



# **BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**COLEGIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

## **BALANCEO DE LINEA EN UN TABLERO DE FABRICACION DE ARNESES DE UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL  
TITULO DE:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

**JUAN CARLOS BRUNO ONOFRE**

DIRECTOR:

**MTRA. ALEJANDRA CAMPOS VILLATORO**

CODIRECTOR:

**DR. JOSE LUIS MACIAS PONCE**

PUEBLA, PUE.

DICIEMBRE 2024



**BUAP**

Oficio No. SAC/0005/2025

**C. Juan Carlos Bruno Onofre - 201842147 -  
Pasante de la carrera de Ingeniería  
Industrial  
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de esta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**"BALANCEO DE LÍNEA EN UN TABLERO DE FABRICACIÓN DE ARNESES DE UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ"**

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como directora de tema a la Mtra. Alejandra Campos Villatoro y como Co Director al Dr. José Luis Macías Ponce.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente  
"Pensar bien, para vivir mejor"  
H. Puebla de Z. a 06 de enero de 2025

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Director



M'ACGZ/barv  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

Facultad  
de Ingeniería

Bvd. Volseguillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7630

**M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**P r e s e n t e.**

La que suscribe: Mtra. Alejandra Campos Villatoro, directora del tema de tesis:

**“BALANCEO DE LÍNEA EN UN TABLERO DE FABRICACIÓN DE ARNESES DE UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ”**

Presentada por el C. Juan Carlos Bruno Onofre -201424622-, pasante del Colegio de Ingeniería Industrial, y en atención al oficio No. SAC/0005/2025 con fecha de emisión 06 de enero de 2025, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**Atentamente**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
**H. Puebla de Z. a 10 de enero de 2025**



**Mtra. Alejandra Campos Villatoro**  
**Directora de Tema**

**M<sup>Y</sup>CMM/BARV**  
**C.c.p. Archivo**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres María de los Ángeles Onofre y Fabián Bruno que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir mis objetivos personales y académicos. Ellos son las personas que con su cariño y amor me han impulsado a perseguir mis metas y no abandonarlas frente a las adversidades.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Mtra. Alejandra Campos Villatoro por acompañarme en el desarrollo de este proyecto, gracias por su orientación, dedicación y paciencia, sin sus palabras, orientación y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar hasta esta instancia que tanto anhelaba.

También quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis sinodales el Dr. José Luis Macias y la Dra. Julia Isabel Rodríguez por su tiempo, dedicación y valiosos comentarios durante este proceso.

Y por último quisiera agradecer a todas las personas con las que me he cruzado en mi camino y me han compartido sus experiencias y su apoyo en el desarrollo de este proyecto.

## **Dedicatoria**

A mi madre María de los Ángeles Onofre Marín por ser una mujer humilde, honesta y siempre responsable, por brindarme su apoyo incondicional, por compartir conmigo sus sabios consejos y valores que me han formado. Gracias por ser mi guía, por motivarme a seguir adelante y por enseñarme a no rendirme frente a las adversidades. Gracias por tu amor incondicional.

A mi padre Fabian Bruno Martínez por ser un buen hombre, ser un padre responsable y brindarme los medios necesarios para llegar a estas instancias de mi vida. Por ser un ejemplo de sacrificio, demostrando que con trabajo, esfuerzo y determinación se puede lograr todo lo que se sueña. Gracias por tu amor incondicional.

A mis tíos quienes han sido pilares fundamentales en mi carrera. Su apoyo incondicional en momentos clave, junto con sus sabios consejos profesionales, han sido una fuente de inspiración y fortaleza para seguir adelante. Gracias por compartir su conocimiento y por siempre orientarme con su experiencia. Su generosidad y sabiduría han sido esenciales en mi crecimiento y siempre llevaré en el corazón todo lo que me han brindado.

A mi hija, quien llegó a mi vida para llenarla de luz, amor y alegría. Desde el momento en que apareciste, todo ha cobrado un nuevo significado. Gracias por enseñarme a ser mejor, eres mi mayor inspiración y mi mayor razón para seguir adelante.

A mi familia que siempre me apoyaron con sus consejos y que siempre me motivaron a seguir adelante.

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>CAPITULO 1 MARCO METODOLÓGICO</b> .....	13
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	14
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.5 HIPÓTESIS .....	16
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	16
1.7 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	17
<b>CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1 ARNÉS ELÉCTRICO AUTOMOTRIZ .....	18
2.2 ESTUDIO DEL TRABAJO .....	18
2.3 PRODUCTIVIDAD .....	19
2.3 DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACIÓN .....	24
2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS .....	24
2.5 DIAGRAMA DE PRECEDENCIA .....	25
2.6 MEDICIÓN DEL TRABAJO .....	25
2.7 ESTUDIO DE TIEMPOS .....	28
2.8 ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONOMETRO .....	32
2.9 TIEMPO ESTÁNDAR .....	45
2.10 BALANCEO DE LÍNEA .....	49
2.11 TIEMPO TAKT .....	52
2.12 KAIZEN .....	53
2.13 HERRAMIENTA YAMAZUMI .....	54
2.14 VALOR AÑADIDO Y DESPERDICIOS .....	54
2.15 LA ORGANIZACIÓN 5S .....	57
<b>CAPITULO 3 IMPLEMENTACIÓN DEL BALANCEO DE LINEA</b> .....	59
3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	59
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SUBENSAMBLE .....	64
3.3 TOMA DE TIEMPOS .....	67
3.4 ANÁLISIS CON LA HERRAMIENTA YAMAZUMI .....	79
<b>CAPITULO 4 RESULTADOS</b> .....	87

<b>4.1 MEJORAS AL PROCESO DE SUBENSAMBLE .....</b>	<b>87</b>
<b>4.2 BALANCEO DE LÍNEA .....</b>	<b>91</b>
<b>4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL BALANCEO DE LÍNEA.....</b>	<b>115</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>120</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>124</b>
<b>APÉNDICE A.....</b>	<b>127</b>

## INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. FÓRMULA PARA CALCULAR LA PRODUCTIVIDAD .....	20
ECUACIÓN 2. FÓRMULA PARA CALCULAR LA PRODUCTIVIDAD .....	20
ECUACIÓN 3. FÓRMULA PARA CALCULAR EL COSTO ANUAL DE LA OPERACIÓN .....	34
ECUACIÓN 4. FÓRMULA PARA CALCULAR EL TIEMPO PROMEDIO POR ELEMENTO .....	49
ECUACIÓN 5. FÓRMULA PARA CALCULAR EL TIEMPO BASE ELEMENTAL (TIEMPO ESTÁNDAR) .....	49
ECUACIÓN 6. FÓRMULAS PARA CALCULAR EL NÚMERO DE OPERADORES PARA LA LÍNEA .....	51
ECUACIÓN 7. FÓRMULA PARA CALCULAR EL TIEMPO CICLO REQUERIDO .....	52
ECUACIÓN 8. FÓRMULA PARA CALCULAR EL NÚMERO DE ESTACIONES .....	53
ECUACIÓN 9. FÓRMULA PARA CALCULAR LA EFICIENCIA.....	53

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN (GARCIA CRIOLLO, 2005)P18.....	21
FIGURA 2. MÉTODOS DE MEDIDA Y CLASES DE TIEMPOS (CUATRE CASAS, 2017)P468 .....	30
FIGURA 3. ELABORACIÓN PROPIA, TOMADO DE (GARCIA CRIOLLO, 2005)P193 .....	37
FIGURA 4. ELABORACIÓN PROPIA, TOMADO DE (GARCIA CRIOLLO, 2005)P194 .....	38
FIGURA 5. DESCOMPOSICIÓN DEL TIEMPO ESTÁNDAR (TIPO) (ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL TRABAJO, 1996) P344 .....	47
FIGURA 6. ORGANIZACIÓN DE TABLEROS Y PERSONAL DE LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA DE PRODUCCIÓN TPD, ELABORACIÓN PROPIA (2024). .....	62
FIGURA 7. DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACIÓN DE LA LÍNEA DE TABLEROS DE SUBENSAMBLE DE LA CÉLULA TPD. ELABORACIÓN PROPIA (2024). .....	63
FIGURA 8. POSICIÓN DE LA PIEZA TU_1200 .....	73
FIGURA 9. DIAGRAMA YAMAZUMI DE LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA TPD. ELABORACIÓN PROPIA (2024). .....	86
FIGURA 10. DIAGRAMA DE PRECEDENCIA DE LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA TPD. ELABORACIÓN PROPIA (2024) .....	98
FIGURA 11. REASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES DE LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA TPD. ELABORACIÓN PROPIA (2024). .....	100
FIGURA 12. GRÁFICO DEL BALANCE DE LÍNEA DE LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA TPD. ELABORACIÓN PROPIA (2024) .....	102
FIGURA 13. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TAB-032. ELABORACIÓN PROPIA (2024) ...	104
FIGURA 14. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TAB-033. ELABORACIÓN PROPIA (2024) ...	104
FIGURA 15. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TAB-038. ELABORACIÓN PROPIA (2024) ...	105
FIGURA 16. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TAB-039. ELABORACIÓN PROPIA (2024) ...	105
FIGURA 17. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TAB-040. ELABORACIÓN PROPIA (2024) ...	106
FIGURA 18. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TAB-041. ELABORACIÓN PROPIA (2024) ...	106
FIGURA 19. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TAB-042. ELABORACIÓN PROPIA (2024) ...	107
FIGURA 20. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE ACTIVIDADES DEL BALANCEO DE LÍNEA EN LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA DE PRODUCCION TPD.....	116
FIGURA 21. DOCUMENTACIÓN DE LA MEJORA.....	119

## INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. ENCINTADO CONTINUO QUE SE REALIZA EN CÉLULA DE PRODUCCIÓN TPD. .....	64
ILUSTRACIÓN 2. ENCINTADO ALTERNO QUE SE REALIZA EN CÉLULA DE PRODUCCIÓN TPD....	65
ILUSTRACIÓN 3. PROCESO DE ENCINTADO DE BRIDAS EN LA CÉLULA DE PRODUCCIÓN TPD. ....	66
ILUSTRACIÓN 4. DISEÑO DEL TABLERO TAB-032 .....	68
ILUSTRACIÓN 5. DISEÑO DEL TABLERO TAB-033 .....	69

