mejora lograda en los indicadores de producción y productividad en la estación. La tabla 22 muestra que la estación como tal ha logrado una mejora en su capacidad de producción de 2 unidades adicionales por hora de trabajo lo que equivalente a un 16,74.

Tabla 24
*Mejora de indicadores de producción y productividad estación
componente de motor celda GV*

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
Sigma CT	113,46%	97,15%	14,37%
Valor agregado	43,37%	50,63%	16,74%
Variable	56,63%	49,37%	12,82%
Jph ganado	12,90	15,06	16,74%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado Diego Sáenz

3.6 Desbalanceo de cargas de trabajo estación de techos celda Grand Vitara

Existe una razón importante para resolver de manera prioritaria la condición de la estación de techos y es que como se detalló en el apartado 2.5.3.3 en esta operación el 66,40% del tiempo está destinado actividades que no agregan valor y fuertemente relacionadas al desperdicio de exceso de movimiento ya que como se observa en la figura 42 el operador realizar una caminata alrededor del de todo el jig de soldadura utiliza 4 pistolas de soldadura para la operación.

La solución a aplicar para mejorar esta condición es la implementación de un sistema de giro en el jig del techo con esto el operador ya no requiere desplazarse por su perímetro si no que es el techo el que gira a voluntad del operador y únicamente requiere de un solo equipo de soldadura. En la figura 59 se muestra la implementación del sistema de giro en base a un motor eléctrico y activado por un pedal comandado por el operador logrando reducir el tiempo de caminar en 58 segundos.

Con la mejora lograda y que se puede observar en la figura 59, la nueva configuración de la estación permite aprovechar el tiempo liberado en la operación de techos para mejorar los tiempos en las estaciones de lateral rh y “tabbing rh”.



Figura 59. Sistema de giro jig estación de techos celda GV

Fuente: GM-OBB mantenimiento suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Un beneficio adicional de la mejora es que ya no son requeridos las cuatro pistolas de soldadura ya que con un solo equipo estacional se cubren todos los puntos requeridos en el proceso.

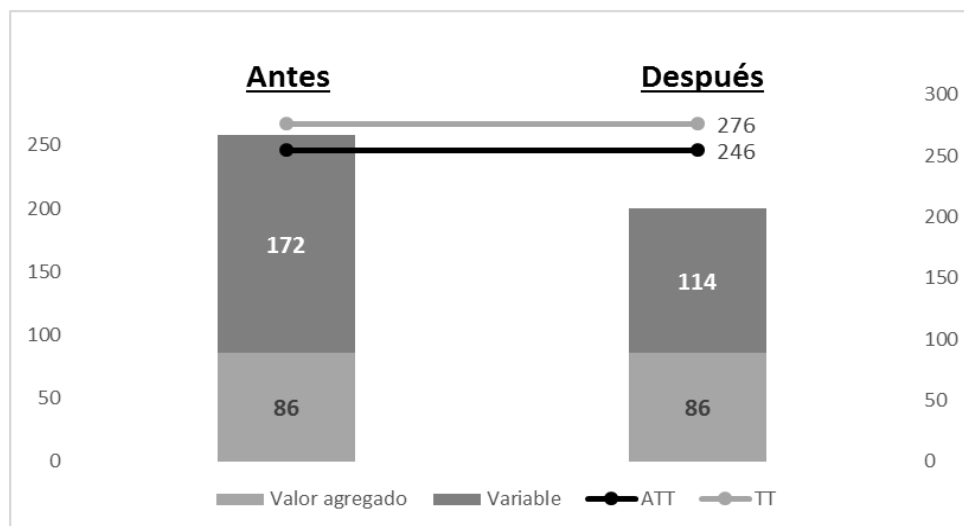


Figura 60. Pared de balanceo estación techos celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En la figura 60, se presenta la comparación de tiempos en la estación entre el tiempo de ciclo anterior y el tiempo de ciclo mejorado, efectivamente la mejora en la reducción del tiempo de caminar del operador ha permitido que la estación presente un tiempo de ciclo de 200 segundos. La primera impresión al analizar la figura 60 es que el tiempo mejorado hace que el operador de la esta estación tenga 58 segundos de espera u ocio entre cada ciclo, sin embargo, es justamente este tiempo el que será utilizado para balancear las cargas de trabajo en las estaciones de lateral y “tabbing rh”.

3.7 Desbalanceo de carga de trabajo remate “under body / tabbing rh” celda GV

La estación de remate “under body” y “tabbing rh”, opera con un soldador realizando actividades espejo, es decir, similares a las del lado lh con la particularidad que, en el lado rh el operador debe realizar la tarea de la toma de techos desde del rack donde y como se identificó en el apartado 2.5.3.2 se genera un inventario innecesario de paneles de techos que luego deben ser transportados luego hacia el jig del “tabbing”. El tiempo de ciclo como se pudo observar en la tabla 15 muestra una sobrecarga de 1,16% respecto al att lo que significa que es necesario reducir por lo menos 15 segundos para igualar al att. En la figura 61, se observa la pared de balanceo y el tiempo en exceso que tiene la estación.

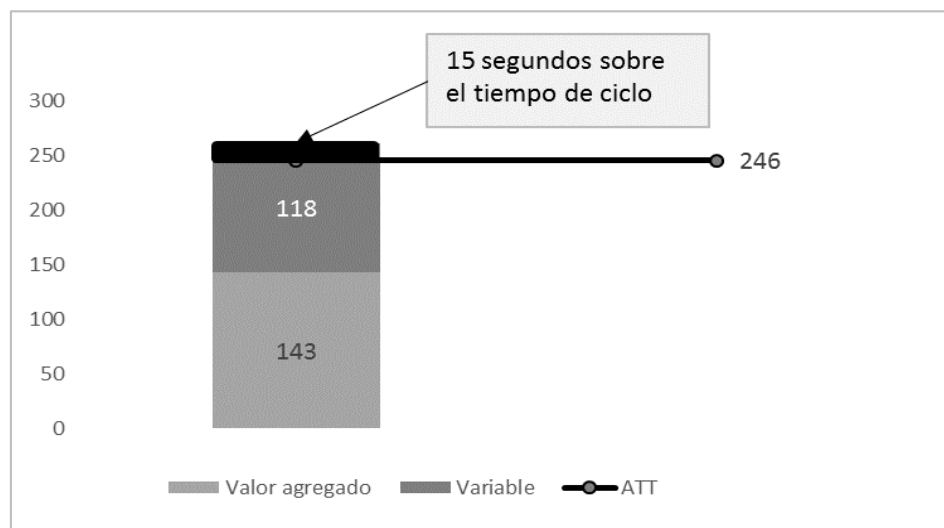


Figura 61. Pared de balanceo estación remate “under body / tabbing” celda GV

Fuente GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Las soluciones planteadas para mejorar el tiempo de ciclo en la estación estarán orientadas a distribuir el tiempo de la última actividad detallada en el trabajo estandarizado mostrado en el anexo M, hacia la estación de techos, dicho de otro modo el tiempo requerido para tomar el techo desde el rack y trasladarlo hacia el jig de “tabbing” que es de cinco segundos lo realizará el operador de techos dado que este dispone de 58 segundos liberados como resultado de la mejora en el tiempo de dicha estación. Si bien se ha logrado mejorar en 5 segundos la pared de balanceo aún se requiere la mejora de al menos 10 segundos más.

Para lograr una nueva optimización de tiempo se mejorará el diagrama de flujos y movimientos en la estación. En el “layout” del anexo M se puede apreciar que la estación consta de 2 equipos de soldadura, el equipo 1 con las pistolas Nox K1257 y la pistola Nox K1259 y el equipo 2 con la pistola Noc 1462. Como se puede observar en los códigos de las pistolas del equipo 1, estas presentan similares características de soldadura por lo que se plantea eliminar la pistola Nox 1259 y realizar los puntos de soldadura de esta pistola con la Nox 1257 realizando un desplazamiento del equipo 1 un metro hacia la derecha para garantizar que este tenga el alcance necesario para la colocación del punto 9 en la secuencia de trabajo estandarizado

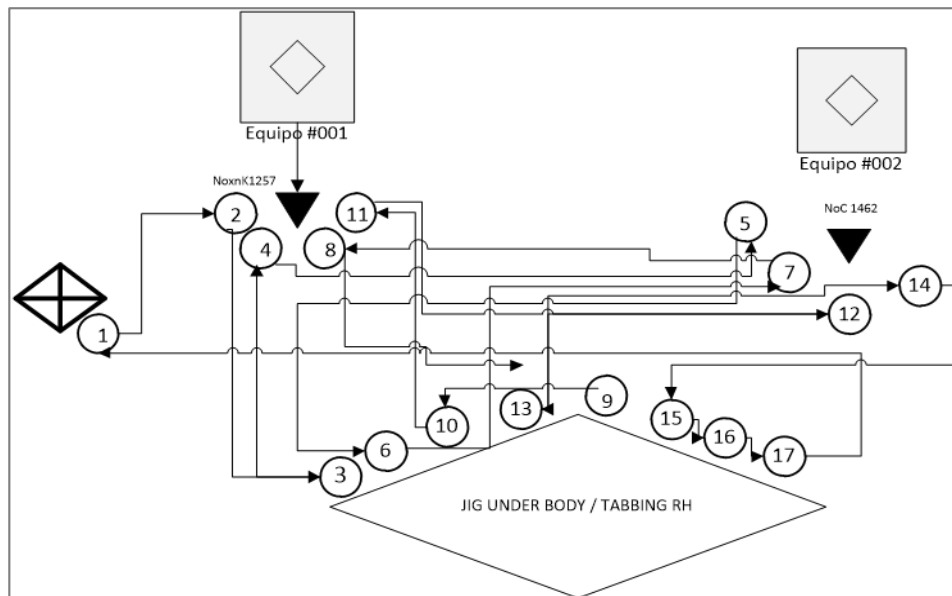


Figura 62. Flujo mejorado de movimiento “under body rh / tabbing” celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Con las acciones implementadas la nueva pared de balanceo lograda asegura el cumplimiento de la producción de esta estación dentro del tiempo de operación (att) máximo permitido. En la figura 62, se muestra la mejora realizada en el flujo de movimiento del operador mientras que en la figura 63, se muestra una comparación entre la pared de balanceo anterior y la nueva. Esta nueva secuencia reduce dos actividades permitiendo optimizar quince segundos más a los ya logrados en el balanceo con la estación de techos

En el anexo T, se evidencia la nueva secuencia de trabajo para la estación y los nuevos tiempos de la misma.

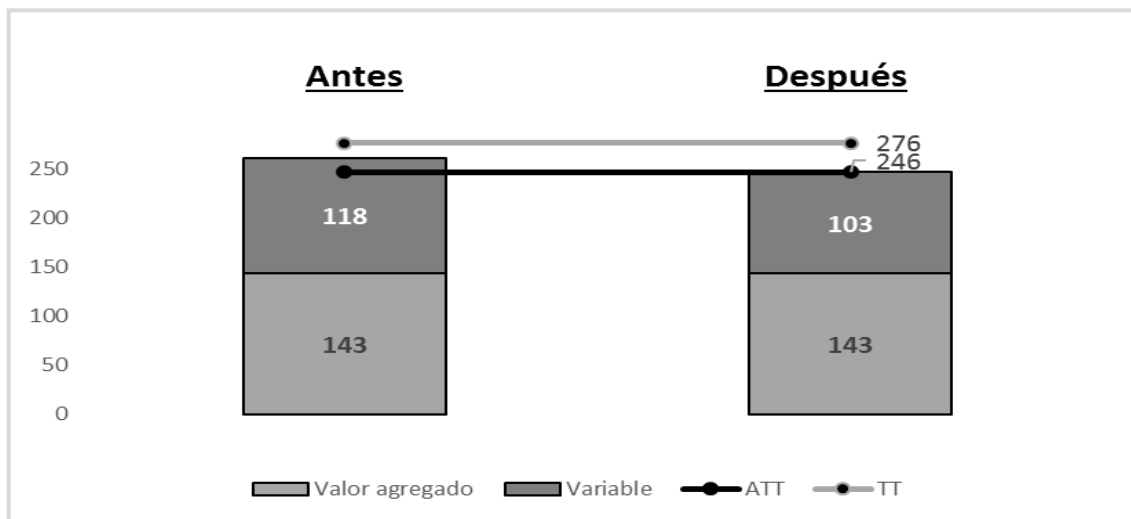


Figura 63. Pared de balanceo mejorada remate “under body / tabbing rh” celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Ahora bien, con las mejoras implementadas es posible realizar una comparación entre los indicadores de productividad de la estación con la condición anterior y la nueva situación. Al analizar los resultados de la tabla 25, se aprecia la mejora lograda en la estación de remate “under body y tabbing”, siendo el indicador de jph el que muestra la mayor mejora dentro de los principales indicadores de desempeño de la estación.

Tabla 25

Mejora de indicadores de producción y productividad estación remate “under body y tabbing” celda GV.

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
Sigma CT	106,14%	98,80%	6,92%
Valor agregado	54,79%	58,13%	6,10%
Variable	45,21%	41,87%	7,39%
Jph	12,90	14,63	13,41%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado Diego Sáenz.

Desbalanceo de cargas de trabajo lateral lh.

Durante el análisis de las causas que hacen que la estación presente un tiempo de ciclo superior al att es la actividad de soldadura de la toma de combustible, la cual tiene un tiempo de tarea de 17 segundos. La mejor alternativa para transferir la actividad y el tiempo de la misma es y cómo se puede mirar en la figura 64, es la estación de remate “under body y tabbing lh”. Ésta estación presenta un tiempos de ciclo de 209 segundos tiempo que está muy por debajo del att con lo que esta estación y su operador dispone de 38 segundos de desperdicio relacionado con esperas, permitiéndolo tomar sin inconvenientes esta actividad dentro de su trabajo estandarizado adicionalmente se encuentra junto a la estación de lateral lo que permitiría al operador de la estación de remate y “tabbing” usar la pistola de la estación de lateral sin necesidad de adecuar una pistola adicional en la estación de remate y “tabbing lh”.

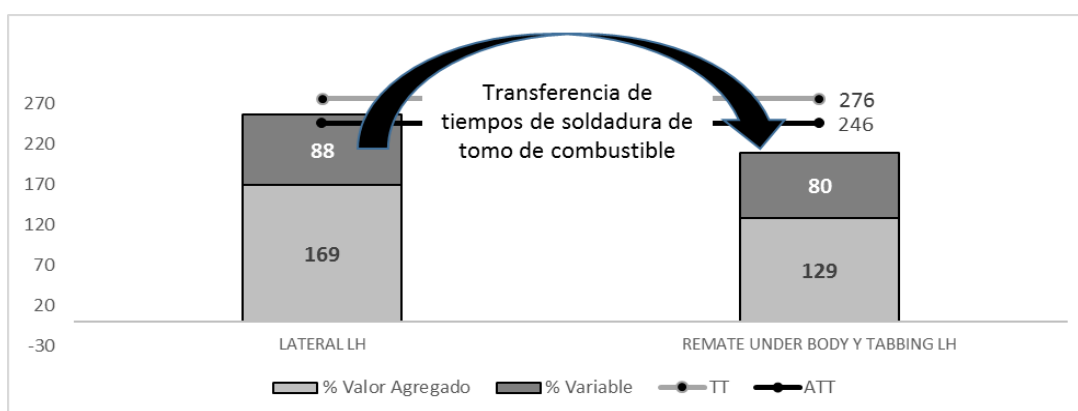


Figura 64. Pared de balanceo remate “tabbing lh” vs estación lateral lh celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En la figura 65 se puede mirar el cambio la nueva configuración de las paredes de balanceo al transferir los 17 segundos de la estación de lateral lh hacia la estación de remate “under body y tabbing lh”.

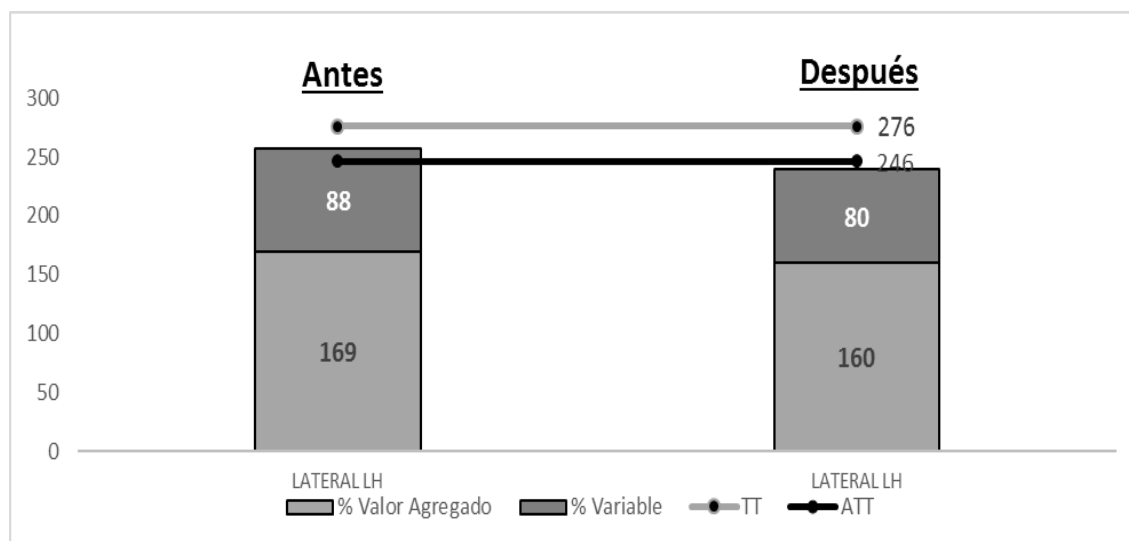


Figura 65. Pared de balanceo estación lateral lh celda GV

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Los indicadores de productividad de las dos estaciones involucradas en el balanceo se muestra en la figura 66 donde se puede notar que la transferencia de tiempos no solo mejora el tiempo de ciclo de la estación de lateral sino que también se mejoran los indicadores de productividad de la estación de remate “under body y tabbing” al asignarle 17 segundos que corresponden a valor agregado así como también una mejora en su “sigma ct” que se incrementa desde un 84,99% hasta 91,91%, obtenido una mejora de 6,91 puntos porcentuales respecto a la condición anterior.

El objetivo de este rebalanceo entre las dos estaciones analizadas es logrado y aunque al transferir tiempo de valor de agregado desde la estación de lateral hacia remate “under body” lh se observa un decremento en su porcentaje de valor agregado de 5,33% el resultado final neto entre las dos estaciones es beneficioso ya que se logra un incremento en la capacidad de producción de la estación cuello de botella de lateral lh desde 14,01 jph hasta 15,93 jph, un resumen de lo expresado se muestra en la tabla 26.

Tabla 26

Indicadores de productividad lateral – “under body/ tabbing lh” celda GV

LATERAL LH

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
Sigma CT	104,51%	97,60%	6,61%
Valor agregado	68,73%	65,07%	-5,33%
Variable	35,79%	32,53%	9,09%
Jph	14,01	15,00	7,08%

REMATE UNDER BODY Y TABBING LH

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
Sigma CT	84,99%	91,91%	6,91%
Valor agregado	52,46%	56,12%	6,98%
Variable	32,53%	35,79%	-10,00%
Jph	17,22	15,93	-7,52%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado Diego Sáenz

3.8 Desbalanceo cargas de trabajo estación componente de motor celda D-Max

Durante el análisis de causa raíz en el punto 2.5.4.1 se encontró como principal causa raíz de la baja capacidad de la estación el exceso de movimientos realizado para transportar los componentes de los procesos previos hacia el jig de componente de motor. También se consideró necesario realizar un análisis de manera sistémica entre la estación de componente de motor y las estaciones de bóvedas tanto lh como rh considerando que las mencionadas estaciones presentan tiempos de ciclo por debajo del att requerido en casi un 9%. En realidad, la solución a este problema de capacidad y dada la experiencia previa adquirida durante el rebalanceo en la celda de Grand Vitara, se vuelve relativamente fácil de proponer y aplicar y es que la solución pasa por transferir el movimiento de estas partes desde las bóvedas hacia el componente de motor hacia los operadores de bóvedas, con esto logramos dos efectos el primero y quizás la más importante, es liberar carga de trabajo para el operador de componente de motor y la segunda es lograr incrementar actividades al tiempo de ciclo de las estaciones de “under body” con lo que se evitará otro de los indeseables desperdicios que se generaban como es el exceso de inventario de bóvedas. Es importante notar que para el balanceo realizado no se ha transferido carga hacia la estación de panel frontal por considerarlo contraproducente ya que esta estación

se encuentra con tiempo de ciclo moderado y no convendría cargar los 10 segundos de traslado de este subconjunto que hoy lo hace el operador del jig de componente de motor ya que la estación excedería el att requerido.

En la figura 66 se presenta la nueva pared de balanceo con los cambios realizados, mientras que en la tabla 27, se presentan los principales indicadores de productividad de las estaciones donde se observa que el valor de “sigma ct” de las estaciones de bóveda presentan una mejora respecto a la condición anterior sin embargo se evidencia un deterioro en cuanto a los resultados de valor agregado y un mayor porcentaje de la variable en estas estaciones, esto sucede debido a que los 8 y 10 segundos transferidos aunque, han sido movidos a unas estaciones con tiempos de ciclos bajos no dejan de ser desperdicios en el proceso productivo.

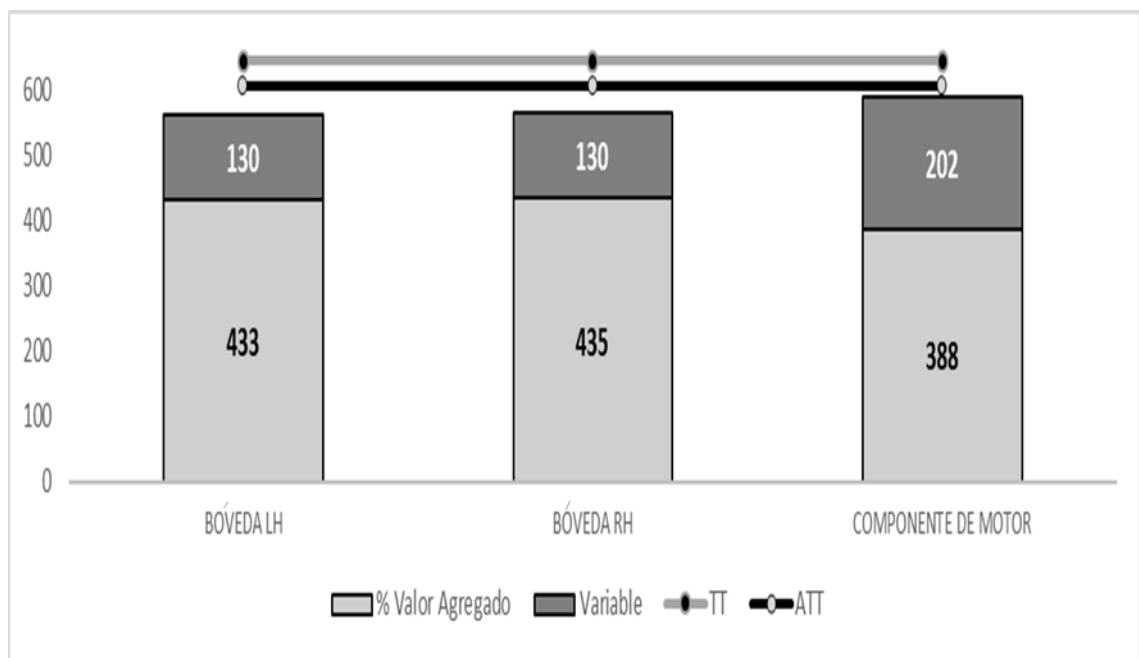


Figura 66. Pared de balanceo estación componente de motor celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Tabla 27

Mejora de indicadores de producción y productividad estación componente de motor celda D-Max

	Sigma ct		VA		VAR		jph	
	antes	ahora	antes	ahora	antes	ahora	antes	ahora
Componente de motor	100,82%	97,52%	63,61%	65,76%	36,39%	34,24%	5,90	6,10
Bóveda lh	91,73%	93,06%	78,02%	76,91%	21,98%	23,09%	6,49	6,39
Bóveda rh	91,40%	93,39%	78,66%	76,99%	21,34%	23,01%	6,51	6,37

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado Diego Sáenz

El balance final de la mejora realizada es superior a los contras mencionados ya que, a pesar de mirar un deterioro de algunas métricas de las estaciones de bóvedas, se ha logrado eliminar un cuello de botella en la línea central por lo tanto se mantiene las acciones planteado como solución definitiva logrando una capacidad de producción en la estación de 6,1 unidades por hora lo que equivale en la jornada de 420 minutos a una producción diaria de 42 unidades día logrando superar en 2 unidades la demanda.

Desde el punto de vista de asegurar un adecuado balanceo para futuras ocasiones se considera importante realizar una capacitación de balanceo de líneas hacia los líderes de equipos (lets) quienes son los que ejecutan dichos balanceos, es notorio que existió un inadecuado balanceo originalmente que pudo ser resuelto con anterioridad.

En el anexo U se muestra la asistencia de los lets al curso dictado por el controlador de producción con la finalidad de asegurar que estos tengan el conocimiento necesario para realizar balanceo adecuados cuando sea requerido.

3.9 Tiempos de espera y reprocesos en la estación suelda mig/mag celda D-Max

La estación de guardafangos fue analizada en el numeral 2.5.5 y 2.5.6 de este estudio en donde se pudo identificar dos modos de fallo en la estación.

El primero referente al desplazamiento del operador para colocar el cordón de soldadura en el lado derecho de unidad ya cuenta con un solo equipo. Para resolver este problema

se realiza la compra de un segundo equipo variostar con esto evitamos tiempo perdido generado por la manipulación del cable y de la antorcha de un lado al otro ahorrando 12 segundo por dicha manipulación

EL segundo modo de falla y quizás el más relevante está relacionado al desperdicio de correcciones dado que el operador por tratar de ganar velocidad en la colocación del cordón de soldadura modifico los parámetros del equipo por su propia cuenta. La solución a este problema es proporcionada por el equipo de mantenimiento quienes proponen realizar el bloqueo del equipo mediante claves de acceso conocidos únicamente por ellos y por el líder de grupo de producción. Con ésta acción, se evitará que el operador manipule a su discreción el equipo permitiendo mantener los parámetros de aplicación del cordón según lo establecido en el proceso.

En la tabla 28 se muestra la mejora en la pared de balanceo de esta estación por efecto de la reducción de tiempos en la variable al eliminar los 12 segundos de manipulación y la demora al realizar las correcciones en los parámetros de soldadura.

Tabla 28
*Mejora de indicadores de producción y productividad suelda mig/mag
componente de motor celda D-Max*

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
Sigma CT	101,49%	99,50%	1,95%
Valor agregado	82,08%	83,72%	1,99%
Variable	17,92%	16,28%	9,13%
Jph ganado	5,86	5,98	1,99%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

3.10 Exceso de movimiento estación techos celda D-Max

Como se mencionó con anterioridad esta estación presenta una causa raíz similar a la analizada para la estación de techos en la celda de Grand Vitara, es decir, el operador camina alrededor del techo para colocar los puntos de soldadura con la ayuda de cuatro pistolas ubicadas en las esquinas del jig tal. La solución es la implementación de

un sistema de giro en el jig de similares características al colocado en la celda de Grand Vitara.

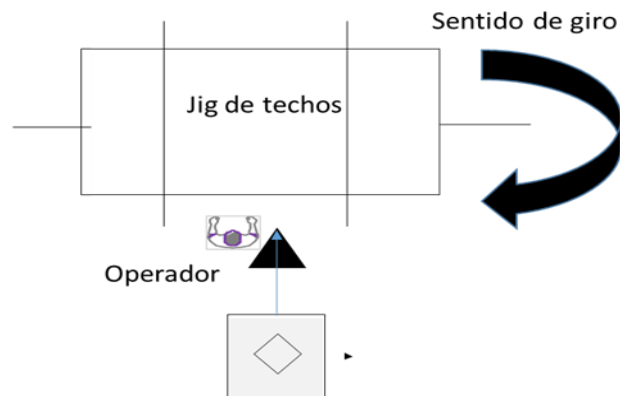


Figura 67. Flujo de movimiento del operador estación techos celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

La figura 67 presenta la mejora implementada con una mejor condición de 5's debido a la eliminación de tres equipos que ya no son requeridos. El impacto logrado puede evidenciarse en la tabla 29, donde se puede observar la mejora en la variable de la estación desde 57,89 % hasta un 54,80% representando una mejora de 5,33 puntos porcentuales, gracias a la reducción del tiempo de caminar del operador. Adicionalmente la estación logró un incremento en su capacidad de producción de 0,43 jph equivalente a un 7,33% más en su capacidad de producción.

Tabla 29

Mejora de indicadores de producción y productividad estación techos celda D-Max

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
Sigma CT	101,65%	94,71%	6,83%
Valor agregado	42,11%	45,20%	7,33%
Variable	57,89%	54,80%	5,33%
Jph ganado	5,85	6,28	7,33%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

3.11 Cuello de botella estación de guardafangos celda D-Max

En el apartado 2.5.6 mientras se realizó la investigación de la razón por la cual la estación a pesar de tener un tiempo de ciclo menor al att calculado no logra cumplir con la producción requerida se detectó que la verdadera causa raíz del problema se debe a que de manera frecuente el operador se equivoca en la colocación de los soportes de guardafangos ya que tanto los soportes derechos como izquierdos son presentados en la estación en el mismo rack. Para corregir este problema se implementan dos acciones sencillas, pero altamente efectivas que permiten tener una redundancia en los controles para evitar se repitan nuevamente estos problemas.

La primera acción es construir un rack adicional para segregar correctamente los soportes derechos e izquierdos durante la operación como se observa en el “layout” de la estación en la figura 68, existen ya no uno sino dos racks en los que se entrega las partes. Esto ayuda a reducir el riesgo de que el operador se equivoque al tomar el soporte que le corresponde a cada lado.