ILUSTRACIÓN 6. DISEÑO DEL TABLERO TAB-038.....	70
ILUSTRACIÓN 7. DISEÑO DEL TABLERO TAB-039.....	71
ILUSTRACIÓN 8. DISEÑO DEL TABLERO TAB-040.....	72
ILUSTRACIÓN 9. DISEÑO DEL TABLERO TAB-041.....	73
ILUSTRACIÓN 10. DISEÑO DEL TABLERO TAB-042.....	74
ILUSTRACIÓN 11. REFERENCIA DE ESCANEADO DE LA ESTACIÓN TAB-041.....	87
ILUSTRACIÓN 12. EVIDENCIA DE IMPLEMENTACIÓN EN TAB-041 (POR CUESTIONES DE SEGURIDAD SE ESTÁ MANEJANDO LA DISTORSIÓN EN LA IMAGEN).....	88
ILUSTRACIÓN 13. REFERENCIA DE ESCANEADO EN TAB-040 (POR CUESTIONES DE SEGURIDAD SE ESTÁ MANEJANDO LA DISTORSIÓN EN LA IMAGEN).....	89
ILUSTRACIÓN 14. REFERENCIAS DE ANTENAS EN TAB-040 (POR CUESTIONES DE SEGURIDAD SE ESTÁ MANEJANDO LA DISTORSIÓN EN LA IMAGEN).....	89
ILUSTRACIÓN 15. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN TAB-040.....	90
ILUSTRACIÓN 16. METODO OPERATORIO TAB-032.....	108
ILUSTRACIÓN 17. METODO OPERATORIO TAB-033.....	109
ILUSTRACIÓN 18. METODO OPERATORIO TAB-038.....	110
ILUSTRACIÓN 19. METODO OPERATORIO TAB-039.....	111
ILUSTRACIÓN 20. METODO OPERATORIO TAB-040.....	112
ILUSTRACIÓN 21. METODO OPERATORIO TAB-041.....	113
ILUSTRACIÓN 22. METODO OPERATORIO TAB-042.....	114

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. ELABORACIÓN PROPIA, TOMADO DE (GARCIA CRIOLLO, 2005)P19.....	23
TABLA 2. COMPARACIÓN TIEMPOS MEDIANTE EL CRONOMETRAJE Y PREDETERMINADOS (CUATRECASAS, 2017)P470.....	31
TABLA 3. TABLA WESTINGHOUSE, ELABORACIÓN PROPIA, TOMADO DE (GARCIA CRIOLLO, 2005)P208.....	40
TABLA 4. CRITERIO DE GENERAL ELECTRIC, ELABORACIÓN PROPIA, TOMADO DE (GARCIA CRIOLLO, 2005)P211.....	41
TABLA 5. CALIFICACIÓN DE LA ACTUACIÓN, ELABORACIÓN PROPIA, TOMADO DE (GARCIA CRIOLLO, 2005)P210.....	42
TABLA 6. TIPOS DE POSICIÓN EN LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA DE PRODUCCIÓN TPD. ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	60
TABLA 7. TABLEROS DE TRABAJO DE LA CÉLULA DE PRODUCCIÓN TPD. ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	61
TABLA 8. TIPOS DE CINTA EN LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA DE PRODUCCION TPD, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	66
TABLA 9. TIPOS DE CORTADORES. ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	67
TABLA 10. CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TAB-032, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	77
TABLA 11. CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TAB-033, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	77
TABLA 12. CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TAB-038, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	77
TABLA 13. CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TAB-039, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	77
TABLA 14. CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TAB-040, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	78
TABLA 15. CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TAB-041, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	78
TABLA 16. CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TAB-042, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	78
TABLA 17. CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TAB-043, ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	79
TABLA 18. CLASIFICACIÓN DE COLORES EN EL DIAGRAMA YAMAZUMI. ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	80
TABLA 19. ACTIVIDADES DEL PROCESO CON LA ESCALA YAMAZUMI. ELABORACIÓN PROPIA (2024).....	80

TABLA 20. TIEMPOS ESTÁNDAR DE LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA TPD. ELABORACIÓN PROPIA (2024) .....	91
TABLA 21. ACTIVIDADES DE LA LÍNEA DE TABLEROS DE LA CÉLULA DE PRODUCCIÓN TPD Y SU PRECEDENCIA. ELABORACIÓN PROPIA (2024). .....	97
TABLA 22. SIMBOLOGÍA DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS. TOMADO DE (GARCIA CRIOLLO, 2005) .....	103
TABLA 23. CÁLCULO DE EFICIENCIA EN LA LÍNEA DE LA CÉLULA DE PRODUCCION TPD, ELABORACIÓN PROPIA (2024). .....	118

## INTRODUCCIÓN

La línea de producción es un conjunto de operaciones realizadas en el proceso de la fabricación de un producto, estas operaciones ocurren de manera secuencial. En esta empresa automotriz se realiza un proceso de fabricación de arneses automotrices mediante líneas de producción las cuales están divididas por células de trabajo y subconjuntos de tramadas que componen el arnés principal.

La aplicación del balanceo de línea se realizó en la célula de producción TPD de sub interior con el objetivo de mejorar la eficiencia.

Si bien es cierto que el aumento en el uso de los vehículos híbridos y eléctricos ha dado un gran crecimiento a esta industria del cableado automotriz, ya que los arneses son un componente importante en los vehículos, siendo estos los medios para controlar las funciones críticas en un vehículo, principalmente en los eléctricos.

Debido a esta creciente demanda, el mercado de arneses automotrices tendrá un crecimiento importante en este sector de la industria, por lo que la competencia con empresas del mismo sector aumentará y con ello la demanda de los clientes.

Para una empresa, el factor más importante es el cliente, por lo que en las empresas se busca satisfacer a los clientes y ofrecerles la mejor calidad y precio posible, por lo que se busca siempre la constante mejora de procesos y aumento en la eficiencia. Es por esto que en esta empresa automotriz cumplir con las expectativas del cliente, así como las especificaciones de calidad, son de vital importancia.

Por ello la empresa ha mantenido un enfoque constante en el análisis de sus procesos, aplicando diversas técnicas con el objetivo de mejorar cada uno de los procesos, aumentar la productividad, reducir costos y mejorar la calidad de los productos para satisfacer las expectativas de los clientes.

En este contexto, la línea de tableros para la construcción de arneses para controlar un vehículo en el lado del copiloto se denomina “**célula de producción de la tramada de piloto derecho (TPD)**” y es en esta empresa que se está fabricando y de acuerdo con su proceso se ha detectado de interés para realizar un estudio de mejora.

Por consiguiente, a través de herramientas como el diagrama Yamazumi, el estudio de métodos y tiempos, y las involucradas en la implementación del balanceo de línea, se ha evaluado el proceso de subensamble en la línea de tableros.

Por lo tanto, la presente investigación consta de la elaboración de un balanceo en la línea de tableros de la célula de producción TPD con el objetivo de mejorar la eficiencia de la línea y reducir costos de producción.

## **CAPITULO 1 MARCO METODOLÓGICO**

### **1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En México en particular en el norte del país, la industria manufacturera de arneses cobró importancia desde el inicio de los años ochenta del siglo pasado, pero se incrementó sustancialmente a partir de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN, 1994).

Teniendo en cuenta lo anterior las empresas dedicadas a la manufactura de estos arneses eléctricos se ven obligadas a mantener estándares altos de calidad, así como producir al menor costo posible para permanecer dentro del mercado, en ese mismo contexto esta empresa dedicada a la manufactura de arneses eléctricos toma importancia a este hecho y busca ofrecer la mejor calidad en producto y al mejor precio.

Por lo tanto, esta manufactura se realiza mediante líneas de producción en las cuales el talento principal es el humano, es por este motivo que se busca la constante mejora de procesos. Sin embargo, existen áreas de oportunidad en estas líneas de producción, específicamente en la célula de la tramada de piloto derecho se observó la problemática del flujo del producto, dado que en ciertos puntos de esta línea se identificaron cuellos de botella, a causa de tiempos de espera entre los operadores, por lo que la línea no tiene un flujo continuo, como resultado este desbalanceo en la línea hace que opere con una menor eficiencia, generando más consumo de recursos.

En tal sentido este evento representa una oportunidad de mejora para la optimización de recursos dentro de la empresa debido a que en México los arneses eléctricos son uno de los productos líderes, por lo que, para la empresa identificar este tipo de oportunidades representan gran ventaja ante la competencia.

De acuerdo con Carrillo & Miker Palafox (2014, p. 27) los arneses son uno de los productos líderes que se ensamblan en México desde principios de los años noventa; representaban 11.2% del valor de los componentes estadounidenses en todas las importaciones dentro de la tarifa de producción compartida HTS Capítulo 98 en 2007, y 22.1% del contenido estadounidense en estas importaciones en 2007 desde México.

Los arneses automovilísticos conforman un segmento industrial diferenciado, liderado por pocas empresas proveedoras globales que siguen una doble estrategia: la relocalización hacia lugares con mano de obra abundante y barata, o bien la concentración regional para atender a sus clientes de manera más rápida y eficiente.

México se ha convertido en el rey de la manufactura de arneses (sistemas de cableado eléctrico de los automóviles) en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), con un valor de producción de 8,000 millones de dólares anuales, que surte a los 17 millones de vehículos fabricados en la región, afirmó Óscar Albín, presidente de la Industria Nacional de Autopartes (INA). (González , 2020)

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto pretende aplicar los conceptos y conocimientos sobre la metodología del balanceo de línea adquiridos en la licenciatura de ingeniería industrial de la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Esta tesis plantea la visión necesaria para promover y aumentar la eficiencia en la línea de producción, esta actividad se realizará por medio del estudio de tiempos y la implementación de la herramienta Yamazumi en la célula de producción TPD sub interior.

Por medio de esta evaluación se obtendrá la metodología de balanceo de línea para eliminar actividades sin valor agregado al producto o minimizar los diferentes tiempos muertos u ociosos que pueda llegar a tener una línea de producción.

La justificación de este proyecto se basa en la utilidad que tiene la implementación de un balanceo de línea, esto ayudara a identificar los cuellos de botella, las estaciones con más carga de trabajo y el flujo del proceso. Con esto se pretende que la empresa pueda tener un ahorro económico, mejore la eficiencia de sus trabajadores, se conserven los recursos y se obtengan productos de calidad, esto permitirá distribuir las cargas de trabajo, por lo que será necesario realizar un estudio de tiempos para analizar e identificar las actividades con valor agregado y no agregado.

### **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### ➤ Objetivo General

- Aplicar un balanceo de línea para reducir los costos del personal operativo en un 10% en célula de producción TPD de sub interior y mejorar la eficiencia y competitividad, en un plazo de 6 meses.