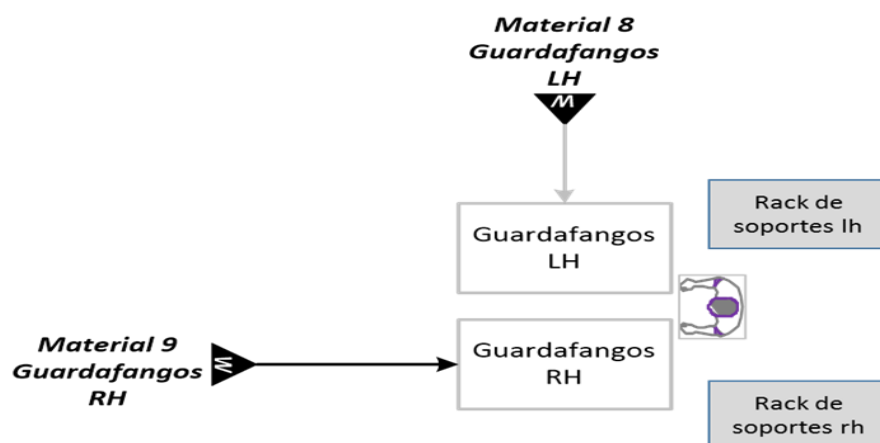


Figura 68. “Layout” con racks para soportes rh y lh techos celda D-Max

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

El segundo punto a ejecutarse es implementación de un “pokayoque” que permita al operador identificar el error de manera preventiva antes de cerrar el jig evitando la pérdida de tiempo valioso al tener que retirar todas las piezas para realizar el cambio por el soporte correcto. En la figura 69 se muestra el “pokayoque” implementado cuyo funcionamiento es bastante simple ya que consta de un final de carrera el mismo que se activa si se coloca la pieza equivocada

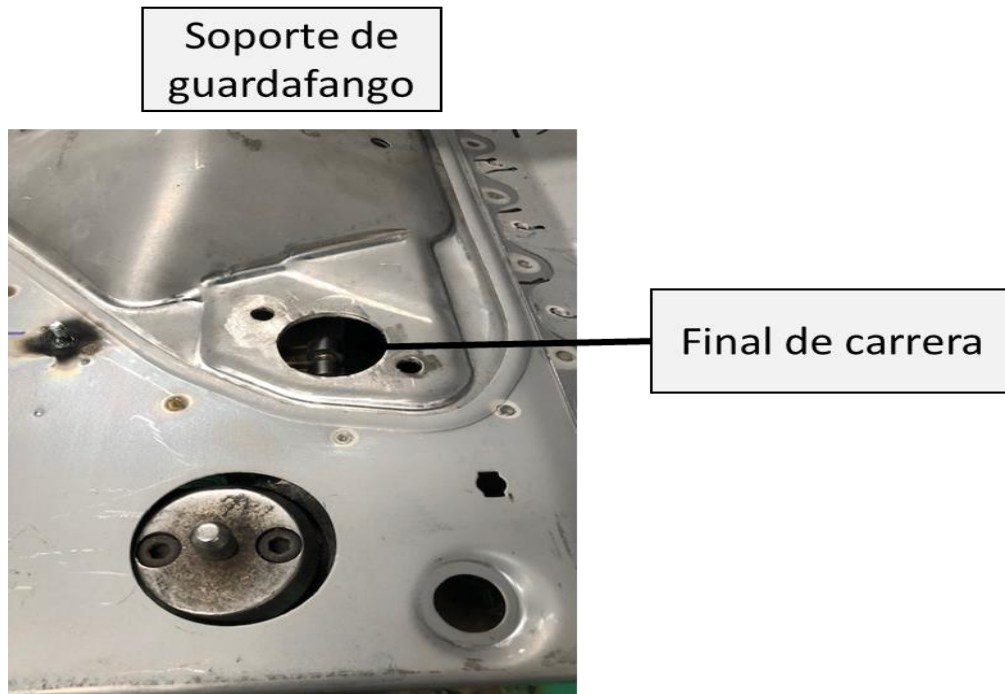


Figura 69. “Pokayoque” estación de guardafangos celda D-Max

Fuente: GM-OBB ingeniería de procesos suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Al activarse el final se cierra la válvula de paso de aire bloqueando el cierre del jig, lo que alerta al operador sobre error cometido.

Respecto a la mejora lograda al eliminar el tiempo perdido por realizar las correcciones o reprocesos por efecto de partes equivocadas, se obtiene un incremento o mejora en el mcbf y una reducción en cuanto al mttr de la misma. Con esto se obtiene como resultado final un SAA del 98% en la estación.

En la tabla 30 se muestra la mejora lograda en la estación mediante la implementación de las acciones previamente mencionadas.

Tabla 30

Mejora de indicadores de producción y productividad estación guardafango celda D-Max

Indicador	Antes	Ahora	% Mejora
Sigma CT	82,81%	82,81%	0,00%
Valor agregado	64,27%	64,27%	0,00%
Variable	35,73%	35,73%	0,00%
SAA	66,00%	98,00%	32,00%
Jph neto	4,74	7,04	48,48%

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor.

Al interpretar la tabla 30, se aprecia que los indicadores de “sigma ct”, valor agregado y variable no se mejoraron y es que es normal que esto suceda ya que el enfoque no oriento a realizar ninguna mejora respecto a los tiempos de operación sino más bien a corregir el excesivo tiempo de pérdida de producción por la equivocación en la colocación de los soportes de guardanfango, donde si se observa una mejora considerable en el SAA de la estación que paso de apenas un 66,00% hasta un 98.00% lo que permite lograr una capacidad real en esta estación de 7,04 unidades por hora es decir 1.04 unidades por sobre las 5,95 unidades establecidas como el requerimiento de la demanda y eliminando un cuello de botella en la estación. Otro punto a observar es que el “sigma ct” de la estación se mantiene en 82,81 % lo que significa que presenta tiempos de espera en su pared de balanceo, si bien es cierto esta condición no es la mejor en cuanto a la eficiencia de la estación permite tener una estación comodín para futuros balanceos si es requerido.

4 EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN (RESULTADOS)

Durante este capítulo se analizarán los resultados obtenidos como efecto de la implementación de todas las acciones diseñadas e implementadas durante el capítulo anterior.

4.1 Incremento de capacidad de las líneas de producción.

Es necesario recordar que el principal objetivo que este estudio buscaba es lograr incrementar la capacidad de producción de las estaciones en las que se determinó que no lograban alcanzar el volumen de producción para la nueva demanda de 127 unidades con una mezcla de 87 pasajeros y 40 comerciales, por lo tanto, el análisis de la efectividad de las acciones debe ser analizado de manera independiente entre las celdas de Grand Vitara y D-Max

4.1.1 *Incremento de capacidad Celda Grand Vitara.* En esta celda seis estaciones fueron identificadas como cuellos de botella cinco de ellas por su capacidad restringida y una que a pesar de tener un tiempo de ciclo menor al att no cumplía con la demanda ya que presentaba constantes paras que mermaban su capacidad. es importante establecer que el objetivo principal que se pretendió lograr es el incremento en la capacidad de producción de cada estación asegurando atender la demanda establecida. En la figura 70 se presenta la nueva pared de balanceo de la celda.

Como se puede apreciar en la figura 70 todas las estaciones presentan tiempos de ciclo menores al att lo que permite incrementar la capacidad de producción de la estación hasta el volumen diario requerido.

Ahora si bien, es cierto durante el estudio y mejora de cada estación se logró de manera individual el objetivo planteado, la capacidad real máxima posible de la celda tal como lo menciona la teoría de restricciones será igual a la capacidad de su eslabón más débil dentro del sistema.

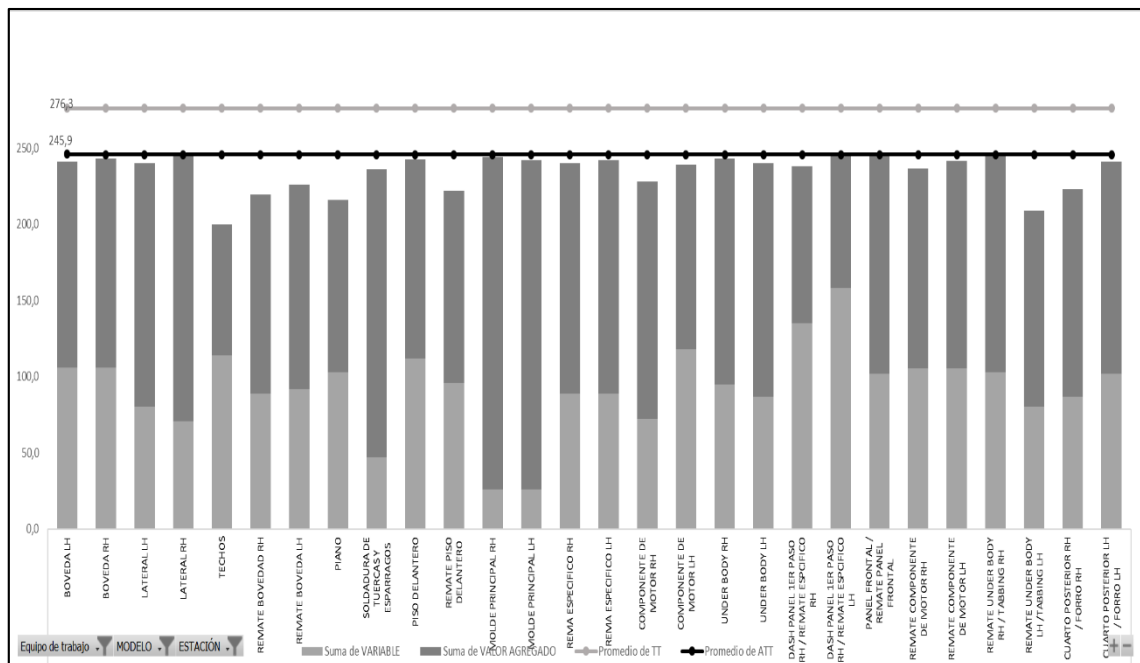


Figura 70. Pared de balaceo mejorada celda Grand Vitara

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Ahora bien respecto a la capacidad actual de la celda en la tabla 25 se pretende mostrar un resumen general de las nuevas capacidades de cada una de las estaciones del sistema como se puede apreciar no solo las estaciones que fueron trabajadas para resolver sus restricciones han mejorado sino que gracias a la estrategia disruptiva de cambios de celda simultáneos se han logrado incrementar el tiempo disponible de producción desde 400 minutos por día hasta 420 minutos diarios lo que permite una mejora sustancial como un todo en la celda de Grand Vitara.

La tabla 31, está ordenada de mayor a menor respecto a la capacidad actual de cada una de sus estaciones por lo tanto y apegados a los postulados de la teoría de restricciones si bien es cierto existen estaciones que pueden producir hasta 112 unidades por día de manera individual, el sistema como un todo no podrá producir más 91 unidades por día, capacidad definida por la estación de dash panel 1er paso y remate específico lh. De todas maneras, esta condición no compromete la efectividad del estudio ya que, aún que está, es la estación con menor capacidad aún es superior a la demanda del mercado.

Tabla 31

Tabla comparativa de capacidades antes y después de las mejoras

Estación	Jpd condición anterior		jpd condición actual	
	Capacidad anterior NWR (jpd)	Condición jpd 87	Capacidad actual NWR (jpd)	Condición jpd 87
TECHOS	83	nok	112	ok
REMATE UNDER BODY LH / TABBING LH	102	ok	107	ok
PIANO	99	ok	104	ok
REMATE BOVEDAD RH	97	ok	102	ok
REMATE PISO DELANTERO	96	ok	101	ok
CUARTO POSTERIOR RH / FORRO RH	96	ok	101	ok
REMATE BOVEDA LH	95	ok	99	ok
COMPONENTE DE MOTOR RH	94	ok	98	ok
SOLDADURA DE TUERCAS Y ESPARRAGOS	91	ok	95	ok
REMATE COMPONENTE DE MOTOR RH	90	ok	95	ok
DASH PANEL 1ER PASO RH / REMATE ESPECIFICO RH	90	ok	94	ok
COMPONENTE DE MOTOR LH	77	nok	94	ok
UNDER BODY LH	89	ok	93	ok
LATERAL LH	83	nok	93	ok
REMA ESPECIFICO RH	89	ok	93	ok
BOVEDA LH	89	ok	93	ok
CUARTO POSTERIOR LH / FORRO LH	89	ok	93	ok
REMATE COMPONENTE DE MOTOR LH	88	ok	93	ok
MOLDE PRINCIPAL LH	88	ok	93	ok
REMA ESPECIFICO LH	84	nok	93	ok
PISO DELANTERO	88	ok	92	ok
BOVEDA RH	88	ok	92	ok
UNDER BODY RH	88	ok	92	ok
MOLDE PRINCIPAL RH	88	ok	92	ok
PANEL FRONTAL / REMATE PANEL FRONTAL	87	ok	92	ok
REMATE UNDER BODY RH / TABBING RH	82	nok	91	ok
LATERAL RH	87	ok	91	ok
DASH PANEL 1ER PASO RH / REMATE ESPECIFICO LH	86	nok	91	ok

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

4.1.2 *Incremento de capacidad celda D-Max.* En está celda de producción el desafío se planteó en lograr un incremento de capacidad de producción desde 35 unidades por día hasta 40 unidades por día.

El resultado final logrado en está celda se muestra en la tabla 32 donde se presentan las nuevas capacidades de cada una de las estaciones en la celda. Como se puede apreciar las principales restricciones fueron vencidas y bajo la misma consideración usada en el análisis de la celda de Grand Vitara, a pesar de tener estaciones con capacidades mayores a la demanda la celda logrará como máximo una producción diaria de 40 unidades por día ya que varias de sus estaciones presentan éste como su límite de capacidad. y en este caso a diferencia de la celda de GV en la que logramos límites máximos de hasta 91

unidades por día es decir 4 más que el objetivo en la celda de D-Max el máximo de capacidad es igual a la demanda.

Tabla 32

Tabla comparativa de capacidades después de las mejoras celda D-Max

Estación	Jpd condición anterior		jpd condición actual	
	Capacidad anterior NWR (jpd)	Condición jpd 87	Capacidad actual NWR (jpd)	Condición jpd 87
Remate específico RH	40	ok	40	ok
Piso delantero paso 1 y 2	40	ok	40	ok
Underbody 1 y 2 LH	40	ok	40	ok
Suelda MIG	38	nok	40	ok
Panel frontal / Remate panel frontal	40	nok	40	ok
Piso posterior paso 1 y 2	40	ok	40	ok
Underbody 1 y 2 RH	40	ok	40	ok
Forros / Lateral LH	40	ok	40	ok
Forros / Lateral RH	40	ok	40	ok
Comp de motor LH	39	nok	41	ok
Remate específico LH	40	ok	41	ok
Tabbing RH	41	ok	41	ok
Tabbin LH	41	ok	42	ok
Techos	38	nok	42	ok
Boveda LH	43	ok	43	ok
Boveda RH	43	ok	43	ok
Guardafangos RH /LH	33	nok	49	ok

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

El resultado final alcanzado mediante la combinación de la capacidad de producción mejorada de cada una de las celdas operando con un patrón de producción con dos tripulaciones de manera simultánea, ha permitido los objetivos propuestos sean alcanzados y superados.

4.2 Mejora en el indicador de productividad.

4.2.1 *Productividad celda Grand Vitara.* Otro de los objetivos importantes a cumplir es obtener mejoras en los indicadores de productividad del área, obviamente el solo hecho de lograr incrementar la capacidad de producción de la celda sin la necesidad de más personal y con una baja inversión permite que se puedan producir más unidades con el mismo recurso. La tabla 25 muestra las principales métricas de productividad de la celda

siendo las horas hombre por unidad producida la más representativa para la evaluación de la gestión realizada.

La forma de realizar el cálculo de productividad se expresa en la siguiente fórmula:

$$Productividad (hpu) = \frac{(\# \text{ operadoares } \times \text{ horas pagadas})}{\text{unidades producida}}$$

Basados en la definición de la ecuación anterior tenemos que:

$$Productividad (hpu) = \frac{(28 \text{ operadores } \times 8 \text{ horas pagadas})}{87}$$

$$Productividad = 2,57 \text{ hpu}$$

En la tabla 33 se presenta los resultados obtenidos a partir de las mejoras realizadas y como se aprecia se el incremento de capacidad de la celda de 85 unidades a 91 por día con los mismos 28 operadores. Si bien es cierto y como se manifestó en el párrafo anterior la celda podría producir hasta 91 unidades la demanda es solamente de 87 unidades por lo que el cálculo se hace para esas 87 unidades y no se deberán producir más ya que esto provocaría un exceso de inventario de producto necesario.

Tabla 33

Tabla comparativa de productividad antes y después de las mejoras celda GV

Productividad		
Indicador	antes	actual
HC	28	28
Demanda (jpd)	85	91
Productividad (hpu)	2,64	2,46

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías
Elaborado por el autor

Gracias a las acciones implementadas la productividad de la celda logró una mejora de 0,08 hpu, en realidad la mejora en este indicador muestra una consideración importante ya que normalmente un incremento de capacidad demanda más recursos y esto deteriora la productividad, sin embargo, en este caso se logró un efecto contrario es decir un beneficio que representa un 3,0% de mejora respecto a la productividad anterior para un volumen de 120 unidades por día.

4.2.2 Productividad celda D-Max. En cuanto a la mejora de productividad lograda en esta celda los resultados se presentan en la tabla 34 donde se alcanza una de productividad de 0,54 hpu lo que equivale a un 12,44% de mejora respecto al escenario anterior.

Tabla 34

Tabla comparativa de productividad antes y después de las mejoras celda D-MAX

Productividad		
Indicador	antes	actual
HC	19	19
Demanda (jpd)	35	40
Productividad (hpu)	4,34	3,80

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

En la tabla 34 se observa que el objetivo se ha cumplido logrando el objetivo principal que es incrementar la capacidad de la celda usando la misma cantidad de operadores que en el patrón de operación anterior lo que permite en pocas palabras producir más con los mismos recursos disponibles apalancando el objetivo de productividad buscado.

Quizás la tabla 35 evidencia de mejor manera los números alcanzados ya no, solamente de cada una de las celdas sino los desempeños logrados como área total de suelda de carrocerías.

Tabla 35

Tabla comparativa de productividad Suelda de Carrocerías

Productividad		
Indicador	antes	actual
HC	47	47
Demanda (jpd)	120	131
Productividad (hpu)	3,13	2,87

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

4.3 Mejora en el costo estructural del área.

El costo estructural es un indicador clave para evidenciar la mejora en el proceso productivo desde el punto de vista financiero para el caso del área de suelda dicho costo estructural está marcado, por varias cuentas controlables por el shop como son el costo de mano de obra, costo de los equipos de protección personal, el consumo de energía, los costos de mantenimiento y el costo de daños y pérdidas de partes que pueden generarse durante el proceso productivo.

Para el cálculo del costo estructural en dólares por unidades se considera el costo de fabricación en dólares dividiéndolo para la cantidad de unidades producidas, tal y como se muestra a continuación.

$$\text{Costo estructural}(cpu) = \frac{(\text{costos de producción})}{\text{unidades producidas}}$$

A continuación, en la tabla 30 se muestran las cuentas inmersas en el cálculo y el *budget* asignado para un volumen 120 unidades y comparado contra el *forecast* con las mejoras implementadas para un volumen de 127 unidades por día. Es obvio suponer que al incrementar la cantidad de unidades en la fórmula el resultado de costo estructural será menor y beneficioso para los intereses del área de suelda de carrocerías.

La tabla 36, muestra que gracias a las mejoras realizadas se logró con apenas 20.976,80 dólares adicionales al presupuesto inicial anual (“budget”) se lograron incrementar 3239 unidades adicionales en el mismo período de tiempo que es de un año.

La interpretación del ahorro generado pasa por la comparación del costo en dólares por unidad establecido para el “budget” vs el nuevo “forecast” también en dólares por unidad como se puede apreciar este indicador basado en el “budget” mostraba un valor de 53,46 dólares por unidad mientras que para el nuevo volumen de 31.100 unidades el costo por unidad es de 48,86 dólares por unidad es decir 4,49 dólares menos por cada unidad producida si se multiplica este valor por la cantidad de unidades definidas en el “forecast” se estará determinando el costo ahorrado o evitado por el incremento de volumen que da como resultado un monto ahorrado de 139.789,89 dólares.

Tabla 36

Costo estructural “budget vs forecast”

Budget		Producción Financiera		27.861	1.486.609
Forecast		Producción real		31.100	1.519.646

Cuenta	Descripción		Total 2019	Costo evitado (\$/uni) Bgt vs Fcst	Costo evitado (\$)
S001	Mano de obra	Budget (\$)	1.083.961,00	4,05	126016,64
		CPU budget	38,91		
		CPU forecast	34,85		
S002	EPP (equipo protección personal)	Budget	41.062,00	0,15	4773,69
		CPU budget	1,47		
		CPU forecast	1,32		
S003	Energía	Budget	209.768,00	0,11	3409,93
		Forecast	230.744,80		
		CPU budget	7,53		
		CPU forecast	7,42		
S004	Mantenimiento	Budget	150.751,00	0,18	5465,58
		Forecast	162.811,08		
		CPU budget	5,41		
		CPU forecast	5,24		
S005	Daños y perdidas	Budget	1.067,00	0,00	124,04
		CPU budget	0,04		
		CPU forecast	0,03		
		Total Budget	1.486.609,00		139.789,89
		Total forecast	1.519.645,88		

Fuente: GM-OBB control de producción suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Otra conclusión que se puede obtener del análisis de la tabla en cada una de las cuentas que la componen son:

La cuenta S001 de mano de obra relacionada con salarios y beneficios es la que muestra el mayor ahorro logrado con un valor de 126.016,64 dólares, esto es lógico debido a que toda la mejora lograda se realizó con la misma cantidad de operadores “más con menos”.

Bajo la misma consideración anterior, en la cuenta S002 referente a los equipos de protección personal, se presenta un ahorro de 4.773,69 dólares, dado que al no aumentar operadores en la línea de producción entonces el consumo de estos elementos se mantiene constante independientemente del número de unidades.

Para la cuenta 3000 de energía muestra un comportamiento diferente a las otras cuentas y es que en ésta si se incrementa el valor del gasto respecto al “budget” desde 209.768,00 a 230.0744,80 dólares ya que se considera un mayor consumo de energía de los equipos de soldadura para producir las 3.239 unidades adicionales establecidas en el “forecast”.

Las cuentas S004 de mantenimiento también muestra un incremento en su valor anual subiendo de 150.751,00 dólares hasta 162.811,08 dólares este comportamiento en esta cuenta es normal ya que se espera un gasto adicional en el consumo de repuestos para los equipos por efecto de producir las 3.239 unidades adicionales. A pesar de este incremento en el costo total el costo-beneficio logrado en esta cuenta es positivo al realizar la evaluación de costo por unidad logrado.

Por último, la S005 de daños y pérdidas se mantienen constante respecto al incremento de unidades considerando que no deben existir un incremento inusual en este rubro.

En el anexo V se despliega la tabla de costo estructural desglosado para cada mes y sus respectivas cuentas.

4.4 Mejoras en la calidad del proceso productivo.

Las mejoras en los resultados de calidad del área serán evaluadas a través de un indicador de gestión conocido como DRL (“Direct Run Loss”) el mismo que mide la cantidad de defectos por cada 100 unidades producidas, evaluando principalmente el efecto de mejora logrado al reducir las fallas en el asentamiento del piso en el modelo Grand Vitara, así como eliminar los errores en la colocación de los soportes de guardafango en la camioneta D-Max. Cabe recalcar que estos defectos han sido detectados y controlados de manera consistente sin embargo como resultado de este análisis se logra eliminar este desperdicio de correcciones de manera definitiva. En la figura 71 se presentan los resultados obtenidos luego de las mejoras planteadas, así como también se propone un nuevo objetivo con una proyección de desempeño estimado a partir del mes de junio en adelante.

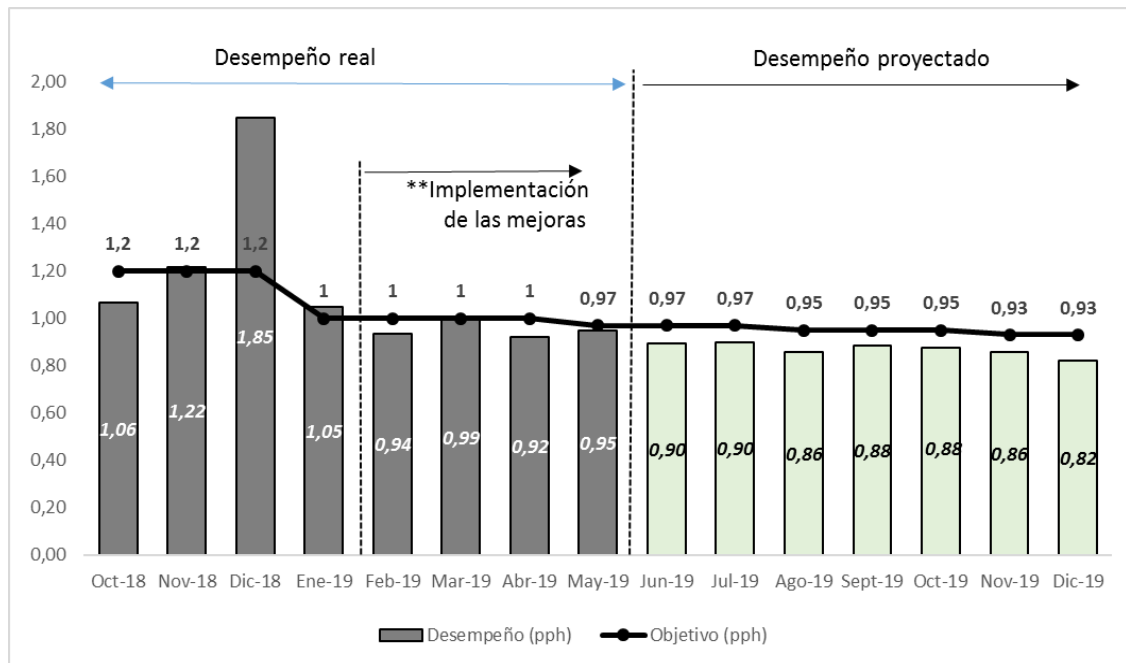


Figura 71. Mejora de la calidad real y proyectada área de suelda de carrocerías

Fuente: GM-OBB ingeniería de calidad suelda de carrocerías

Elaborado por el autor

Como se puede apreciar en la figura 71 a lo largo de los primeros meses del 2019 se observa una mejora en cuanto al indicador de DRL comparado contra los meses anteriores del 2019 adicionalmente se observa una tendencia de mejora dando un salto de desempeños sobre 1 defecto por cada 100 unidades hasta 0.92 defectos por cada cien unidades producidas.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Como resultados de este estudio e implementación de varias iniciativas, se logró cumplir con los objetivos propuestos logrando un incremento de capacidad de producción con poca inversión y mejorando los indicadores de calidad del área. A raíz de lo planteado se pueden establecer las siguientes conclusiones.

- Con la implementación de las mejoras realizadas, el sistema logró cumplir con el principal objetivo planteado que fue lograr un incremento de producción desde 120 unidades a 127 unidades por día, lo que representa un 5,83% de incremento. Todo logrado en base a la eliminación de desperdicios, la optimización de recursos tanto en mano de obra como en infraestructura, herramental y equipos.
- Se alcanzó una mejora importante en cuanto al balanceo de carga de trabajo en cada una de las estaciones que presentaban un tiempo de ciclo superior al ATT requerido para cada celda de producción. De esta manera se logró que el 100% de las estaciones se encuentren por debajo del ATT, gracias principalmente a la identificación de aquellos desperdicios como exceso de movimientos, esperas innecesarias, sobre producción, transportes innecesarios y correcciones o reprocesos entre los principales.
- Mediante el estudio de capacidades de producción y la aplicación de conceptos de la teoría de restricciones se logró identificar y reducir aquellas estaciones cuellos de botella que, ya sea por falta de capacidad real o debido a ineficiencias propias del sistema que pasaban desapercibidas y generaban restricciones al sistema. El análisis e implementación de las acciones, permitió a la celda de Grand Vitara incrementar su capacidad de producción de un máximo de 85 unidades por día hasta un máximo de 91 lo que equivale a un 7,05% de capacidad adicional. Para el caso de la celda de D-Max se logró pasar de un máximo de 35 unidades por día hasta 40 unidades por día, equivalente a una mejora del 14,3% de capacidad.

- El impacto logrado en productividad al lograr un incremento de capacidad de 7 unidades más por día, logró un efecto colateral en el desempeño del costo estructural del área lo que permite, producir más unidades con la misma cantidad de personal alcanzando un ahorro proyectado de 139.789,53 dólares en un período de un año y mejorando el indicador de costo por unidad pasando de 53 dólares a 48,86 dólares por cada unidad producida, es decir una mejora estimada del 8,42% para este indicador.
- En cuanto a la calidad del producto final se logró una mejora en su indicador principal alcanzando una mejora de 13,05 % si se comparan los valores obtenidos en el último trimestre del 2018 respecto al primer trimestre del 2019, todo esto sustentado principalmente por la eliminación de los modos de falla en el molde principal de Grand Vitara y la implementación del sistema “pokayoque” en la estación de guardafangos que no solamente generaban paras sino también defectos de calidad.
- Finalmente, como resultado de alcanzar un incremento de la capacidad de las celdas de producción sin requerir recursos adicionales la productividad presenta una mejora del 8.39% pasando de un valor de 3,13 a 2,87 horas hombre por unidad producida.
- La implementación de una metodología SMED para los cambios de celdas sobrepaso las expectativas ya que esta iniciativa permitió reducir el desperdicio de esperas en las estaciones durante los cambios y llenados de líneas, así como también lograr un mayor tiempo disponible para operar durante la jornada diaria pasando de 400,62 minutos disponibles diariamente para producir a 420 minutos disponibles diarios es decir una mejora del 4,84%.
- Durante la realización de este estudio e implementación de iniciativa es necesario comentar que y tal como el lector pudo notar no se requirió una inversión millonaria para lograr el objetivo principal que fue el lograr un incremento de capacidad en las celdas de producción del área de suelda de carrocerías, en cambio sí, fue necesario realizar análisis más profundos y detallados de cada una de las

actividades inmersas en los procesos de fabricación de una carrocería en la búsqueda de encontrar los desperdicios que restringen al sistema.

- La participación activa de los operadores involucrados en el estudio dio sentido de pertenencia de estos hacia las oportunidades de mejora su soporte e ideas fue valorado y esto generó un grado de compromiso elevado de los operadores logrando un ambiente laboral propicio para crear soluciones fáciles, pero altamente efectivas.

5.2 RECOMENDACIONES

- Si bien es cierto el sistema de producción alcanzó una mejora importante, el proceso de mejora continua tal y como su nombre lo indica debe continuar buscando y analizando nuevas oportunidades de mejora. Todos los conceptos y herramientas implementadas para realizar el estudio en las celdas de Grand Vitara y D-Max pueden ser aplicados a las demás celdas independientemente de si estas están alcanzado el volumen requerido.
- Se evidenció una oportunidad de mejora en cuanto al entendimiento y aplicación los conceptos para balanceo de líneas de producción al nivel de líderes de equipo. Se recomienda incluir dentro del plan de capacitación anual un módulo lo suficientemente robusto para asegurar que los líderes de equipo, estén en capacidad para realizar un adecuado análisis a la primera vez.
- Como ya se manifestó con anterioridad, la participación de los operadores de línea fue clave para el éxito del estudio por lo tanto se recomienda que durante la ejecución de los distintos programas de mejoramiento se incluya de una manera formal la participación activa de los operadores de las estaciones en análisis.
- Es necesario establecer un control del desempeño de costo estructural para asegurar que en próximos meses el presupuesto establecido se cumpla y detectar cualquier desviación respecto al plan lo que permitirá tomar las acciones necesarias de manera oportuna.
- Si bien mediante las acciones implementadas se logró un incremento de capacidad diaria de 120 a 131 unidades es importante recordar que la demanda solamente es de 127 unidades por lo tanto es necesario subordinar el sistema de producción a la demanda del mercado mediante un sistema “Pull” y evitar generar desperdicios como sobreproducción o exceso de inventarios de carrocerías.
- Se recomienda establecer en bodega en base a un adecuado cálculo de máximos y mínimos una cantidad de fresadoras, así como “kits” de mantenimiento de tal

manera que, ante una eventualidad con las fresadoras en línea estas puedan ser reparadas o reemplazadas según sea el caso.

BIBLIOGRAFÍA

AEADE. (Agosto de 2018). Obtenido de Boletín Sector Automotor en Cifras Agosto 2018:<http://www.aeade.net/wpcontent/uploads/2018/08/boletin%2023%20espanol%20resumido.pdf>.