#### ➤ Objetivos Específicos

- Realizar un análisis mediante el estudio de métodos y tiempos del proceso de subensamble en célula de producción TPD de sub interior, con el fin de obtener un diagnóstico de la situación actual de la línea en un plazo de 2 meses.
- Diseñar e implementar propuestas de mejora basadas en los desperdicios identificados y los resultados obtenidos por el análisis de la herramienta Yamazumi, con el fin de mejorar la productividad en un plazo de un mes.
- Elaborar e implementar una propuesta de balanceo de línea en célula de producción TPD de sub interior a través del análisis del estudio de métodos y tiempos, y la implementación de la herramienta Yamazumi en un plazo de 3 meses.

### **1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- ¿Cómo afecta el desequilibrio en la carga de trabajo a la eficiencia y productividad en la línea de la célula de la tramada de piloto derecho sub interior en la empresa del giro automotriz?
- ¿Cuáles son las mejores prácticas y estrategias de balanceo de línea que pueden aplicarse en la empresa para optimizar la utilización de recursos y reducir los tiempos ciclos?
- ¿Cuáles son los métodos y herramientas más efectivas para el seguimiento y ajuste continuo del balanceo de línea en la empresa?
- ¿Qué beneficios generara el realizar dicho estudio en la empresa?

## 1.5 HIPÓTESIS

La aplicación del balanceo de línea reducirá los costos de producción del personal operativo un 10% en la célula de producción TPD de sub interior y mejorará la eficiencia y competitividad, en un plazo de 6 meses, lo que resultará en una disminución significativa de los desperdicios de tiempo y recursos.

## 1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

### ➤ Alcances:

- Este proyecto está enfocado en la célula de producción TPD de sub interior en la sección de tableros, por lo que no se abordaran otras áreas de la empresa. Se implementará un proceso de balanceo de línea para optimizar la distribución de la carga de trabajo en la célula.
- El desarrollo de este proyecto incluye la implementación de la herramienta Yamazumi, la cual necesita de un diagnóstico de la situación actual del proceso productivo para aclarar cuales son las operaciones críticas. El análisis inicia con la toma de tiempos de todas las actividades que realizan los operarios y la identificación de desperdicios que tiene el proceso, como tiempos de espera, movimientos innecesarios, etc.

### ➤ Limitaciones:

- La implementación del balanceo de línea podría requerir cambios significativos en los procesos y la capacitación de los empleados, lo que podría encontrar resistencia o llevar más tiempo de lo previsto.
- Los recursos disponibles para el proyecto incluyen personal, un presupuesto limitado y podría influir en la capacidad de alcanzar la reducción de costos planificada.
- Las condiciones económicas y competitivas externas podrían afectar la viabilidad de alcanzar el objetivo de mejora de la competitividad en el tiempo previsto.

## 1.7 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Esta empresa es del giro manufacturero dedicada a la fabricación de arneses eléctricos destinado al sector automotriz, desde su fundación, la empresa ha contribuido al mejoramiento de la sociedad al proporcionar tecnologías avanzadas respaldadas por una fiabilidad sin compromisos. Actualmente con 18 años laborando en Puebla desde el año 2006, se ha caracterizado por su alta experiencia en la fabricación de arneses eléctricos.

La actividad principal de la empresa es la fabricación de arneses para la industria automotriz. Esta planta cuenta con la más alta innovación y tiene como prioridad la elaboración de arneses de la máxima calidad en un marco de permanente evolución tecnológica, a través de la aplicación de la mejora continua en los procesos.

- Misión

La misión de la empresa es crear valor excepcional para nuestros clientes en todo el mundo usando tecnologías Tsunagu (la palabra japonesa que significa conexión).

Nos dedicamos a brindar productos y soluciones excepcionales, ganándonos la confianza de nuestros clientes y contribuyendo a la sociedad.

- Visión

La visión de la empresa es ser el socio más confiable en nuestros mercados, desarrollar continuamente productos y soluciones innovadores y relevante, e impactar positivamente en nuestras comunidades. Nos esforzamos por convertirnos en el jugador líder en nuestros mercados al utilizar nuestras tecnologías Tsunagu, desarrollando incansablemente productos y soluciones innovadores y útiles. Cada individuo dentro de la compañía se esforzará para convertirse en un jugador esencial, desarrollando así un equipo que realmente pueda ayudar a la empresa a dejar huella en el escenario mundial.

## **CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO**

En el ámbito de la manufactura, la eficiencia y la optimización de los procesos de producción son cruciales para el éxito de una empresa. El balanceo de línea es una estrategia clave que se utiliza para mejorar la eficiencia en las líneas de producción, reducir costos y aumentar la productividad. En este contexto, varios conceptos clave desempeñan un papel crucial en la mejora de la producción. A continuación, se exploran estos conceptos fundamentales. En primera instancia definiremos el producto que se manufactura en esta empresa automotriz:

### **2.1 ARNÉS ELÉCTRICO AUTOMOTRIZ**

Por lo tanto, un arnés eléctrico automotriz es un conjunto de cables, terminales, conectores, clips, cintas entre otros componentes que tienen la función de llevar una señal eléctrica de un punto a otro. La cantidad y orientación de clips, el tipo y lugar donde se aplique la cinta o la variedad, tipo y tamaño de los conectores dependerá de la zona o módulo del automóvil. Los arneses se dividen por familia de arnés y se pueden clasificar por su tamaño o características. (Pardo, 2020)

Según Carrillo J y Miker (2014, p. 26) en la actualidad, y cada vez más, los vehículos son controlados con la asistencia de complejos sistemas eléctrico-electrónicos y cada función es operada o monitoreada electrónicamente a través de un sofisticado sistema de distribución, integración de cables, conectores y centros electrónicos. Por eso, con frecuencia se refieren a los arneses como el sistema nervioso de los vehículos.

En tal sentido durante el desarrollo de esta tesis se contemplaron distintos conceptos y se utilizaron herramientas muy conocidas en el área de manufactura, por las cuales se llevó a cabo el análisis de los datos, a continuación, se presentan las siguientes definiciones.

### **2.2 ESTUDIO DEL TRABAJO**

El estudio del trabajo es una evaluación sistemática de los métodos utilizados para la realización de actividades con el objetivo de optimizar la utilización eficaz de los recursos y de establecer estándares de rendimiento respecto a las actividades que se realizan.

Por ende, se deduce que el Estudio de Trabajo es un método sistemático para el incremento de la productividad. (Salazar Lopez, Estudio del trabajo, 2019)

El estudio del trabajo es el examen sistemático de las operaciones y actividades de los trabajadores que se realiza para mejorar en términos de eficiencia y economía a través de la aplicación de la ingeniería de métodos y la medición del trabajo. (Ingenio Empresa, 2024)

Para la OIT (1996, p. 9) “el estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando”.

El estudio del trabajo tiene como propósito mejorar la productividad, por lo cual mediante un análisis de los métodos de trabajo se logra optimizar la utilización de los recursos y establecer estándares de trabajo.

### **2.3 PRODUCTIVIDAD**

Para las empresas es muy importante que el personal sea productivo ya que se requiere que el trabajo se realice en el menor tiempo posible, se aprovechen al máximo la utilización de recursos y a su vez exista una colaboración de los miembros del equipo; por lo que para algunos autores como Zandin (2018) “la productividad expresa la relación entre el número de bienes y servicios producidos (la producción) y la cantidad de mano de obra, capital, tierra, energía y demás recursos necesarios para obtenerlos (los insumos). Cuando se mide, la productividad suele considerarse la relación entre producción y una medida única de insumos, digamos la mano de obra o el capital. Cuando hay varias unidades de medida o índices de insumo, esta ecuación se vuelve muy compleja y, en general, requiere una evaluación subjetiva”. (p.2.3)

Para García Criollo (2005) la productividad es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.

Si partimos de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlos:

1. Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
2. Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
3. Aumentar el producto y reducir el insumo simultanea y proporcionalmente

Por lo que para Zandin (2018) los cambios en la productividad dentro de una industria o empresa se vinculan en gran medida con el éxito y la supervivencia. Los márgenes de rentabilidad obtenidos se relacionan en forma directa con su capacidad para sacar provecho de la productividad y, así, aventajar a sus competidores. Los sectores de la industria en los que la competencia ayuda a impulsar el mejoramiento suelen experimentar un mayor crecimiento. Las empresas que no pueden seguir este ritmo fracasaran. (p. 2.4).

Aquí podemos darnos cuenta de que la productividad (cociente) aumentara en la medida en que logremos incrementar el numerador.

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables.

Por lo tanto, la productividad puede ser medida mediante las siguientes formulas: (p.9-10)

*Ecuación 1. Fórmula para calcular la productividad*

$$1 \text{ Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

*Ecuación 2. Fórmula para calcular la productividad*

$$2 \text{ Productividad} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

Es necesario tener presente que la productividad no solo se refiere a la mano de obra. Por lo tanto, el aumento de la productividad se debe considerar como un problema

consistente en obtener el máximo provecho de todos los recursos disponibles, incluyendo los materiales y maquinaria en general.

- ¿Por qué es importante el incremento de la productividad?

Porque las empresas requieren niveles de eficiencia altos, aprovechando de mejor manera el tiempo disponible para lograr producir más con el menor uso de recursos disponibles, según García Criollo (2005) es importante incrementar la productividad porque esta provoca una “reacción en cadena” en el interior de la empresa, fenómeno que se traduce en una mejor calidad de los productos, menores precios, estabilidad del empleo, permanencia de la empresa, mayores beneficios y mayor bienestar colectivo, tal como se puede ver en la figura 1. (p.18)

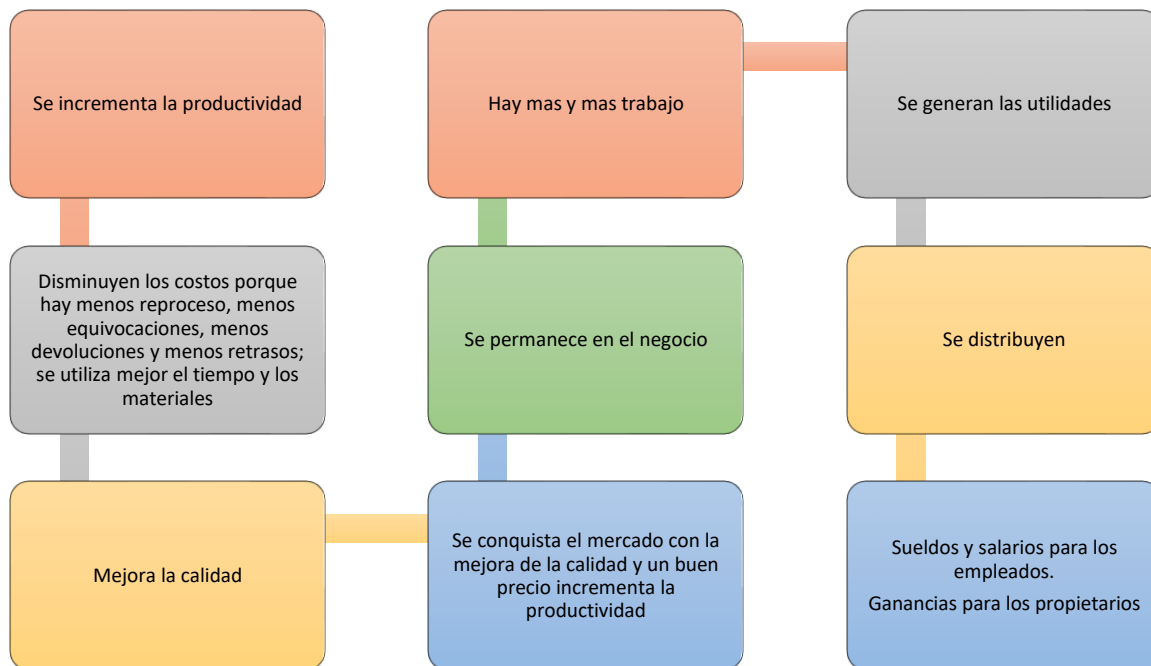


Figura 1. Elaboración propia basado en (García Criollo, 2005)p18

- Eficacia

Para el autor Rizo Rivas (2019) la “eficacia es hacer las cosas correctas, es decir, llevar a cabo tareas de la mejor manera, que conduzcan a la consecución de los resultados.