Aguilera C., C. I. (2000). Un enfoque gerencial de la teoría de restricciones. (U. ICESI, Ed.) Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21207704>

Carrasco, J. B. (2011). Resumen libro Gestión de Procesos (Alineados con la estrategia) (4ta Edición ed.). Santiago de Chile. Obtenido de http://www.evolucion.cl/resumenes/Resumen_libro_Gesti%F3n_de_procesos_JBC_2011.pdf

E Logistica Revista Enfasis. (2018). E Logistica Revista Enfasis. Obtenido de <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/4537-teoria-las-restricciones-mejora-scm>

Esteban Pérez-López, M. G.-C. (21 de 10 de 2014). Implementación de la metodología DMAIC0 Seis Sigma en el envsado de licores Fanal. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4896365.pdf>

García, E. (Nov de 2010). EquipoAltran. Obtenido de <http://equipo.altran.es/author/elisenda-garcia/>

Juan Carlos Hernández, A. V. (2013). *Lean Manufacturing* Conceptos, técnicas e implantación (Vol. 1). Madrid, España. Recuperado el 5 de 08 de 2018, de <http://www.leanproduction.co/biblioteca-lean/descargar-libro-lean-manufacturing-conceptos-tnicas-e-implantacion.html>

Liker, J. K. (2004). LAS CLAVES DEL EXITO DE TOYOTA. (L. Cuatrecasas, Trad.) Barcelona: Ediciones Gestión 2000.

N.Hernando, M. (s.f.). Gerencia de Procesos.

OBP, O. B. (Septiembre de 2015). Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario. Obtenido de ISO 9000:2015(es): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es:term:3.6.9>

Roberto José Herrera Acosta, T. J. (2011). Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus Aplicaicones. Obtenido de http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55821.pdf

Velasco, J. A. (2004). GESTION POR PROCESOS. Madrid: ESIC EDITORIAL.

Womack, D. T. (2012). *Lean Thinking*. Barcelona - España: Gestion 2000. Obtenido de <https://www.e-quipu.pe/dinamic/publicacion/adjunto/9788498751994-1487259555GbdqWG.pdf>

Anexo A. Desgravación de productos del sector automotriz (2017 – 2022)

Desgravación de los principales productos del sector automotor

Acuerdo Unión Europea



Vehículos

Subpartida	Descripción	Desgravación UE	Arancel base de desgravación (%)	Arancel desgravado										
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027 en adelante
8701100000	MOTOCULTORES	Inmediata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8701200090	TRACTO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8701300000	TRACTORES DE ORUGA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8701900000	OTROS TRACTORES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8702901090	TROLEBUSES		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8702909991	BUSES HÍBRIDOS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8702909999	BUSES		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8704100090	VOLQUETA FUERA CARRETERA		15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8705100000	GRÚA		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8705200000	PERFORADORA		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8705400000	MEZCLADORA		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8705901100	BARREDERA		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8705909000	OTROS ESPECIALES		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8703100000	ESPECIALES NIEVE GOLF	5 años	20	16,66	13,34	10	6,66	3,34	0					
8704229090	CAMIÓN >9.3T DIESEL		10	8,33	6,67	5	3,33	1,67	0					
8704230090	CAMIÓN >20T DIESEL		10	8,33	6,67	5	3,33	1,67	0					
8705300000	MOTOBOMBA - CAMIÓN BOMBEROS		10	8,33	6,67	5	3,33	1,67	0					
8702109090	VAN Y MINIBUS DIESEL	7 años	10	8,75	7,50	6,25	5,00	3,75	2,50	1,25	0			
8703210090	VEHÍCULOS <1000CC		35	30,63	26,25	21,88	17,50	13,13	8,75	4,38	0			
8703221090	SUV 4X4 >1000 <=1500		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703229090	AUT, SUV 4X2 >1000 <=1500		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703231090	SUV 4X4 >1500 <=3000		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703239090	AUT, SUV 4X2 >1500 <=3000		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703241090	SUV 4X4 >3000		35	30,63	26,25	21,88	17,50	13,13	8,75	4,38	0			

Anexo B. Desgravación de productos del sector automotriz (2017 – 2022)

Subpartida	Descripción	Desgravación UE	Arancel base de desgravación (%)	Arancel desgravado										
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027 en adelante
8703249090	AUT, SUV 4X2 >3000	7 años	35	30,63	26,25	21,88	17,50	13,13	8,75	4,38	0			
8703319090	AUT, SUV 4X2 <=1500 DIESEL		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703321090	SUV 4X4 >1500 <=2500 DIESEL		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703329080	AUT, SUV 4X2 >1500<2500 DIESEL		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703329090	AUT, SUV 4X2 >1500 <=2500 DIESEL		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703331090	SUV 4X4 >2500 DIESEL		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703339090	AUT, SUV 4X2 >2500 DIESEL		40	35,00	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00	0			
8703900099	ELÉCTRICOS		35	30,63	26,25	21,88	17,50	13,13	8,75	4,38	0			
8702101090	VAN Y MINIBUS DIESEL	10 años	35	31,85	28,70	25,55	22,40	19,25	16,10	12,95	9,80	6,65	3,50	0
8702909190	VAN Y MINIBUS GASOLINA		35	31,85	28,70	25,55	22,40	19,25	16,10	12,95	9,80	6,65	3,50	0
8704211090	CAMIONETA CAMIÓN LIVIANO 4.5T DIESEL		40	36,40	32,80	29,20	25,60	22,00	18,40	14,80	11,20	7,60	4,00	0
8704219090	CAMIÓN >4.5T =5T DIESEL		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8704221090	CAMIÓN >5T <=6.2T DIESEL		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8704222090	CAMIÓN >6.2T <= 9.3T DIESEL		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8704311090	CAMIONETA CAMIÓN LIVIANO 4.5T GASOLINA		40	36,40	32,80	29,20	25,60	22,00	18,40	14,80	11,20	7,60	4,00	0
8704319090	CAMIÓN >4.5T =5T GASOLINA		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8704321090	CAMIÓN >5T <=6.2T GASOLINA		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8704900091	CAMIONETA CAMIÓN HÍBRIDO		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
8704900092	CAMIONETA Y CAMIÓN HASTA 4.5T HÍBRIDOS		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8705901900	REGADORES Y ANALÓGOS PARA LIMPIEZA		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8706009290	CHASIS CAMIÓN / BUS >6.2T		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8704900099	CAMIONETA CAMIÓN LIVIANO 4X2, 4.5T DIESEL - GAS		10	9,10	8,20	7,30	6,40	5,50	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0
8704211099	CAMIONETA CAMIÓN LIVIANO 4.5T DIESEL		40	36,40	32,80	29,20	25,60	22,00	18,40	14,80	11,20	7,60	4,00	0
8704311099	CAMIONETA CAMIÓN LIVIANO 4.5T GASOLINA		40	36,40	32,80	29,20	25,60	22,00	18,40	14,80	11,20	7,60	4,00	0

Anexo C: Secuencia de producción Marzo 2019

6		COMERCIALES		DIAS			TTL	0				
MAR				22			880					
MAR POS	MY	MK	KMAT	CODE	QTY	LOT	RAPA 1	RAPA 2	OBS1	BOX	F.ARRIB	F.ESTIMADA
MAR												
MAR R1	19	EC	ETFS430FKE5.	RSJBT5	1	BQ135				FEB	1-Abr	
MAR R2	19	EC	ETFR430FGE5.	RRJBT5	1	BO221				DIC	1-Abr	
MAR R3	19	EC	ETFS430FLES.	RSJBT25	1	BS112				FEB	22-Abr	
MAR R4	19	EC	ETFR430FGE5.	RRJBT5	1	BO230				FEB	15-Abr	
MAR R5	19	EC	ETFR425DKE5.	RRLCT5	3	BM035				FEB	15-Abr	
MAR 1												23-Feb
MAR 2	19	EC	ETFR430FGE5.	RRJBT5	2	BO231				FEB	15-Ene	23-Feb 38,06060606
MAR 3	20	CO	ETFS425FLIB.	RSKBRT26	2	CE001	PILOTO	23/5/2019	5 Blancos	FEB	22-Ene	23-Feb 31,12121212
MAR 4	19	EC	ETFS430FKE5.	RSJBT5	12	BQ150				FEB	29-Ene	26-Feb 27,48484848
MAR 5	19	EC	ETFR430FGE5.	RRJBT5	15	BO232				FEB	15-Ene	26-Feb 41,93939394
MAR 6	20	CO	ETFS425FLIB.	RSKBRT26	10	CE001	PILOTO	27/5/2019	10 Blancos	FEB	22-Ene	27-Feb 35,24242424
MAR 7	20	CO	ETFS425FLIS.	RSKBRT25	15	BI018	RAPA	15 Blancos		MAR	29-Ene	27-Feb 35,6969697
MAR 8	20	EC	ETFR425DKE6.	RRLCT6	10	CF001	PILOTO	28/5/2019	2 GBA (Negro), 2 GQ5 (Azul)- 2 Blancas, 6 Blancas	FEB	22-Ene	28-Feb 29,15151515
MAR 9	19	EC	ETFS430FKE5.	RSJBT5	15	BQ151				FEB	29-Ene	28-Feb 36,45454545
MAR 10	20	EC	ETFR425FGE6.	RRJBT6	10	CH001	PILOTO	29/5/2019	1 GBA (Negro) 2 GQ5 (Azul)- 2 Plateados 7 Blancas	ENE	25-Mar	28-Feb 29,90909091
MAR 11	19	EC	ETFS430FLES.	RSJBT25	15	BS114				DIC	18-Feb	1-Mar 65,21212121
MAR 12	19	EC	ETFS430FLES.	RSJBT25	15	BS115				DIC	18-Feb	2-Mar 100,66666667
MAR 13	20	EC	ETFS425FKE6.	RSJBT6	10	CI001	PILOTO	30/5/2019	3 GQ5 (Azul) 3 Plateados, 7 Blancos	ENE	25-Mar	3-Mar 101,12121212
MAR 14	19	EC	ETFR430FGE5.	RRJBT5	15	BO233				FEB	15-Ene	4-Mar 66,42424242
MAR 15	20	EC	ETFS425FLES.	RSJBT66	5	CJ001	PILOTO	31/5/2019	3 GBA (Negro), 1 GQ5 (Azul), 1 Blanco	ENE	11-Mar	5-Mar 45,87878788
MAR 16	19	EC	ETFS430FLES.	RSJBT25	15	BS116				DIC	25-Feb	6-Mar 81,03030303
MAR 17	20	EC	ETFS425FLEP.	RSJBTHP	5	CJ001	PILOTO	31/5/2019	1 Rojo, 1 Blanco, 1 Negro (GBA), 2 GQ5 (Azul)	ENE	11-Mar	7-Mar 95,48484848
MAR 18	19	EC	ETFS430FLEN.	RSJBTH5	15	BS117				DIC	25-Feb	8-Mar 81,63636364
MAR 19	20	EC	ETFS425DLE6.	RSJCAT6	10	CG001	PILOTO	3/6/2019	3 GBA (Negro), 2 GQ5 (Azul), 3 Blancos, 1 Plateado, 1 Rojo	ENE	18-Mar	3-Feb 98,09090909
MAR 20	19	EC	ETFR430FGE5.	RRJBT5	15	BO234				FEB	15-Ene	3-Feb 77,39393939
MAR 21	19	EC	ETFS430FLEN.	RSJBTH5	15	BS118				DIC	25-Feb	3-Feb 49,84848485
MAR 22	19	EC	ETFS430FLEN.	RSJBTH5	15	BS119				DIC	25-Feb	4-Feb 99,3030303
MAR 23	20	CO	ETFS425DLI5.	RSKCAR5	15	BF014	RAPA	15 Blancos		ABR	27-May	4-Feb 99,75757576
MAR 24	19	EC	ETFR430FGE5.	RRJBT5	15	BO235				FEB	15-Ene	5-Feb 9,212121212
MAR 25	19	EC	ETFS430FLEN.	RSJBTH5	15	BS120				FEB	1-Ene	5-Feb 51,66666667
MAR 26	19	EC	ETFS430FLEN.	RSJBTH5	15	BS121				FEB	1-Ene	2-Feb 66,12121212
MAR 27	20	CO	ETFS425DLI5.	RSKCAR5	15	BF015	RAPA	15 Blancos		ABR	27-May	2-Feb 66,57575758
MAR 28	19	EC	ETFR430FGE5.	RRJBT5	15	BO236				FEB	22-Ene	7-Feb 11,03030303
MAR 29	20	CO	ETFS425FLIS.	RSKBRT25	15	BI019	RAPA	5 Blancos, 5 Plateado, 5 Plomos		ABR	27-May	5-Feb 44,65530303
MAR 30	19	EC	ETFS430FLEN.	RSJBTH5	15	BS122				FEB	1-Ene	4-Feb 8,28030303
MAR 31	20	CO	ETFS425DLI5.	RSKCAR5	15	BF016	RAPA	15 Blancos		ABR	27-May	5-Feb 65,73484848

Anexo D. Tabla de tiempos de operación por estación de trabajo Celda Grand Vitara.

MODELO	TT	ATT	ESTACIÓN	VALOR AGREGADO	VARIABLE	TIEMPO CICLO
SUZUKI J3	290	258	BOVEDA RH	143,0	109,0	252,0
SUZUKI J3	290	258	BOVEDA LH	135,0	106,0	241,0
SUZUKI J3	290	258	REMATE BOVEDAD RH	131	89	219,7
SUZUKI J3	290	258	REMATE BOVEDA LH	134	92	226,0
SUZUKI J3	290	258	PIANO	113	103	216,0
SUZUKI J3	290	258	DASH PANEL 1ER PASO RH / REMATE ESPCIFICO RH	118	135	253,0
SUZUKI J3	290	258	DASH PANEL 1ER PASO RH / REMATE ESPCIFICO LH	89	158	247,0
SUZUKI J3	290	258	SOLDADURA DE TUERCAS Y ESPARRAGOS	189	47	236,0
SUZUKI J3	290	258	PISO DELANTERO	131	112	242,7
SUZUKI J3	290	258	REMATE PISO DELANTERO	126	96	222,0
SUZUKI J3	290	258	PANEL FRONTAL / REMATE PANEL FRONTAL	143	102	245,0
SUZUKI J3	290	258	COMPONENTE DE MOTOR RH	156	72	228,0
SUZUKI J3	290	258	COMPONENTE DE MOTOR LH	121	158	279,0
SUZUKI J3	290	258	REMATE COMPONENTE DE MOTOR RH	131	105	236,5
SUZUKI J3	290	258	REMATE COMPONENTE DE MOTOR LH	136	105	241,4
SUZUKI J3	290	258	UNDER BODY RH	158	95	253,0
SUZUKI J3	290	258	UNDER BODY LH	163	87	250,0
SUZUKI J3	289,66	258	REMATE UNDER BODY RH / TABBING RH	143	118	261,0
SUZUKI J3	289,66	258	REMATE UNDER BODY LH / TABBING LH	129	80	209,0
SUZUKI J3	289,66	258	CUARTO POSTERIOR RH / FORRO RH	136	87	223,0
SUZUKI J3	289,66	258	CUARTO POSTERIOR LH / FORRO LH	139	109	248,0
SUZUKI J3	289,66	258	LATERAL RH	176	71	246,9
SUZUKI J3	289,66	258	LATERAL LH	169	88	257,0
SUZUKI J3	289,66	258	TECHOS	86	172	258,0
SUZUKI J3	289,66	258	MOLDE PRINCIPAL RH	226	26	252,0
SUZUKI J3	289,66	258	MOLDE PRINCIPAL LH	228	26	254,0
SUZUKI J3	289,66	258	REMA ESPECIFICO RH	158	89	247,0
SUZUKI J3	289,66	258	REMA ESPECIFICO LH	163	89	252,0

Anexo E. Tabla de tiempos de operación por estación de trabajo. Celda D-Max.