Eficacia es hacer lo necesario para alcanzar o lograr los objetivos deseados o propuestos”.

Dicho lo anterior para García Criollo (2005) “la eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos” (p.19).

La eficacia de un sistema productivo dependerá de que cada uno de los aspectos relacionados con él sea gestionado adecuadamente; en especial conviene tener en cuenta:

1. Materiales: determinación de la clase, calidad, costos y sobre todo la cantidad, de acuerdo con los planes de producción.
2. Maquinaria, instalaciones y elementos de capital productivo: deberán ser las adecuadas al proceso elegido y a la calidad requerida y, también, a la precisión que exigen los procesos. Además, deberá organizarse el conjunto de procesos, de forma que cada equipo productivo esté disponible cuando se precisa y sea utilizado al máximo nivel de ocupación posible. Evidentemente, será preciso que los materiales o productos en proceso de elaboración (es decir, semielaborados) lleguen a los procesos correspondientes en las cantidades y momentos adecuados.
3. Mano de obra: la operativa de la misma está íntimamente vinculada con el resto de los elementos del sistema productivo. Así la preparación y coordinación de los materiales que deben llegar a cada máquina o equipo de producción y los tiempos de producción en los mismos estarán relacionados con el factor humano, la formación y capacitación y, en definitiva, con la productividad y, con ello, condicionarán el rendimiento de todo el sistema productivo.

- Eficiencia

En las empresas es de suma importancia la eficiencia en el área productiva debido a los procesos que nos permita alcanzar el máximo rendimiento con los recursos empleados,

para García Criollo (2005) “la eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos: es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad” (p.19).

“La eficiencia es hacer bien las cosas, es decir, realizar una tarea buscando la mejor relación posible entre los recursos empleados y los resultados obtenidos” (Rizo Rivas, 2019).

De ello se desprende que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos.

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES
Eficiencia	Forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera.	Tiempos muertos Desperdicios Porcentaje de utilización de la capacidad instalada.
Eficacia	Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, etcétera.	Grado de cumplimiento de los programas de producción o de ventas. Demoras en los tiempos de entregas.

Tabla 1. Elaboración propia, tomado de (García Criollo, 2005)p19

Según Ramírez Méndez, Magaña Medina y Ojeda López (2022) que cita a Camue A, Carballal R, Toscano R (2017) “la eficiencia es una herramienta que mide los factores internos de la organización, dedicada a los aspectos económicos y técnicos, mismo que buscan minimizar los costos para transformar los insumos en productos, la cual debe evaluar metas y medir su desempeño y alcance y cuando la organización cumple sus objetivos se refiere a eficaz, y si se requiere alcanzar al menor costo posible, se dice que es eficiente”. (p.195)

Según Ramírez Méndez et. al. (2022) que cita a Rojas M, Jaimes L, Valencia M (2018) definen a la eficiencia como la capacidad de disponer de recursos o capital humano para conseguir un efecto determinado, señala que es una expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico, con el enfoque de cumplir los objetivos de la organización. (p.195)

### **2.3 DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACIÓN**

Dentro de la industria se requieren de diversos diagramas los cuales nos ayudan a simplificar información sobre un proceso o sistema, el diagrama que se requiere es el de procesos de operación, que para E. Meyers (2000) el diagrama de operación ofrece mucha información como la secuencia de fabricación, la secuencia de ensamble, las necesidades de equipo, etc. El diagrama de operaciones es diferente para cada uno de los productos, por lo que una forma estándar no resulta práctica. (p.52)

Según García Criollo (2005) los objetivos del diagrama de procesos de operación son proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Por lo tanto, permite estudiar las fases del proceso en forma sistemática o mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales con el fin de disminuir las demoras, comparar métodos y estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo. (p.45)

Así mismo para la OIT (1996) “el cursograma sinóptico (diagrama de operación) es un diagrama que presenta un cuadro general de cómo se suceden las principales operaciones e inspecciones” (p.86).

### **2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS**

El uso de diagramas en las industrias destaca su importancia en la optimización y eficiencia, tal es el caso del diagrama de flujo de procesos que de acuerdo a la OIT (1996) “el cursograma analítico (diagrama de procesos) es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento” (p.91).

Tal como indica E. Meyers (2000) “el diagrama de procesos muestra todo el manejo, inspección, operación, almacenaje y retrasos con cada componente conforme se mueve por la planta” (p.56).

Así mismo, García Criollo (2005) sostiene que “un diagrama de proceso de flujo es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. El propósito principal es proporcionar una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso. También sirve para disminuir las esperas, estudiar las operaciones y otras actividades interrelacionadas. Igualmente, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio”. (p.53)

## **2.5 DIAGRAMA DE PRECEDENCIA**

En las empresas manufactureras es muy común que se produzca mediante líneas de producción y es en este punto donde el diagrama de precedencia cobra importancia ya que proporciona una visión clara del flujo desde el punto de inicio hasta su estado actual del proceso, de acuerdo con Cuatrecasas (2017) “el diagrama de precedencia permite establecer la secuencia de operaciones que se ha de plasmar en el flujo de un proceso. Este diagrama permitirá obtener todas las alternativas posibles para secuenciar las operaciones” (p.254).

De acuerdo con la investigación de García Criollo (2005) “el diagrama de precedencia es una gráfica donde se establece el número limitado de las secuencias de elementos que sean física o económicamente factibles de realizar en un procedimiento” (p.416).

## **2.6 MEDICIÓN DEL TRABAJO**

La medición del trabajo es esencial en la industria, ya que proporciona datos clave para mejorar la gestión y el rendimiento de los recursos, así como para optimizar los procesos productivos, de acuerdo con García Criollo (2005) “se basa en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida” (p.177).

Para la OIT (1996) “define la medición del trabajo como «la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida ejecutándola según una norma de ejecución preestablecida” (p.251).

Así mismo, para García Criollo (2005, p. 178) “la medida de tiempos no solo es necesaria para un sistema de mejora de métodos, sino que proporciona datos imprescindibles para acometer diversos problemas del sistema productivo:

- Programación de la producción.
- Determinación de plazos de entrega.
- Equilibrado de líneas de producción.
- Cálculo de costes y elaboración de presupuestos.
- Medida de la efectividad profesional del personal laboral, para la jerarquización en niveles retributivos”.

Podemos decir que se trata de determinar el tiempo que necesita un trabajador calificado para realizar una serie de operaciones estudiadas trabajando en las mismas con un ritmo normal.

- Objetivos de la medición del trabajo

En la industria es muy importante analizar el desempeño de las actividades laborales para optimizar la eficiencia y reducir costos, tal como indica García Criollo (2005, p. 178) que “dos son los objetivos que podemos satisfacer con la medición:

1. Incrementar la eficiencia del trabajo.
2. Proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa”.

Frederick W. Taylor introdujo en 1881 las bases del sistema actual de la medición del trabajo a través del análisis científico en cada una de las operaciones que integran un trabajo, con el objeto de encontrar la manera más económica de ejecutarlo.

Según García Criollo (2005, p. 180) “si se examina el proceso que siguió Frederick W. Taylor podemos observar lo siguiente:

- Análisis de todas las operaciones con objeto de eliminar aquellas que fueran innecesarias.
- Determinación del mejor método de ejecución.
- Estandarización de los métodos, materiales, herramientas, equipo y condiciones de trabajo.
- Exacta determinación del tiempo que un operador calificado como normal necesita para ejecutar un trabajo.

Como se desprende de la secuencia anterior, antes de hacer el estudio de tiempos se procede a analizar los movimientos empleados en la ejecución de una tarea, con el objetivo de eliminar aquellos que fueran innecesarios y ordenar los útiles, para así obtener la eficiencia máxima. Con el fin de simplificar el trabajo se puede hacer un análisis de este, que conduce a las siguientes conclusiones:

1. Eliminar todo trabajo innecesario.
2. Combinar las operaciones o sus elementos.
3. Cambiar la secuencia de operaciones.
4. Simplificar las operaciones”.

- Técnicas de medición del trabajo

De acuerdo a García Criollo (2005, p. 184) “las principales técnicas que se emplean para medir el trabajo son las siguientes:

- Por estimación de datos históricos.
- Estudio de tiempos con cronometro.

- Por descomposición en micro movimientos de tiempos predeterminados (MTM, MODAPTS, técnica MOST).
- Método de las observaciones instantáneas (muestreo del trabajo).
- Datos estándar y fórmulas de tiempo”.

## **2.7 ESTUDIO DE TIEMPOS**

El estudio de tiempos es una técnica que se utiliza en la ingeniería industrial y esta toma importancia dentro de las empresas con el fin de identificar oportunidades de mejora y optimizar la productividad, de acuerdo con la OIT (1996, p. 273) el estudio de tiempos “es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida”.

García Criollo (2005, p.185) sostiene que “es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido”.

Para Barrantes Parra (2015) “una vez elegido el trabajo que se va a analizar, el estudio de tiempos suele constar de las ocho etapas siguientes:

1. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en “elementos”.
3. Examinar ese desglosé para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.

4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronometro y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada “elemento” de la operación.
5. Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.
6. Convertir los tiempos observados en “tiempos básicos”.
7. Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.
8. Determinar el “tiempo tipo” (Tiempo Estándar) propio de la operación”.

El concepto de manufactura ágil o flexible para E. Meyers (2000, p. 135) “ha infundido una nueva vida al estudio de los tiempos. La manufactura ágil recluta a todos los que participan en una operación para eliminar los desperdicios, y una de las mejores herramientas para medir los costos y beneficios de una nueva idea o mejora es la técnica de los estudios de tiempos”.

La determinación de tiempos puede llevarse a cabo por medio de dos sistemas distintos según Cuatrecasas (2017, p. 467-468) “la determinación de tiempos puede llevarse a cabo por medio de dos sistemas distintos —cronometraje y tiempo predeterminados— y pasa por una serie de etapas que nos obligan a distinguir entre distintas clases de tiempo, como aparece en la figura 2. Las diferentes clases de tiempos responden a los criterios que siguen:

- Tiempo observado, es el que se mide directamente.
- Tiempo representativo, es el que deducimos de una serie de medidas u observaciones. Es el representativo de un trabajador, y éste puede haber actuado de forma más o menos rápida.
- Tiempo normal. Dado que se trata de obtener un tiempo para el trabajador medio, es razonable introducir un coeficiente (factor de actividad) que refleje la actuación del trabajador medido, de la que se ha extraído el anterior tiempo representativo.

- Tiempo tipo. El tiempo normal sería el ideal, si el trabajador pudiera trabajar siempre con el mismo ritmo y sin interrupciones. En la práctica aparece la fatiga, demoras y necesidades personales. Estos suplementos, que dependen de condiciones locales y personales, son las que transforman el tiempo normal en tiempo tipo”.

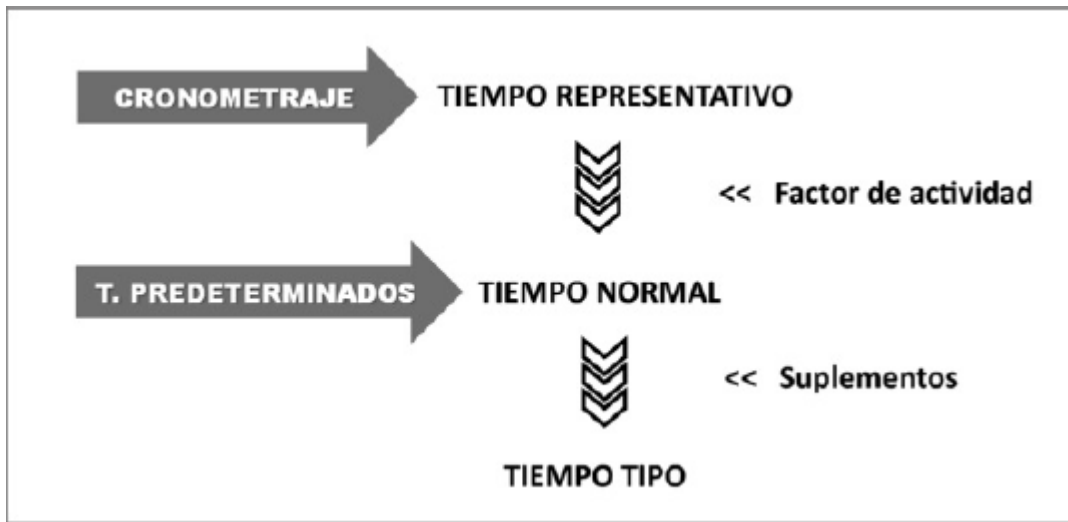


Figura 2. Métodos de medida y clases de tiempos tomado de (Cuatrecasas, 2017)p468

- Medida de tiempos por observación directa. Cronometraje  
Existen diversas técnicas para realizar un estudio de tiempos, la más aceptada en las industrias es el estudio mediante la técnica del cronometraje, de acuerdo con Cuatrecasas (2017, p. 469) “la observación directa implica la toma de los tiempos de los procesos en el momento en que se están ejecutando. Podemos distinguir dos tipos de observación:
  - Observación discontinua (work sampling): se efectúa eligiendo de antemano unos instantes de observación, de acuerdo con un plan establecido con anterioridad. En cada observación se anota el estado del proceso. Resulta útil para determinar frecuencias de aparición de determinados fenómenos, sobre todo paros de máquinas y, también, en aquellas operaciones de larga duración o cíclicas, para las que la medición completa de los tiempos podría incluir errores de fatiga, distracciones u otros factores negativos.

- Observación continua (cronometraje): pretende obtener la medida del tiempo empleado en una actividad desarrollada en un puesto de trabajo, por medio de un cronometro. Se utiliza para medir tanto los tiempos de máquinas como los del operador, este tiempo habrá de ponderarse por un factor de corrección a fin de nivelar la actuación de los distintos operadores”.

➤ Medición basada en tiempos predeterminados tabulados

En este procedimiento no se toma ninguna medida de tiempos según Cuatrecasas (2017, p. 470) “se registran los gestos o movimientos que realiza el trabajador para ejecutar determinada actividad. Existen tablas muy completas con las referencias de tiempos asociadas a cada gesto o movimiento, teniendo en cuenta el entorno de trabajo. El tiempo total de la operación podrá obtenerse por medio de la suma de todos los tiempos relativos a cada gesto.

Mientras que el método de cronometraje se aplica a procesos ya implantados y que desean ser mejorados, los sistemas de tiempos predeterminados pueden emplearse para el diseño de nuevos procesos”. Si tratáramos de comparar la medida de tiempos mediante el cronometraje con la de los tiempos predeterminados, los aspectos clave serian (véase tabla 2):

ASPECTOS	CRONOMETRAJE	T. PREDETERMINADOS
Objetivo	Tiempo	Método
Control	Interno	Externo
Costo	Bajo	Elevado
Aplicaciones	Mejora, costos, primas	Diseño, mejora, costos
Objetividad	Baja	Elevada
Presión sobre operador	Si por presencia elevada	No por mínima presencia
Actividades de	Procesos en marcha	Nuevos proyectos

Tabla 2. Comparación tiempos mediante el cronometraje y predeterminados tomado de Cuatrecasas (2017, p. 470)

## 2.8 ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONOMETRO

El estudio de tiempos con cronometro fue concebido en 1880 por Frederick W. Taylor y fue la primera técnica utilizada para establecer estándares de tiempo de ingeniería. Para las empresas es esencial tener determinados estándares de tiempo y mejorar la eficiencia en el proceso productivo, el estudio de tiempos con cronometro proporciona estos aspectos, según Cuatrecasas (2017) este método de determinación del tiempo de las actividades de los procesos se basa en la observación, de manera continuada y durante un intervalo de tiempo, de la operación cuyo tiempo queremos medir.

El estudio de tiempos con cronómetros según E. Meyers (2000, p.134) es la técnica más común para establecer los estándares de tiempo en el área de manufactura. El estándar de tiempo es el elemento más importante de información de manufactura y a menudo el estudio de tiempos por cronometro es el único método aceptable tanto para la gerencia como para los trabajadores.

En este método se deberá ponderar el tiempo medio por un factor de corrección que tendrá en cuenta la destreza o habilidad del operario. Las unidades de medida más empleadas serán el segundo, la centésima de segundo o la milésima de hora. Cuatrecasas (2017, p.471)

En opinión de García Criollo (2005, p. 185) “un estudio de tiempos con cronometro se lleva a cabo cuando:

- Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea.
- Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que insume una operación.
- Surgen demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- Se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas”.

Tal como indica García Criollo (2005, p. 185-186) “un estudio de tiempos consta de varias fases, a saber:

I. Preparación

- Selección de la operación.
- Selección del trabajador.
- Actitud frente al trabajador.
- Análisis de comprobación del método de trabajo.

II. Ejecución

- Obtener y registrar la información.
- Descomponer la tarea en elementos.
- Cronometrar.
- Calcular el tiempo observado.

III. Valoración

- Ritmo normal del trabajador promedio.
- Técnicas de valoración.
- Cálculo del tiempo base o valorado.

IV. Suplementos

- Análisis de demoras.
- Estudio de fatiga.
- Cálculo de suplementos y sus tolerancias.

V. Tiempo estándar

- Error de tiempo estándar.

- Cálculo de frecuencia de los elementos.
- Determinación de tiempos de interferencia.
- Cálculo de tiempo estándar”.

➤ Preparación del estudio de tiempos

Tener un método bien definido es fundamental para llevar a cabo un estudio de tiempos exitoso. García Criollo (2005, p. 186) propone los siguientes pasos para lograrlo:

- “Selección de la operación. Es necesario determinar qué operación vamos a medir. Su tiempo, en primer orden, es una decisión que depende del objetivo general que perseguimos con el estudio de medición. No obstante. Podemos emplear los siguientes criterios para hacer la elección:
  - a) El orden de las operaciones según se presenten en el proceso.
  - b) La posibilidad de ahorro que se espera en la operación, relacionado con el costo anual de la operación que se calcula mediante la ecuación:

Costo anual de la operación = (Actividad anual) (Tiempo de operación) (Salario horario)

*Ecuación 3. Fórmula para calcular el costo anual de la operación*

- c) Según necesidades específicas.
  - Selección del trabajador. Cuando se debe elegir al operador es necesario considerar los siguientes puntos:
    - Habilidad: Elegir a un trabajador con habilidad promedio.
    - Deseo de cooperar: Nunca seleccionar a un trabajador que se opone.
    - Temperamento: No debe elegirse a un trabajador nervioso.
    - Experiencia: Es preferible elegir a un trabajador con experiencia.
  - Actitud frente al trabajador. En esta etapa, la percepción del subordinado adquiere suma importancia, por lo cual:

- a) El estudio nunca debe hacerse en secreto.
  - b) El analista debe observar todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas ante el trabajador.
  - c) No debe discutir con el trabajador ni criticar su trabajo sino pedir su colaboración.
  - d) Es recomendable comunicar al sindicato la realización de estudios de tiempos.
  - e) El operador espera ser tratado como un ser humano y en general responderá favorablemente si se le trata abierta y francamente.
- Análisis de comprobación del método de trabajo. Nunca debe cronometrarse una operación que no haya sido normalizada. La normalización de los métodos de trabajo es el procedimiento por medio del cual se fija en forma escrita una norma de método de trabajo para cada una de las operaciones que se realizan en una fábrica. En estas normas se especifica el lugar de trabajo y sus características, las máquinas y herramientas, los materiales, equipo de seguridad que se requiere para ejecutar dicha operación (por ejemplo: lentes, mascarillas, extinguidores, delantales, botas, etcétera)”.