TT	ATT	ESTACIÓN	VALOR AGREGADO	VARIABLE	TIEMPO CICLO
645,00	605,01	Panel frontal / Remate panel frontal	425	176	601,0
645,00	605,01	Boveda RH	435	118	553,0
645,00	605,01	Boveda LH	433	122	555,0
645,00	605,01	Piso delantero paso 1 y 2	478	125	603,0
645,00	605,01	Piso posterior paso 1 y 2	474	126	600,0
645,00	605,01	Comp de motor LH	388	222	610,0
645,00	605,01	Underbody 1 y 2 RH	487	110	597,0
645,00	605,01	Underbody 1 y 2 LH	491	112	603,0
645,00	605,01	Tabbing RH	501	99	600,0
645,00	605,01	Tabbin LH	499	95	594,0
645,00	605,01	Forros / Lateral LH	479	128	607,0
645,00	605,01	Forros Lateral/ LH	498	126	624,0
645,00	605,01	Techos	459	156	615,0
645,00	605,01	Remate específico RH	489	115	604,0
645,00	605,01	Remate específico LH	494	118	612,0
645,00	605,01	Suelda MIG	504	110	614,0
645,00	605,01	Guardafangos RH /LH	413	189	602,0

Anexo F. Matriz de evaluación de impacto Causa vs Efecto, Celda Grand Vitara.

Matriz Causa & Efecto Descripción del Problema

Rating de importancia para el cliente 		10	9	8	6	4		
		1	2	3	4	5		
 Proceso Entradas (Iniciativas, Proyectos o Actividades)	Process Salidas (Que queremos mejorar)	Reducción de esperas o paras	Reducción de exceso de movimientos	Elimina Procesos innecesarios.	Reduce Transportes innecesarios	5. Elimina re-trabajos por errores.	Total	Impacto / Calificación de
10	Insuficientes Fresadoras de electrodos	9	9	6	9	3	285	1
14	Piezas patrón dañadas	9	3	6	3	9	219	1
3	Material no entregado en la estación de trabajo	9	3	1	9	9	215	1
7	Secuencia de trabajo estandarizado incorrecta	3	3	3	9	9	171	2
9	Demora en el montaje de las partes en el jig	3	9	3	3	0	153	2
16	Parámetros de Corriente y fuerza fuera de rangos	6	1	1	1	9	119	2
8	Secuencia de cambio incorrecta	3	3	1	1	1	75	2
6	Personal mal entrenado	1	1	1	1	1	37	2
13	Condiciones anti-ergonómicas	1	1	1	1	1	37	2
15	Galgas de medición dañadas para comprobación dimensional	6	9	3	6	9	237	3
11	Daños de equipos de soldadora de punto	6	6	3	1	6	168	3
4	Falta de compromiso del personal	1	1	1	1	1	37	3
2	Material con problemas de calidad	3	3	3	3	3	111	4
12	Mal clima laboral	1	1	1	9	3	93	4
1	Material equivocado en la estación de trabajo	3	3	3	1	1	91	4
5	Alto absentismo de personal	1	1	1	1	9	69	4

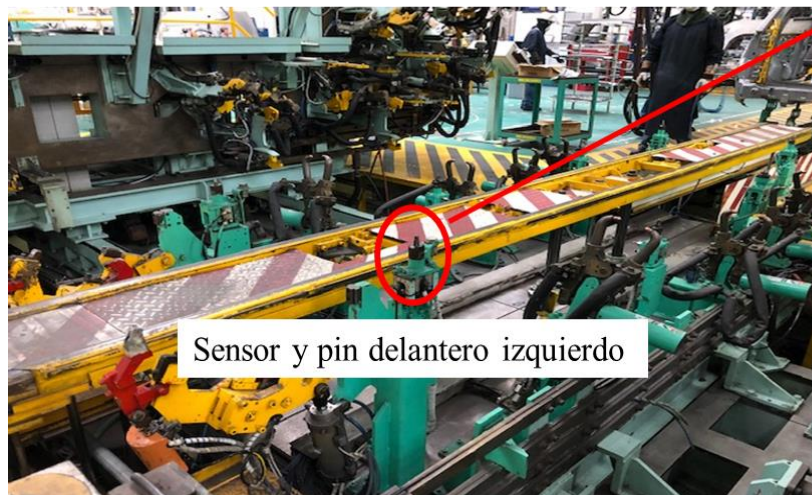
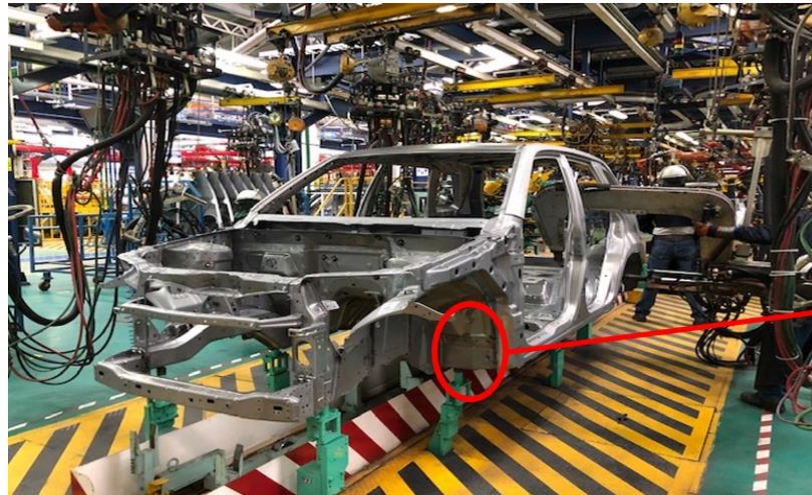
Anexo G. Base general de paras suelda carrocerías celda Grand Vitara.

1 INICIO BASE GENERAL DE PARAS SUELDA CARROCERÍAS									
2	FECHA	UNIDADES PERDIDAS	LINEA	ATT	TIEMPO	Código EQUIPO DE TRABAJO	Nombre del equipo	PROBLEMA	ESTACION DE TRABAJO
6	3-sep.	1	Celda J3	310	5,2	PROC SUEL	PROC SUEL	Daño de Hemming RH	Remate específico
16	4-sep.	2	Celda J3	310	10,3	SUAU1T01	PURO ÑEQUE	Falla de sensor RH por golpe del mismo	Molde principal
18	4-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUMN1T01	DAKAR	Daño de pistola S3-29	Molde principal
34	6-sep.	2	Celda J3	310	10,3	SUAU1T01	PURO ÑEQUE	Falla de Underbody	Underbody
35	6-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUCO1T01	CERO ERRORES	Falta de unidades molde principal	Molde principal
38	7-sep.	1	Celda J3	310	5,2	PINTURA	PINTURA	Daño en pintura no recibe unidades	Remate específico
39	7-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUCO1T01	CERO ERRORES	Falta de unidades molde principal	Molde principal
40	7-sep.	33	Celda J3	310	170,5	PINTURA	PINTURA	Daño tecla de transferencia	Lateral LH
43	10-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUCO1T01	CERO ERRORES	refuerzo de bóvedas mal cargadas en Underbody	Underbody
44	10-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUCO1T01	CERO ERRORES	Rotura de GRACOR	Molde principal
45	10-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUMN1T01	DAKAR	Cambio de electroválvula Underbody	Underbody
62	11-sep.	3	Celda J3	310	15,5	SUMN1T01	DAKAR	Daño equipo C23 daño de empaques de cilindro	Remate específico
63	11-sep.	6	Celda J3	310	31,0	SUMN1T01	DAKAR	Daño molde principal trabamiento de micro R62 RH	Molde principal
75	12-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUCO1T01	CERO ERRORES	Atraso de operadores en el molde principal	Molde principal
76	12-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUCO1T01	CERO ERRORES	Atraso de operadores en el molde principal	Molde principal
79	13-sep.	1	Celda J3	310	5,2	CKD	CKD	Compartimiento de motor mal armado	Underbody
80	13-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUAU1T01	PURO ÑEQUE	Falta de compartimiento de motor	Compartimiento de motor
81	13-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUAU1T01	PURO ÑEQUE	Entrenamiento de MET en compartimiento de motor	Compartimiento de motor
83	14-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUAU1T01	PURO ÑEQUE	Falta de compartimiento de motor por entrenamiento	Compartimiento de motor
90	17-sep.	1	Celda J3	310	5,2	PINTURA	PINTURA	Daño equipo C23	Remate específico
91	17-sep.	3	Celda J3	310	15,5	MATERIALES	MATERIALES	Acumulo lleno por falta de pernos para colocación de paneles AVEO	Remate específico
92	17-sep.	6	Celda J3	310	31,0	SUMN1T01	DAKAR	Evacuación por conato de incendio circuito en SHUNT de multigum LH	Remate específico
93	17-sep.	4	Celda J3	310	20,7	PINTURA	PINTURA	ELPO no recibe unidades acumulo lleno	Remate específico
112	18-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUAU1T01	PURO ÑEQUE	Falla de cerrado de clamps por lata doblada	Underbody
115	19-sep.	2	Celda J3	310	10,3	SUMN1T01	DAKAR	Falla de posición de apertura de pistola #4 se encuentra homeado	Molde principal
120	20-sep.	1,0	Celda J3	310	5,2	SUMN1T01	DAKAR	Pistola del equipo C 26 desalineada	Remate específico
121	20-sep.	1,0	Celda J3	310	5,2	SUCO1T04	RAPIDOS	No se registran paras en libro de producción	Remate específico
153	24-sep.	2	Celda J3	310	10,3	MATERIALES	MATERIALES	Pistola del equipo C 26	Remate específico
154	24-sep.	2	Celda J3	310	10,3	SUMN1T01	DAKAR	Daño equipo J-30 forro	Forro posterior
155	24-sep.	2	Celda J3	310	10,3	SUMN1T01	DAKAR	Daño cable de fuerza equipo J-26	Underbody
156	24-sep.	1	Celda J3	310	5,2	SUMN1T01	DAKAR	Daño de balancín J-35	Underbody
INICIO HOJA DE TIEMPOS T. TRABAJADO Hoja1 Hoja2 PARAS Up time OBJ SUE Datos TIP Remate Datos TIP AVEO Datos TIP J3 Datos TIP SAIL Datos TIP RT50									

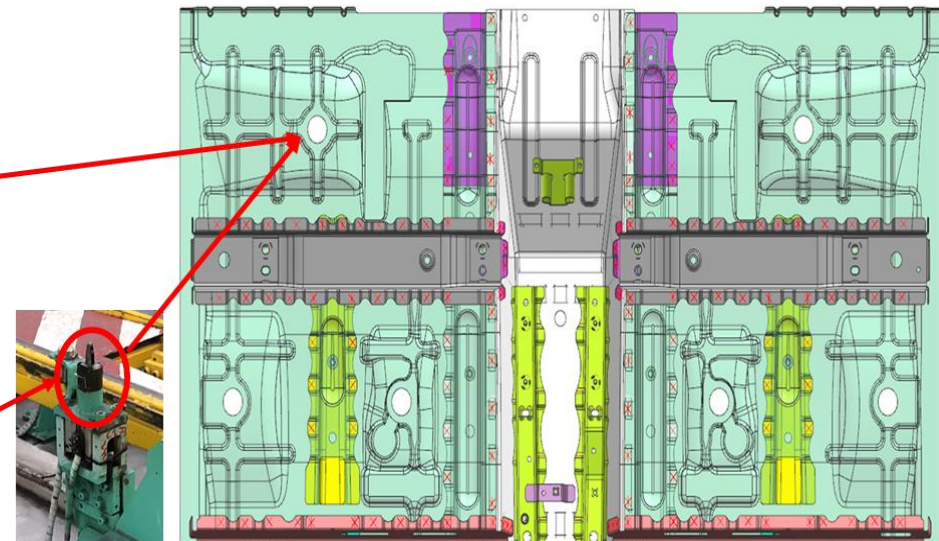
Anexo H. Molde Principal celda Grand Vitara.



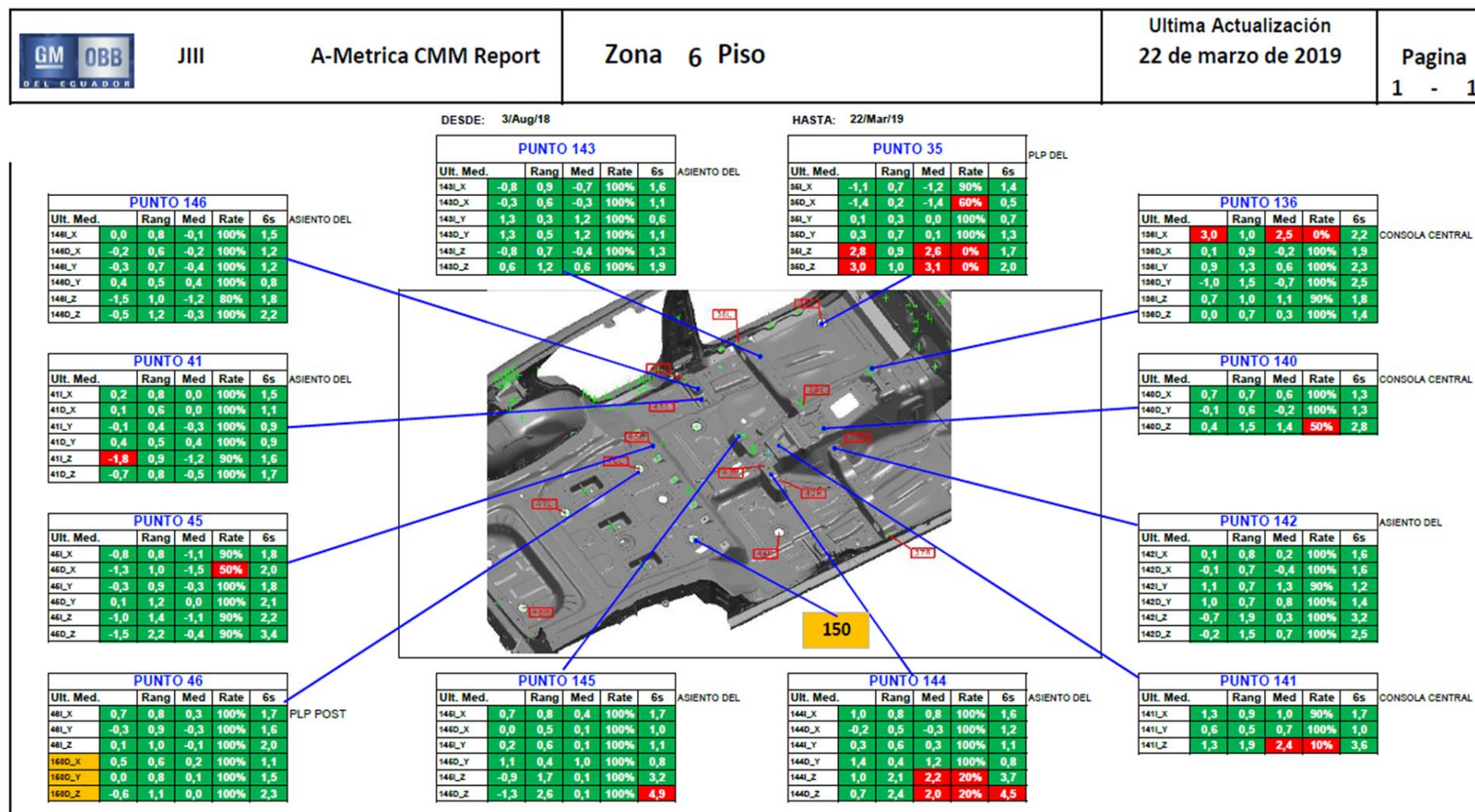
Anexo I. Posición del piso y sensor de presencia de carrocería Molde Principal celda Grand Vitara.



Piso de la Carrocería



Anexo J. Brazo faro y resultados de la medición de la posición del piso delantero celda Grand Vitara.