En opinión de García Criollo (2005, p. 187) “un trabajo estandarizado o normalizado, significa que una pieza de material será siempre entregada al operador en la misma condición y que él será capaz de ejecutar su operación a través de una cantidad definida de trabajo, con los movimientos básicos, mientras utilice el mismo equipo y bajo las mismas condiciones de trabajo.

La ventaja de la estandarización del método de trabajo es que genera un aumento en la habilidad de ejecución del operador, lo que mejora la calidad del trabajo y disminuye la supervisión personal por parte de los supervisores. Además, el número de inspecciones necesarias será menor, lográndose una reducción de los costos”.

➤ División de la operación en elementos

Es crucial comprender a fondo el proceso a analizar para realizar un estudio efectivo, por lo cual este se subdivide en elementos, que para García Criollo (2005, p.192) “un elemento es una parte esencial y definida de una actividad o tarea determinada compuesta por uno o más movimientos fundamentales del operador y de los movimientos de una maquina o las fases de un proceso seleccionado para fines de observación y cronometraje. En la figura 3 se clasifican los elementos con relación al ciclo, al ejecutante y al tiempo.

- Reglas para seleccionar los elementos:
  - a) Los elementos deben ser de fácil identificación, con inicio y termino claramente definidos.
  - b) Los elementos deben ser lo más breves posibles. Una unidad mínima generalmente aceptada es de 0.04 min.
  - c) Se deben separar los elementos manuales de los mecánicos; durante los manuales el operador puede reducir el tiempo de ejecución según su interés y habilidad: sin embargo, los tiempos maquina son totalmente ajenos al operador, puesto que dependen de las velocidades, avances, etcétera, que se hayan señalado”.

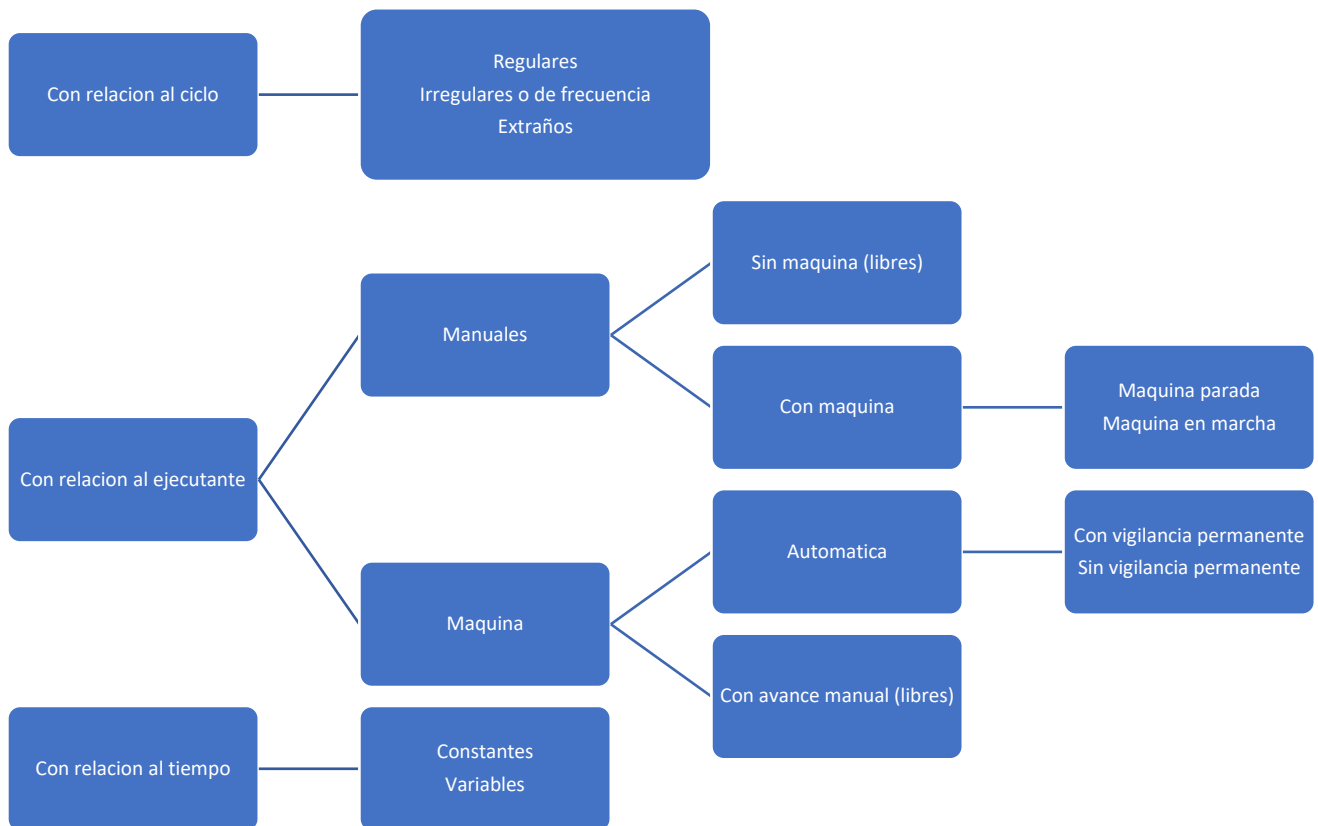


Figura 3. Elaboración propia, tomado de (García Criollo, 2005)p193

Clases de elementos según García Criollo (2005, p.193-194):

1. “En relación con el ciclo, tenemos:

- a) Elementos regulares o repetitivos. Son los que aparecen una vez en cada ciclo de trabajo.
- b) Elementos casuales o irregulares. Son los que no aparecen en cada ciclo del trabajo, sino a intervalos tanto regulares como irregulares.
- c) Elementos extraños. Son los elementos, en general indeseables, ajenos al ciclo de trabajo, que se consideran para tratar de eliminarlos.

2. En relación con el ejecutante, los elementos se clasifican en:

I. Elementos manuales. Son los que realiza el operador, a saber:

A. Manuales sin máquina. Se llevan a cabo con independencia de toda máquina. Se denominan también libres, porque su duración depende de la actividad del operador; se designa por C1 (figura 4).

B. Manuales con máquina:

a) Con máquina parada, como el quitar o poner una pieza. Se designa por C1.

b) Con máquina en marcha, que efectúa el operador mientras trabaja la máquina automáticamente. Aunque no interviene en la duración del ciclo, interesa considerarlos porque forman parte de la saturación del operador. Se designa por C2.

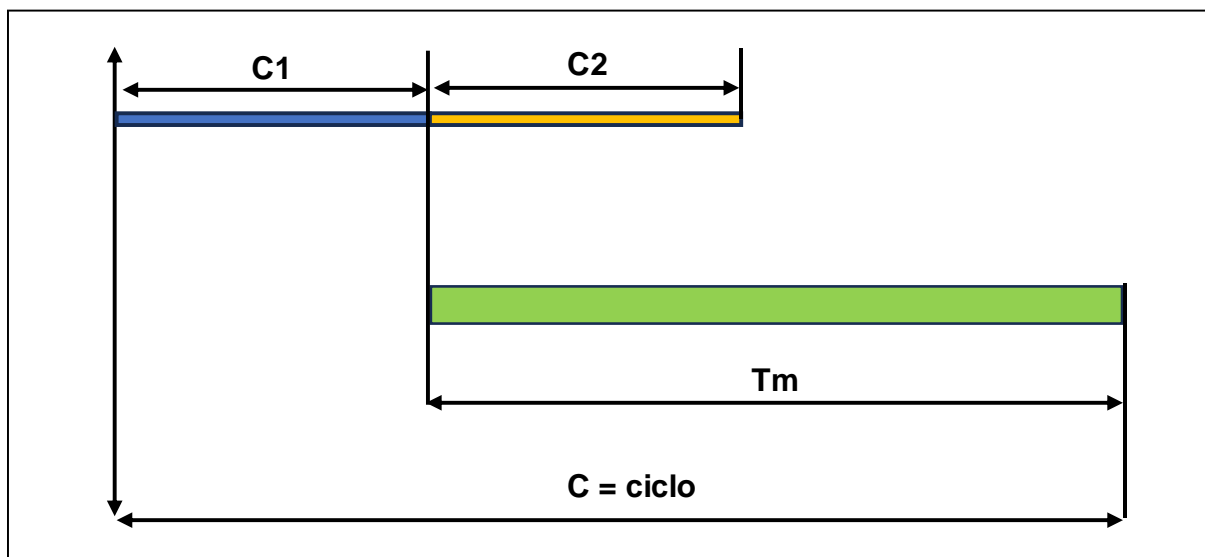


Figura 4. Elaboración propia, tomado de (García Criollo, 2005)p194

3. En relación con el tiempo, se clasifican en:
  - I. Elementos constantes. Son aquellos cuyo tiempo de ejecución es siempre igual.
  - II. Elementos variables. Son los elementos cuyo tiempo depende de una o diversas variables, como dimensiones, peso, calidad, etcétera”.

➤ Observaciones necesarias para calcular el tiempo normal

En el estudio de tiempos, es crucial obtener una medida representativa de los datos para asegurar la fiabilidad de los resultados, existen diversas metodologías para determinar esta representatividad, según García Criollo (2005, p. 208) “la tabla Westinghouse indica el número de observaciones necesarias en función de la duración del ciclo y del número de piezas que se fabrican al año. Esta tabla solo se aplica a operaciones muy repetitivas realizadas por operadores muy especializados. En caso de que no tengan la especialización requerida, deberá multiplicarse el número de observaciones obtenidas por 1.5”.

CUANDO EL TIEMPO POR PIEZA O CICLO ES:	NÚMERO MÍNIMO DE CICLOS A ESTUDIAR		
	ACTIVIDAD MÁS DE 10,000 POR AÑO	1,000 a 10,000	MENOS DE 1,000
1.000 horas	5	3	2
0.800 horas	6	3	2
0.500 horas	8	4	3
0.300 horas	10	5	4
0.200 horas	12	6	5
0.120 horas	15	8	6
0.080 horas	20	10	8
0.050 horas	25	12	10
0.035 horas	30	15	12
0.020 horas	40	20	15
0.012 horas	50	25	20
0.008 horas	60	30	25

CUANDO EL TIEMPO POR PIEZA O CICLO ES:	NÚMERO MÍNIMO DE CICLOS A ESTUDIAR		
	ACTIVIDAD MÁS DE 10,000 POR AÑO	1,000 a 10,000	MENOS DE 1,000
0.005 horas	80	40	30
0.003 horas	100	50	40
0.002 horas	120	60	50
Menos de 0.002 horas	140	80	60

Tabla 3. Tabla Westinghouse, elaboración propia, tomado de (García Criollo, 2005)p208

Criterio de la General Electric. Establece el número de ciclos a cronometrar utilizando el tiempo del ciclo en minutos como puede observarse en la tabla 4.