Anexo K. Medición de diámetros del agujero en milímetros, para posición de la carrocería en el molde principal celda GV

	ELEMENTOS DE MUESTRA				
LOTE	1	2	3	4	5
1	50,3175	50,1697	49,6112	49,1306	49,4764
2	50,1432	49,8762	49,0480	49,5332	49,5988
3	50,4081	50,4223	48,5373	49,5897	49,9728
4	49,5077	50,7303	49,3320	52,0007	50,2333
5	49,2715	49,9994	48,9048	49,4866	50,7228
6	49,4091	49,7899	48,6753	49,5549	50,5934
7	49,3587	49,8906	49,4312	50,4324	49,9355
8	50,1436	49,5800	50,1224	48,6924	49,3386
9	51,5229	52,4464	52,2045	52,9281	51,5547
10	49,7904	51,6716	50,3789	51,8926	50,6442
11	52,4911	51,1060	51,7629	50,8253	50,7181
12	50,9221	51,4371	50,5952	50,6484	51,3211
13	52,0716	49,7355	50,6722	50,8569	51,9875
14	49,8851	49,7322	49,6390	50,3306	51,7502

Anexo L.. Detalle de trabajo estandarizado para la estación de componente de motor lh celda GV

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO - LÍNEA ESTÁTICA

		Equipo de trabajo:		Nombre de la Operación		Componente de Motor LH		Fecha:		Nombre de la operación	
		Ubicación:		Equipo de trabajo							
Código	SEQ #	N° Elemento	Nombre del Elemento	Tiempo del Elemento		Tiempo de Caminar o Espera		Símbolo:	Realizada por:		
				GRAND VITARA S2							
+	1	SU-SL-251	Tomar tecla y colocar dash panel en el jig	5	4						
◇	2	SU-SL-252	Tomar tapa plano (PANEL-PLNM UPR)	4	6						
▽	3	SU-SL-253	Colocar sellante 9984272 en tapa plano	22	4						
	4	SU-SL-254	Colocar tapa plano en jig	5	5						
◇	5	SU-SL-255	Tomar boveda LH (PANEL ASM-BODY H/PLR INR)	3	4						
	6	SU-SL-256	Colocar boveda LH en jig comp de motor	5	2						
+	7	SU-SL-257	Tomar pistola NOX K1261 del equipo # 001	2	3						
▽	8	SU-SL-258	Soldar 11 puntos en boveda vs componente de motor LH	16	3						
	9	SU-SL-259	Dejar pistola NOX K1261 del equipo # 001	2	5						
+	10	SU-SL-260	Tomar pistola NOX K1262 del equipo # 001	2	3						
▽	11	SU-SL-261	Soldar 16 puntos en plano LH	19	3						
	12	SU-SL-262	Dejar pistola NOX K1262 del equipo # 001	10	3						
+	13	SU-SL-263	Tomar pistola NOC K1260 del equipo # 002	2	5						
▽	14	SU-SL-264	Soldar 8 puntos en refuerzo longarina y frontal LH	18	5						
▽	15	SU-SL-265	Soldar 8 puntos en refuerzo con dash panel LH	18	4						
+	16	SU-SL-266	Dejar pistola NOC K1260 del equipo # 002	3	4						
▽	17	SU-SL-267	Tomar panel frontal	2	3						
▽	18	SU-SL-268	Colocar panel frontal en el jig	2	3						
▽	19	SU-SL-269	Tomar pistola NOC K1261 del equipo # 002	2	4						
	20	SU-SL-270	Soldar 20 puntos en refuerzo panel central vs comp motor	28	5						
	21	SU-SL-271	Dejar pistola NOC K1261 del equipo # 002	5	4						
◇	22	SU-SL-272	Realizar autoinspección del sub-ensamble armado	7	3						
◇	23		Cargar subensamble al tecla para under body	7	5						
				(Total) Tiempo de los Elementos /	189						
				Tiempo de Caminar o Espera	90						
Takt Time				276							
				Tiempo que agrega valor	279						
Actual Takt Time				246							
				Tiempo de variable	121						
					158						

Bloque de firmas de aprobación

Turno	Lider de Equipo	Fecha	Lider de Grupo	Fecha	Superintendente	Fecha
1°		19-ene.-19		19-ene.-19	Diego Sáenz	19-ene.-19
2°		19-ene.-19		19-ene.-19		
3°						

Registro de Revisiones

Fecha	N° Revisión	Alteración
11-Apr-19	1	Creación de trabajo estandarizado

FLUJO DE CARROCERIAS

Anexo M. Detalle de trabajo estandarizado para la estación de remate “under body lh” celda GV .

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO - LÍNEA ESTÁTICA													
Equipo de trabajo: Los Albinos				Nombre de la Operación		Fecha: 24-ene.-11							
Ubicación: SL-05				Reamte Under body		Realizada por: Giovanni Sarango							
S E Q	#	Nº Elemento	Nombre del Elemento	Tiempo del Elemento					Símbolo:				
				Tiempo de Caminar o Espera					Secuencia Mandatoria	Checkeo de Calidad	Seguridad del operador	Proceso Crítico	Opción
									Leyenda: Desplazamiento				
○	1	SU-SL-751	Verificar el asentamiento del Underbody en jig segundo paso	3									
◇	2	SU-SL-753	Tomar pistola NOX K1259 del equipo 01	4	3								
+	3	SU-SL-754	Soldar 11 puntos en componente de motor VS piso delantero LH	22									
+	4	SU-SL-755	Dejar pistola NOX K1259 del equipo 01	2	3								
▽	5	SU-SL-756	Tomar pistola NOC K1462 del equipo 02	2	3								
	6	SU-SL-757	Soldar 28 puntos en estribo LH	56	15								
○	7	SU-SL-758	Dejar pistola NOC K1462 del equipo 02	2	3								
+	8	SU-SL-759	Tomar pistola NOX K1257 del equipo 01	2	3								
▽	9	SU-SL-760	Soldar 9 puntos en refuerzos piso posterior y delantero LH	18	4								
	10	SU-SL-761	Dejar pistola NOX K1257 del equipo 01	2	3								
+	11	SU-SL-762	Tomar pistola NOX K1259 del equipo 01	2	3								
▽	12	SU-SL-763	Soldar 10 puntos en unión pisos y componente de motor LH	20									
	13	SU-SL-764	Dejar pistola NOX K1259 del equipo 01	2	3								
◇	14	SU-SL-765	Tomar pistola NOC K1462 del equipo 02	3	2								
◇	15	SU-SL-766	Soldar 14 puntos en aleta vs componente de mortor LH	27	15								
◇	16	SU-SL-767	Dejar pistola NOC K1462 del equipo 02	3	3								
	17	SU-SL-768	Realizar autoinspeccion del underbody paso 2	3	2								
	18	SU-SL-769	Colocar lateral RH en el tabbing y emgrampar	7	5								
	19	SU-SL-770	Colocar techo sobre la carrocería	6	5								
(Total) Tiempo de los Elementos / Tiempo de Caminar o Espera				186									
Takt Time				290	Tiempo Total de Ciclo (Seg.)								
					Tiempo que agrega valor								
Actual Takt Time				258	Tiempo de variable								

Diagrama de flujo de trabajo para la estación de remate "under body lh".

El diagrama muestra el flujo de trabajo para la estación de remate "under body lh". El flujo comienza con el "CONTROL DE MANDO" (1) y se dirige a la "JIG UNDERBODY 2 PASO LH" (3). Desde allí, el flujo se divide en dos caminos: uno para el "EQUIPO 1" y otro para el "EQUIPO 2". El camino para el EQUIPO 1 incluye los pasos 2, 4, 11, 13, 10, 8, 6, 12, 9, 17, 18, 19, 15, 16, 14, 7, 5, 1, 3. El camino para el EQUIPO 2 incluye los pasos 2, 4, 11, 13, 10, 8, 6, 12, 9, 17, 18, 19, 15, 16, 14, 7, 5, 1, 3. El flujo finaliza con el "FLUJO DE CARROCERIAS" (3).

Bloque de firmas de aprobación					
Turno	Lider de Equipo	Fecha	Lider de Grupo	Fecha	Superintendente
1º		21-ene.-19		21-ene.-19	
2º		21-ene.-19		21-ene.-19	
3º					

Registro de Revisiones		
Fecha	Nº Revisión	Alteración
20-Jan-19	1	Creación de Trabajo Estandarizado

Anexo N. Detalle de trabajo estandarizado para la estación de lateral lh celda GV.

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO - LÍNEA ESTÁTICA																
		Equipo de trabajo:		Nombre de la Operación		Fecha:										
		TT		Lateral LH		Realizada por:										
		Ubicación:														
		Equipo de trabajo														
O P E R A C I O N	S E Q #	N° Elemento	Nombre del Elemento	Tiempo del Elemento						Simbolo:	Secuencia Mantenencia	Chequeo de Calidad	Supervisión del operador	Proceso Crítico	Opción	
				Tiempo de Caminar o Espera												
				GRAND VITARA SZ							Legenda:					
											Desplazamiento					
											Retorno al punto inicial					
OPERACION	SEQ#	ELEMENTO	1	Revisar lateral total LH (PANEL-BODY SI OTR)	5											
			2	Tomar lateral de la parte posterior LH (PANEL-BODY SI OTR)	4											
			3	Colocar lateral posterior LH en los expulsosres del jig	3											
			4	Abrir la válvula # 0-0 del expulsor	2	2										
			5	Cerrar las válvulas # 0-0-0 del jig de laterales	2	2										
			6	Ayudar a colocar porta faro (POCKET ASM-T/LP) en el jig de lateral LH	2	2										
			7	Tomar pistola # NOC-K1468 del equipo # 000	2	2										
			8	Soldar 18 puntos tuerca estriker LH (REINF ASM-RR S/D LK STKR)	42	2										
			9	Colocar tuerca estriker en el jig de lateral LH y soldar 18 puntos	27	2										
			10	Cerrar las válvulas # 0-0-0 del jig de laterales	2	2										
			11	Tomar pistola # NOX-K1267 del equipo # 000	2	2										
			12	Soldar 27 puntos en el lateral LH con soportes de guardafango y faro posterior	24	2										
			13	Dejar pistola # NOX-K1267 del equipo # 000	3	2										
			14	Tomar pistola # NOC-K1268 del equipo # 000	2	2										
			15	Soldar 23 puntos en el lateral LH con tuerca estriker y faro parte superior	31	2										
			16	Dejar pistola # NOC-K1268 del equipo # 000	2	2										
			17	Tomar pistola # NOX-K1469 del equipo # 000	2	2										
			18	Soldar 26 puntos en el lateral LH con alojamiento de faro y toma de combustible	35	2										
			19	Dejar pistola # NOX-K1469 del equipo # 000	2	2										
			20	Cargar en tecla para transporte hacia el tabbing	3	2										
(Total) Tiempo de los Elementos / Tiempo de Caminar o Espera				207	50											
Tiempo Total de Ciclo (Seg.)				257												
Tiempo que agraga valor				189												
Tiempo de variable				88												
				168	88											

Takt Time: 290

Actual Takt Time: 258

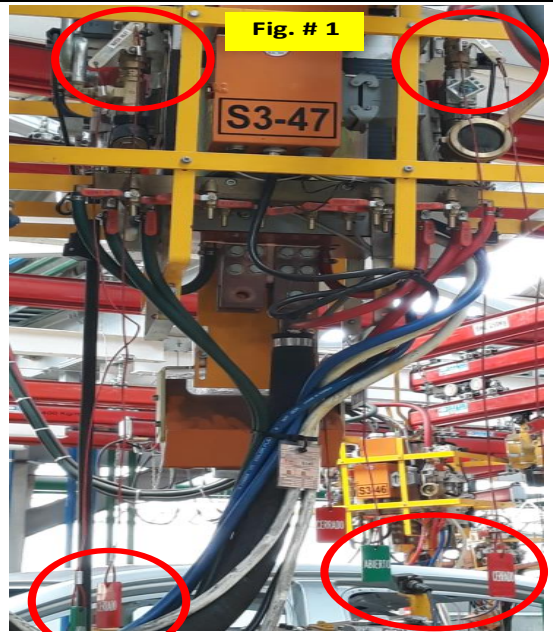
Bloque de firmas de aprobación

Turno	Lider de Equipo	Fecha	Lider de Grupo	Fecha	Superintendente	Fecha
1º		24-feb.-19		24-feb.-19		24-feb.-19
2º						
3º						

Registro de Revisiones

Fecha	Nº Revisión	Alteración
24-Feb-19	0	

Anexo O. Hoja 1 de trabajo estandarizado para fresado de electrodos de soldadura.

Página 1 de 1	TIS-BE2		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		MTTO SUELDA				
	Tarea:		Descripción de la tarea:			Fecha de Realización	19/2/2019	Realizada por:	Christian Córdova			
	2		Realizar fresado o cambio de cap's									
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	Seguridad	Crítico	Secuencia mandatoria en los pasos	Calidad	Secuencia mandatoria de pasos	Medio Ambiente	Tiempo estándar
	Soldadora de punto		BS									2
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Cierre de llaves de agua.		Halando las cuerdas de cierre de las válvulas de agua. FIG #1							
		2	Realizar cambio de caps.		Sosteniendo el caps con un playo de presión girar para desacoplar el ajuste cónico del caps y verter el agua en un recipiente. Insetar un nuevo cap y ajustarlo mediante un golpe con martillo. Abrir llaves de agua. FIG#2							
		3	Realizar fresado de caps.		Insertando fresadora sobre el cap ejercer presión sobre el mismo y verificando su desvaste. Verificar la punta del cap quede fresada con el diametro indicado, ajustarlo mediante un golpe con martillo. Abrir llaves de agua. FIG#3							
		4	Apertura de llaves de agua.		Halando las cuerdas de apertura de las válvulas de agua. FIG#1							
												
												

Anexo P. Hoja 2 de trabajo estandarizado para fresado de electrodos de soldadura.

Página 1 de 1	TIS-BE3		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		MTTO SUELDA				
	Tarea:		Descripción de la tarea:			Fecha de Realización	19/2/2019	Realizada por:	Christian Córdova		
	3		Probar al Equipo.								
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Simbolo	Seguridad	Critico	Secuencia mandatoria en los pasos	Calidad	Secuencia mandatoria de pasos	Medio Ambiente
	Soldadora de punto		BS								
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Retirar bloqueo.		Retirando la tarjeta y el candado de bloqueo de la ranura del dispositivo.						
		2	Realizar reenergización eléctrica.		Girando el selector en sentido antihorario para habilitar la energía.						
		3	Desactivar paro de emergencia.		Girando el pulsador en sentido horario para habilitar el equipo.						
		4	Comprobar funcionamiento.		Comprobamos el funcionamiento normal accionando los pulsadores y verificar su actiación.						



Fig. # 1



Fig. # 2



Fig. # 3

LUZ INDICADORA DE AIRE Y AGUA EN EQUIPO





Fig. # 4

Anexo Q. Pedido de reposición de material para certificación de piezas patrón para método tomoana.



REGISTRO DE CONTROL DE PANELES TOMOANA					
Manufactura			UBICACIÓN:		
Frontal			LG:		
J - III			LET:		
CODIGO DE PANELES					
Nº DE PARTE	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	Nº DE PARTE	NOMENCLATURA	
58110-77K01	E	Soporte mascarilla	58220-85J00	I	
58160-77K01	F	Soporte capot	58230-85J00	J	
58121-65J00	G	Soporte faro LH	58242-85J01	K	
58260-77K00	H	Soporte faro RH	58241-85J01	L	
AS			Cuando NO ingrese la pieza NGK Cuando ingrese la pieza de 4 mm OK		
Milímetros mm					
4 mm					
Trimestral o según evaluación					
Cada 2 meses					

Anexo R. Plan de rotación para el líder de equipo.