TIEMPO DE CICLO (MINUTOS)	NÚMERO DE CICLOS QUE CRONOMETRAR
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	6
20.00 – 40.00	5
Mas de 40.00	3

Tabla 4. Criterio de General Electric, elaboración propia, tomado de (García Criollo, 2005)p211

➤ Valoración del ritmo de trabajo

En las empresas donde se emplea el talento humano se necesita ajustar las mediciones de tiempos observadas para reflejar un ritmo de trabajo promedio, para García Criollo (2005, p. 209) “son los dos temas más discutidos en el estudio de tiempos. Estos estudios tienen por objeto determinar el tiempo tipo para fijar el volumen de trabajo de cada puesto en las empresas, determinar el costo estándar o establecer sistemas de salarios de incentivo.

Al terminar el periodo de observaciones, el analista habrá acumulado cierto número de tiempos de ejecución y el correspondiente factor de calificación, mediante cuya combinación puede establecer el tiempo normal de la operación estudiada.

La calificación de la actuación es la técnica para determinar equitativamente el tiempo requerido por un operador normal para ejecutar una tarea. Entendemos por operador normal al operador competente y altamente experimentado que trabaje en las condiciones que prevalecen normalmente en la estación de trabajo, a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado lento, si no representativa de un término medio” (véase la tabla 5).

HABILIDAD			ESFUERZO			DEFINICIÓN
A	Habilísimo	0.15	A	Excesivo	0.15	
B	Excelente	0.1	B	Excelente	0.1	
C	Bueno	0.05	C	Bueno	0.05	Esfuerzo. Es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.
D	Medio	0	D	Medio	0	
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05	
F	Malo	-0.1	F	Malo	-0.1	Condiciones. Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afecte la operación.
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15	
CONDICIONES			CONSISTENCIA			
A	Buena	0.05	A	Buena	0.05	Consistencia. Son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.
B	Media	0	B	Media	0	
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05	

Tabla 5. Calificación de la actuación, elaboración propia, tomado de (García Criollo, 2005)p210

No hay método universalmente aceptado para calificar la actuación aun cuando la mayor parte de las técnicas se basan, primordialmente, en el juicio del analista de tiempos.

Para que el proceso de calificación conduzca a un estándar eficiente y útil de acuerdo con García Criollo (2005, p. 211) “deberán satisfacerse en forma razonable dos requisitos básicos:

- La compañía debe establecer claramente lo que se entiende por tasa de trabajo normal.
- En la mente de cada uno de los calificadores debe existir una aproximación razonable al desempeño normal”.

➤ Tolerancias / Suplementos

Las empresas deben garantizar condiciones de trabajo sostenibles, especialmente cuando se trabaja en planta y los empleados permanecen de pie durante largas jornadas, con el fin de compensar las necesidades del personal, así como las interrupciones y descansos inevitables, es crucial asignar tolerancias / suplementos, de acuerdo con E. Meyers (2000) “las tolerancias son tiempo añadido al tiempo normal para hacer que el estándar sea practico y alcanzable” (p.169).

Para García Criollo (2005) “un suplemento es el tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea” (p.255).

Según la OIT (1996) “un suplemento es el tiempo que se concede al trabajador para compensar la fatiga, para que el trabajador pueda ocuparse de sus necesidades personales y descansar” (p.336).

Las tolerancias y suplementos se clasifican en tres categorías:

1. Personales.
2. Por fatiga.
3. Retrasos

- Personales

Como señala E. Meyers (2000, p. 171) “la tolerancia personal es aquel tiempo que se concede a un empleado para cuestiones personales como:

- a. Platicar con sus compañeros sobre temas que no conciernen al trabajo.
- b. Ir a los sanitarios.
- c. Beber.
- d. Cualquier otra razón controlada por el operador para no trabajar.

El tiempo personal apropiado se ha definido como aproximadamente un 5% del día de trabajo”.

Zandin (2018) sostiene que “las necesidades personales (el factor P) siempre están presentes en todo ambiente laboral. Hubo una época en la que los profesionales de la administración científica consideraron que las mujeres necesitaban más tiempo para estas necesidades que los hombres. Ahora que se estableció la igualdad en el lugar de trabajo, este punto de vista ya no resulta aceptable. Por lo general se utilizan periodos específicos para ir al baño o se agrega un 5% a los tiempos básicos para contemplar las necesidades personales”. (p.5.110)

- Fatiga

La tolerancia por fatiga para E. Meyers (2000, p. 171) “es el tiempo que se concede a un empleado para que se recupere del cansancio. Se da a los empleados en forma de detenciones en el trabajo conocidas como descansos. En la actualidad, la mayoría de los empleados hace trabajos de poca carga física, pero la fatiga mental también es intensa, entonces es normal una tolerancia por fatiga del 5%”.

En opinión de Zandin (2018) la fatiga (el factor F), y la consiguiente necesidad de descansar o relajarse (o bien, el factor R), es el elemento más complejo a la hora de destinar alguna compensación de tiempo. En forma habitual, se agrega por lo menos el 5% a los tiempos normales (básicos). (p.5.110)

- Retrasos

Las tolerancias por retrasos según E. Meyers (2000, p. 173) “se consideran inevitables porque están fuera del control del operador. Algo que impide que el operador trabaje. La razón debe conocerse y hay que registrar el costo para justificarlo. Entre los ejemplos de retrasos inevitables se encuentran:

1. Esperar instrucciones o tareas.
2. Esperar material o equipo de manejo de materiales.
3. Ruptura o mantenimiento de máquinas.
4. Instrucción a otros (capacitación de nuevos empleados).
5. Asistencia a juntas, en caso de estar autorizado.
6. Esperar la puesta en marcha. Debe alentarse a los operadores para que pongan en marcha sus propias maquinas. Una puesta en marcha esta contempla cuando control de calidad lo aprueba.
7. Lesiones o asistencia con primeros auxilios.
8. Trabajo sindical.
9. Repetición de trabajos por problemas de calidad (no por culpa del operador).
10. Trabajo que no es estándar (maquina equivocada u otros problemas).
11. Afilar herramientas.
12. Nuevos trabajos cuyo tiempo aún no ha sido estudiado”.

Como señala Zandin (2018) “el factor D (que cubre retrasos cortos e inevitables) a menudo se contempla con un porcentaje arbitrario (que va del 1 al 5%) que se aplica a los tiempos de tareas básicos”.

## **2.9 TIEMPO ESTÁNDAR**

En la industria, el tiempo estándar es un parámetro clave que define el tiempo total necesario para completar una tarea en condiciones normales de trabajo y que se utiliza

para la planificación, producción y gestión de recursos, tal como indica Zandin (2018, p. 5.4) “es el tiempo que requiere un operario calificado promedio, que trabaja a un ritmo normal, para realizar una tarea específica mediante un método prescrito; este incluye el tiempo destinado para sus necesidades personales, la fatiga y la demora”.

Para la OIT (1996) “el tiempo tipo es el tiempo total de ejecución de una tarea al ritmo tipo” (p.343).

El tiempo tipo o estándar para García Criollo (2005, p. 240) “es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos”.

A estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos siguientes: personales, por fatiga y especiales.

Para entender la importancia que tienen los usos del estudio de tiempos, debemos entender lo que queremos decir con el termino estándar de tiempo. De acuerdo con E. Meyers (2000, p. 19) define “el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las tres condiciones siguientes:

1. Un operador calificado y bien capacitado.
2. Que trabaja a una velocidad o ritmo normal.
3. Hace una tarea específica.

Estas tres condiciones son esenciales para comprender un estudio de tiempos”. La figura 5 nos indica que es el tiempo tipo o estándar.

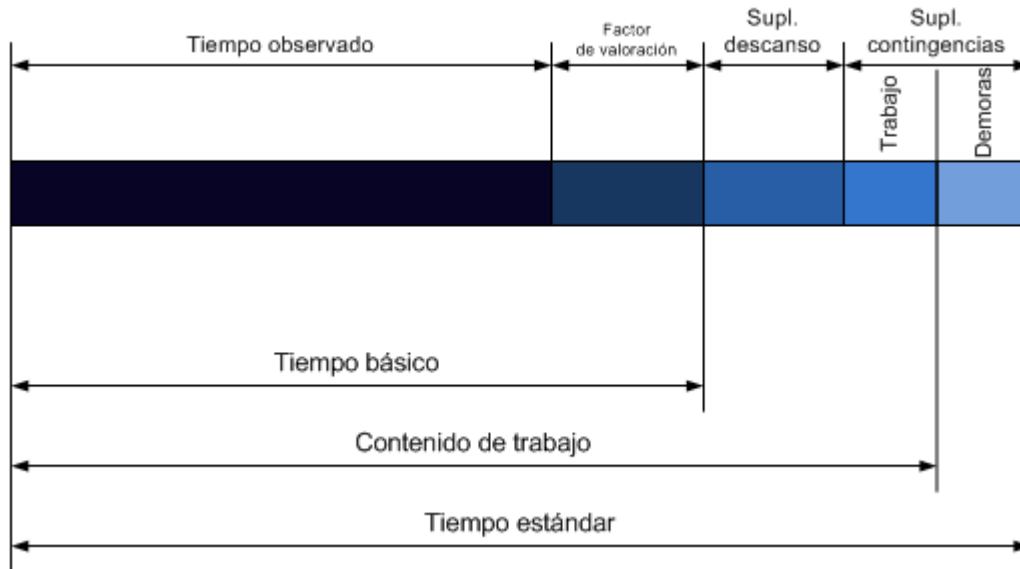


Figura 5. Descomposición del tiempo estándar tomado de (Organización Internacional del Trabajo, 1996) p344

➤ Cálculo del tiempo tipo o estándar

El cálculo del tiempo estándar es un aspecto esencial en la gestión de procesos productivos, ya que proporciona una base para medir y optimizar la eficiencia, según Gracia Criollo (2005, p. 240-241) “una vez que se han terminado de realizar los pasos siguientes:

1. Obtener y registrar información de la operación.
2. Descomponer la tarea y registrar sus elementos.
3. Tomar las lecturas.
4. Nivelar el ritmo de trabajo.
5. Calcular los suplementos del estudio de tiempos.