Plan de Rotación y Flexibilidad

EQUIPO: THE MACHINES **CODIGO:** SUAU1T02 **MES:** ABRIL

PLATAFORMA Y MODELO: CELDA RT 50

PERSONAL:
V.CH: VICTOR CHICHARRÓN
I.A: IVAN ACUÑA
C.C: CRISTIAN CALVACHE
B.CH: BYRON CHALACAN
S.C: SANTIAGO COLLAGUAZO
F.M: FERNANDO MONTOYA
J.T: JOSÉ TORRES
F.V: FAUSTO VACA

UNDERBODY 1-2 LH
E.V
E
E
F.M
UNDERBODY 1-2 RH

LATERAL 1 LH
S.J
E

→

TECHOS Y GUARDAFANGOS

LATERAL 2 LH
C.C
E
E
B.CH
ENVO DE UNIDADES

SUELDA MIG 1-2 RH
REMATE ESPECIFICOS SUELDA MIG-MAG 1-2 RH
S.A
E
E
S.C

Plan de entrenamiento para ganar flexibilidad

MET	MODELO	OPERACIÓN	ACTUAL	OBJETIVO	ESTATUS*
FAUSTO VACA	RT	SUELDA MIG 1-2 LH	☒	☒	OK
CRISTIAN CALVACHE	RT	SUELDA MIG 1-2 RH	☒	☒	OK
BYRON CHALACAN	RT	SUELDA 1 LH	☒	☒	OK
SANTIAGO COLLAGUAZO	RT	LATERAL 1 LH	☒	☒	OK
IVAN ACUÑA	RT	SUELDA MIG 1-2 RH	☒	☒	OK
FERNANDO MONTOYA	RT	SUELDA MIG 1-2 RH	☒	☒	OK
JOSÉ TORRES	RT	SUELDA MIG 1-2 RH	☒	☒	OK
			☐	☐	
			☐	☐	
			☐	☐	

* Puntar un círculo verde si se cumple con el objetivo, o una X roja si no se cumple

Horario de Rotación: Aplica para Suelda.

Turno	Inicio de Turno	1era Rotación	2da Rotación
1T			
2T			
3T			

Horario de Rotación: Aplica solo para Pintura

Turno	Inicio de Turno	1era Rotación	2da Rotación
1T			Almuerzo a Salida
2T			
3T			

SIMBOLOGÍA:

Dibuje Castillos y ubica los siglas de los MET de izquierda a derecha según ciclo de rotación

→

Estación de trabajo con dirección de flujo

E

OPERADOR EN ENTRENAMIENTO

FIRMA LET:

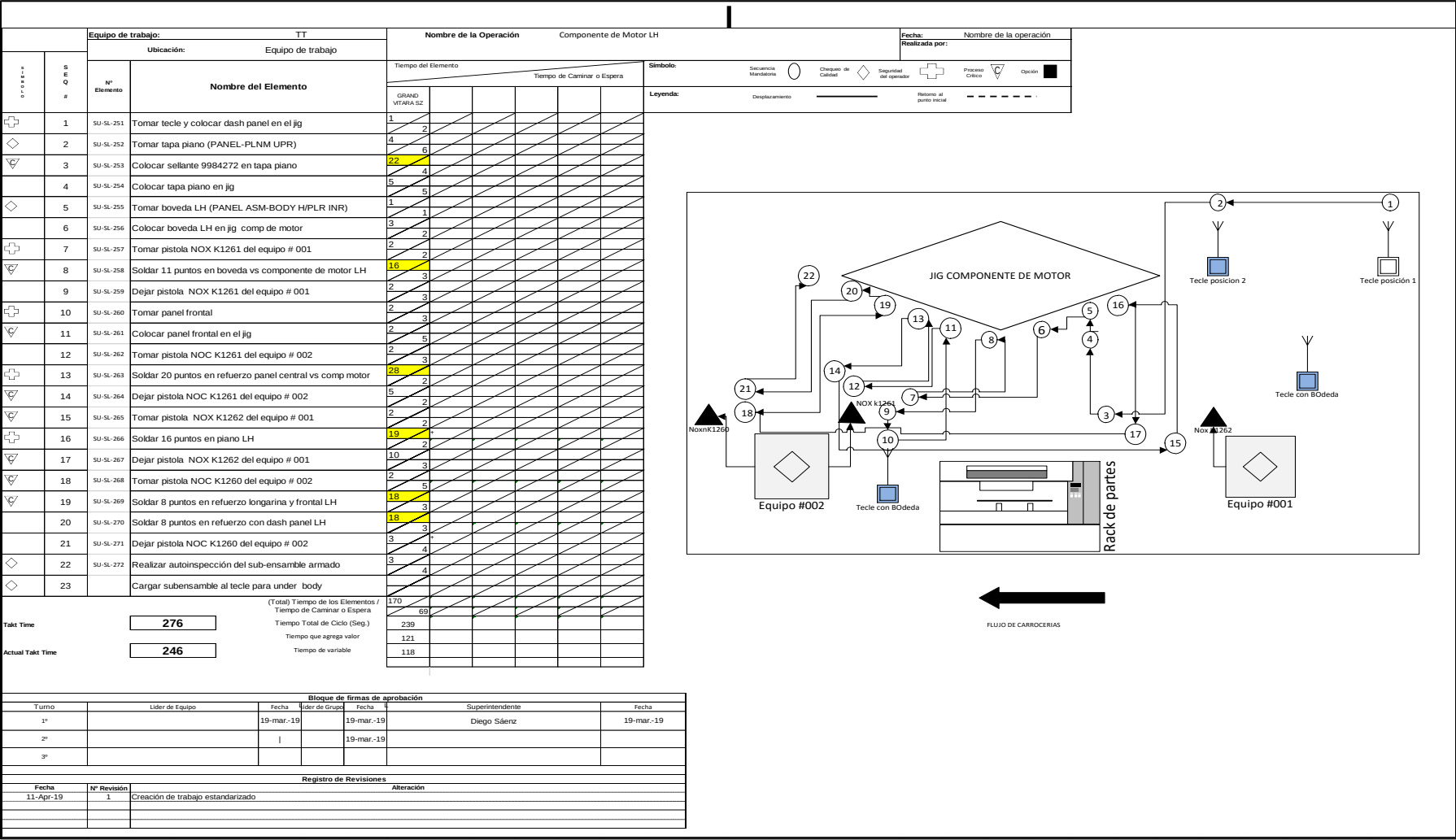
FIRMA LG:

EL MET CON 75% DE FLEXIBILIDAD PUEDE REALIZAR LA ROTACION EN EL EQUIPO

Actualizado: ENERO 2019

* Las excepciones para no rotar en la frecuencia establecida la realiza cada planta. Controlador de Gente.

Anexo S. “Layout” y flujo de movimiento mejorado estación componente de motor lh celda GV



Anexo T: “Layout” y flujo de movimiento mejorado estación remate “under body / tabbing rh” celda GV.

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO - LÍNEA ESTÁTICA

Equipo de trabajo: Los Albinos		Nombre de la Operación: Reamte Under body		Fecha: 24-ene.-19	
Ubicación: SL-05				Realizada por: Giovanni Sarango	

C O D I G O	S E Q #	Nº Elemento	Nombre del Elemento	Tiempo del Elemento					Simbolo:	Leyenda:				
				Tiempo de Caminar o Espera						Secuencia Monitoria	Chequeo de Calidad	Seguridad del operador	Proceso Crítico	Opcion
○	1	SU-SL-751	Verificar el asentamiento del Underbody en jig segundo paso	3										
◇	2	SU-SL-753	Tomar pistola NOX K1257 del equipo 01	4	3									
+	3	SU-SL-754	Soldar 11 puntos en componente de motor VS piso delantero LH	22										
	4	SU-SL-755	Dejar pistola NOX K1257 del equipo 01	2	3									
▽	5	SU-SL-756	Tomar pistola NOC K1462 del equipo 02	2	3									
	6	SU-SL-757	Soldar 28 puntos en estribo LH	56	15									
○	7	SU-SL-758	Dejar pistola NOC K1462 del equipo 02	2	3									
+	8	SU-SL-759	Tomar pistola NOX K1257 del equipo 01	2	3									
▽	9	SU-SL-760	Soldar 9 puntos en refuerzos piso posterior y delantero LH	18	4									
▽	10	SU-SL-763	Soldar 10 puntos en unión pisos y componente de motor LH	20										
	11	SU-SL-764	Dejar pistola NOX K1259 del equipo 01	2	3									
◇	12	SU-SL-765	Tomar pistola NOC K1462 del equipo 02	3	2									
◇	13	SU-SL-766	Soldar 14 puntos en aleta vs componente de mortor LH	27	15									
◇	14	SU-SL-767	Dejar pistola NOC K1462 del equipo 02	3	3									
	15	SU-SL-768	Realizar autoinspeccion del underbody paso 2	3	2									
	16	SU-SL-769	Colocar lateral RH en el tabbing y emgrampar	7	5									
	17	SU-SL-770	Tranportar y colocar techo sobre la carrocería	6	5									
(Total) Tiempo de los Elementos / Tiempo de Caminar o Espera				182										
Takt Time				290	Tiempo Total de Ciclo (Seg.)									
Actual Takt Time				258	Tiempo que agrega valor									
				143	Tiempo de variable									
				108										
				143	118									

Bloque de firmas de aprobación

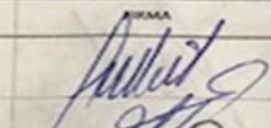
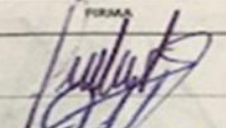
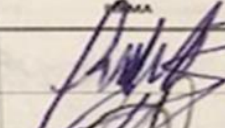
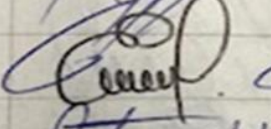
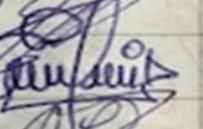
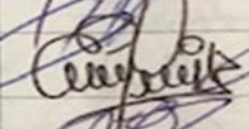
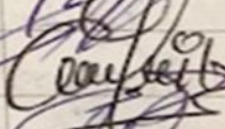
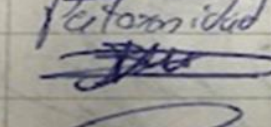
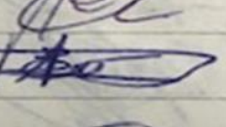
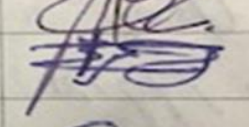
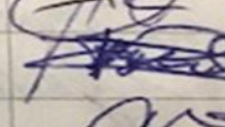
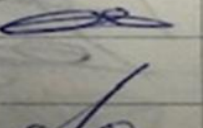
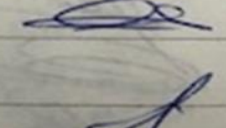
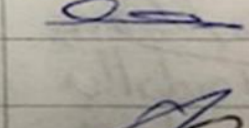
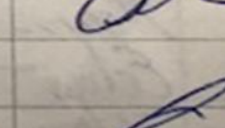
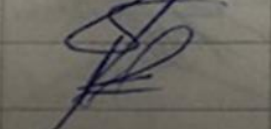
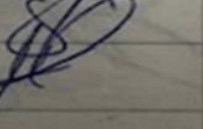
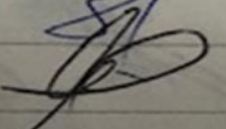
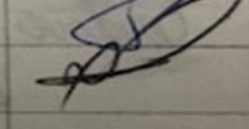
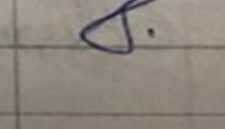
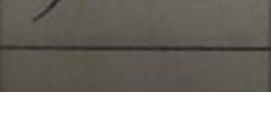
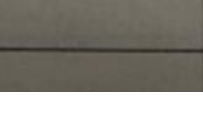
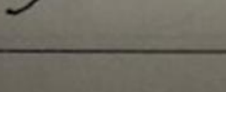
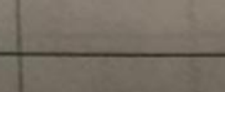
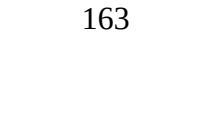
Turno	Lider de Equipo	Fecha	Lider de Grupo	Fecha	Superintendente	Fecha
1º		24-ene.-19		24-ene.-19		24-ene.-19
2º		24-ene.-19		24-ene.-19		
3º						

Registro de Revisiones

Fecha	Nº Revisión	Alteración
2-Jun-15	1	Creación de Trabajo Estandarizado

Diagrama de Flujo:

Anexo U. Lista de asistencia de lets al curso de balanceo de línea de producción.

MES		Febrero				
Nombre del equipo de trabajo		ADM				
DIA	1	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
FACILITADOR(LIDER DE SEGURIDAD):		4	5	6	7	8
TEMAS		BOLUNGEO CARGAS DE TRABAJO				
No.	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA
1 TURNO	R. Ledesma					
	E. Lirio					
	Pablo Camos					
	Pablo Alvarez					
	Edgar Usinín					
	Edgar Tondello					
						
	Spencer Lopez					
	Maricio Alvarez					

Anexo V. Costo estructural “budget” vs forecst suelda de carrocerías

Budget	Producción Financiera	2.128	2.095	2.062	2.438	2.366	2.405	2.392	2.513	2.442	2.676	2.740	1.602	27.861	1.486.609
Forecast	Producción real	2.387	2.352	2.317	2.715	2.639	2.680	2.666	2.794	2.719	2.967	3.034	1.830	31.100	1.519.646

Cuenta	Descripción		Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Sept-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Total 2019	Costo evitado (\$/uni) Bgt vs Fcst	Costo evitado (\$)	
S001	Mano de obra	Budget (\$)	148.923,00	94.797,00	80.850,00	85.504,00	82.084,00	83.104,00	84.448,00	83.546,00	91.441,00	83.848,00	83.355,00	82.061,00	1.083.961,00			
		CPU budget	69,97	45,24	39,21	35,07	34,69	34,55	35,30	33,25	37,44	31,33	30,42	51,22	38,91	4,05	126016,64	
		CPU forecast	62,39	40,30	34,89	31,49	31,10	31,01	31,68	29,90	33,63	28,26	27,47	44,84	34,85			
S002	EPP (equipo protección personal)	Budget	5.900,00	2.496,00	3.359,00	2.841,00	3.269,00	3.328,00	3.327,00	3.346,00	3.364,00	3.328,00	3.304,00	3.200,00	41.062,00			
		CPU budget	2,77	1,19	1,63	1,17	1,38	1,38	1,39	1,33	1,38	1,24	1,21	2,00	1,47	0,15	4773,69	
		CPU forecast	2,47	1,06	1,45	1,05	1,24	1,24	1,25	1,20	1,24	1,12	1,09	1,75	1,32			
S003	Energía	Budget	11.290,00	20.960,00	11.270,00	17.207,00	16.180,00	17.401,00	19.008,00	18.988,00	19.869,00	20.647,00	19.008,00	17.940,00	209.768,00			
		Forecast	12.419,00	23.056,00	12.397,00	18.927,70	17.798,00	19.141,10	20.908,80	20.886,80	21.855,90	22.711,70	20.908,80	19.734,00	230.744,80			
		CPU budget	5,30	10,00	5,46	7,06	6,84	7,23	7,95	7,56	8,14	7,71	6,94	11,20	7,53	0,11	3409,93	
		CPU forecast	5,20	8,91	4,86	6,34	6,13	6,49	7,13	6,80	7,31	6,96	6,26	9,80	7,42			
S004	Mantenimiento	Budget	31.060,00	10.554,00	14.782,00	13.717,00	14.138,00	9.500,00	9.500,00	9.500,00	9.500,00	9.500,00	9.500,00	9.500,00	150.751,00			
		Forecast	33.544,80	11.398,32	15.964,56	14.814,36	15.269,04	10.260,00	10.260,00	10.260,00	10.260,00	10.260,00	10.260,00	10.260,00	162.811,08			
		CPU budget	14,59	5,04	7,17	5,63	5,97	3,95	3,97	3,78	3,89	3,55	3,47	5,93	5,41	0,18	5465,58	
		CPU forecast	14,05	4,85	6,89	5,46	5,79	3,83	3,85	3,67	3,77	3,46	3,38	5,61	5,24			
S005	Daños y perdidas	Budget	174,00	176,00	95,00	71,00	67,00	78,00	74,00	77,00	78,00	74,00	71,00	32,00	1.067,00			
		CPU budget	0,08	0,08	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,00	124,04
		CPU forecast	0,07	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03		
															Total Budget	1.486.609,00		
															Total forecas	1.519.645,88		139.789,89