Se procede a calcular el estudio de tiempos y se obtiene el tiempo estándar de la operación como sigue:

1. Análisis de la consistencia de los datos

Se analiza la consistencia de cada elemento. Las medidas a tomar pueden ser las siguientes:

- a) Si las variaciones se debe a la naturaleza del elemento se conservan todas las lecturas.
  - b) Si las variaciones no se originan por la naturaleza del elemento y la lectura anterior y/o posterior donde se observa la variación, o ambas son consistentes; la inconsistencia del elemento estudiado se deberá a la falta de habilidad o desconocimiento de la tarea por parte del trabajador. Si un gran número de observaciones son consistentes, se pueden eliminar las observaciones extremas y conservar solo las normales. Si no es posible distinguir entre las observaciones extremas y las normales, deberá repetirse íntegramente el estudio con otro trabajador.
  - c) Si las variaciones no se deben a la naturaleza del elemento, pero la lectura anterior o posterior al elemento donde se observa la variación, o ambas, también han sufrido variaciones, esta situación ocurre por errores en el cronometraje cometidos por el tomador de tiempo. Si es mínimo el número de casos extremos, estos se eliminan y se conservan solo los normales. Si, por el contrario, este error se ha cometido en muchas lecturas, aunque no todas sean el mismo elemento, lo más indicado es repetir el estudio de tiempo de todas las veces que sea necesario hasta obtener una consistencia adecuada.
  - d) Cuando las variaciones sean inexplicables, deben analizarse cuidadosamente antes de eliminarlas.
2. En cada uno de los elementos se suman las lecturas que han sido consideradas como consistentes.
  3. Se anota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento.
  4. Se divide para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas consideradas; el resultado es el tiempo promedio por elemento.

$$T_e = \frac{\sum X_i}{n}$$

*Ecuación 4. Fórmula para calcular el tiempo promedio por elemento*

5. Se multiplica el tiempo promedio ( $T_e$ ) por el factor de valoración. Esta cifra debe aproximarse hasta el milésimo de minuto, obteniéndose el tiempo base elemental:

$$T_i = T_n(1 + \text{tolerancias})$$

*Ecuación 5. Fórmula para calcular el tiempo base elemental (Tiempo Estándar)*

6. Se calcula la frecuencia por operación o pieza de cada elemento cíclico y contingente.
7. Se multiplica el tiempo concedido elemental por la frecuencia obtenida del elemento. A este producto se le denomina tiempo total concedido.
8. Se suman los tiempos concedidos para cada elemento y se obtiene el tiempo tipo o estándar por operación, pieza, etcétera”.

## **2.10 BALANCEO DE LÍNEA**

En el ámbito industrial, uno de los mayores desafíos que enfrentan las empresas es la asignación equitativa de tareas entre los diferentes puestos de trabajo a lo largo de una línea de producción, es aquí donde entra en juego el concepto de balanceo de línea, que para Mino Cascante, Moyano Alulema y Santillán Marino (2019, p. 112) “el equilibrado de línea es el reparto de las tareas de tal forma que los recursos sean los más ajustados a lo largo del proceso, subdividiendo todo el proceso en estaciones o puestos de modo que la carga de trabajo sea lo más equitativa posible al tiempo ciclo”.

El balanceo de línea es una herramienta muy importante para el control de la producción, dado que una línea de fabricación equilibrada permite la optimización de variables que afectan la productividad de un proceso tales como: inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

“Las líneas de fabricación deben ser balanceadas de tal manera que la frecuencia de salida de una maquina debe ser equivalente a la frecuencia de alimentación de la máquina que realiza la operación siguiente. De igual forma debe de realizarse el balanceo sobre el trabajo realizado por un operario en una línea de ensamble”.(Administracion, 2017)

Según García Criollo (2005, p. 413) “la línea de producción es reconocida como la principal forma de producir grandes cantidades de elementos normalizados a costos bajos. En su estado más refinado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo en el cual las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, en donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten efectividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonable directo”.

Para E. Meyers (2000, p. 70) “el propósito de la técnica de balanceo de la línea de ensamble es:

- Igualar la carga de trabajo entre ensambladores.
- Identificar la operación cuello de botella.
- Establecer la velocidad de la línea de ensamble.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Determinar el costo por mano de obra de ensamble y empaque.
- Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador.
- Ayudar en la disposición física de la planta.
- Reducir el costo de producción”.

Según García Criollo (2005, p. 414) “deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea practica:

1. Cantidad. El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
2. Equilibrio. Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
3. Continuidad. Una vez iniciadas las líneas de producción deben continuar pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones. Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, subensambles, etcétera y la previsión de fallas en el equipo.
  - a) Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operadores necesarios para cada operación.
  - b) Conocido el tiempo del ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo.
  - c) Conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a las mismas.

➤ Determinación del número de operadores necesarios para cada operación

Para calcular el número de operadores necesario para el arranque de la operación, se aplica la siguiente fórmula.

$$IP = \frac{\textit{Unidades a fabricar}}{\textit{Tiempo disponible de un operador}}$$

$$NO = \frac{TE \times IP}{E}$$

*Ecuación 6. Fórmulas para calcular el número de operadores para la línea*

En donde:

NO = número de operadores para la línea.

TE = tiempo estándar de la pieza.

IP = índice de producción.

E = eficiencia planeada”.

## 2.11 TIEMPO TAKT

Las industrias están en la constante búsqueda por optimizar la eficiencia y satisfacer la demanda del cliente en tiempo y forma, estas recurren a herramientas que les permitan sincronizar su producción con precisión, un concepto fundamental en esta estrategia es el tiempo takt, que para E. Meyers (2000, p. 258) “indican al ingeniero industrial a qué velocidad debe operar la planta para satisfacer la demanda del cliente. Todas la máquinas y operaciones de la planta se sincronizan con este ritmo; asimismo, las piezas deben ser suministradas a la misma velocidad con que la línea de ensamble las utiliza.

Takt es una expresión alemana que aquí designa el tiempo disponible de producción dividido entre la demanda del cliente”.

Según Pérez Gómez (2019) “el tiempo takt es la velocidad a la que compra el cliente y es el tiempo al que el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente” (p.106).

El takt time (tiempo takt) es el ritmo de producción de la planta, es decir, es la velocidad a la que debe de trabajar un operador para satisfacer la demanda del cliente.

De acuerdo con García Criollo (2005, p. 421-422) “los pasos para el balance de una línea de ensamblaje son:

1. Especificar las relaciones secuenciales entre las tareas utilizando un diagrama de precedencia.
2. Determinar el tiempo del ciclo requerido (C).

$$C = \frac{\textit{Tiempo de produccion por dia}}{\textit{Produccion diaria requerida}}$$

*Ecuación 7. Fórmula para calcular el tiempo ciclo requerido*

3. Determinar el número de estaciones de trabajo (N) requeridas para satisfacer la limitación del ciclo.

$$N = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Tiempo del ciclo (C)}}$$

*Ecuación 8. Fórmula para calcular el número de estaciones*

4. Seleccionar las reglas de asignación de las tareas en las diferentes estaciones de trabajo.
5. Asignar las tareas, una a la vez, a la primera estación de trabajo hasta que la suma de los tiempos sea igual al trabajo del ciclo.
6. Evaluar la eficiencia de equilibrio de la estación”.

$$E = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}}{\text{Numero de estaciones de trabajo (N) x Tiempo de ciclo (C)}}$$

*Ecuación 9. Fórmula para calcular la eficiencia*

## **2.12 KAIZEN**

Dentro de la búsqueda de la mejora continua, las empresas industriales implementan diferentes filosofías y metodologías para optimizar sus procesos, uno de estos enfoques más efectivos es el concepto de Kaizen, que para Pérez Gómez (2019, p. 130) “un evento Kaizen es una cadena de acciones realizadas por equipos de trabajo cuyo objetivo es mejorar los resultados de los procesos existentes. Mediante estas acciones, los dueños de los procesos y los operadores pueden realizar mejoras significativas en su lugar de trabajo que se traducirán en beneficios de productividad”.

“La palabra Kaizen proviene de dos términos japoneses: kai, que significa “mejora”, y zen, que significa “bueno” o “bienestar”. La combinación de estas palabras crea el concepto de mejora continua” (Laoyan, 2024).

Kaizen se relaciona al proceso de mejora continua en todos los aspectos de una empresa, desde las estrategias hasta las operaciones diarias. El principio de mejora continua se basa en la idea de que, si realizamos pequeñas mejoras de forma continua a lo largo del tiempo, estas pueden conducir a cambios importantes a largo plazo.

El objetivo del método Kaizen es mejorar continuamente los procesos para eliminar cualquier desperdicio.

- Para que sirve el método Kaizen.

Según Pérez Gómez (2019) los eventos Kaizen resultan extremadamente efectivos para mejorar rápidamente un proceso mediante la implementación de herramientas que ayudan a: (p.130)

- (1) Reducir los desperdicios.
- (2) Mejorar la calidad y reducir la variabilidad.
- (3) Mejorar las condiciones de trabajo.

### **2.13 HERRAMIENTA YAMAZUMI**

Dentro de la industria, es fundamental contar con diversas herramientas que simplifiquen y visualicen la información de los procesos productivos para identificar oportunidades de mejora, la herramienta Yamazumi es la que se requiere, que para Seizer (2017) Yamazumi “es un término japonés que significa “apilamiento”. Dentro del mundo lean, existe una manera de representar gráficamente los tiempos de producción y de paro de un proceso. El diagrama Yamazumi es, un gráfico de columnas apiladas.

Un gráfico Yamazumi es un gráfico que muestra el tiempo ciclo de cada tarea en un paso del proceso mostrado como un gráfico de barras apiladas. Es una herramienta para visualizar el tiempo ciclo de la maquina y del operador para evaluar el rendimiento. (Boiser, 2020)

### **2.14 VALOR AÑADIDO Y DESPERDICIOS**

En las empresas es crucial comprender e identificar las actividades que realmente añaden valor al producto, así como aquellas que no lo generan, esto para enfocarse en reducir este tipo de actividades o desperdicios con el objetivo incrementar las actividades que, si aportan valor agregado, de acuerdo con Cuatrecasas (2017, p. 171) “podemos distinguir hasta tres tipos de actividades en los procesos:

- a) Actividades con valor añadido:

Que convierten o transforman los materiales o la información, de manera que se adaptan a las necesidades de los usuarios, que se hallan dispuestos a pagar por ellas.

b) Actividades sin valor añadido:

Son las necesarias para el sistema o proceso, pero no contribuyen a comunicar valor al producto o servicio o para la satisfacción del cliente. Es decir, no aportan valor, pero no pueden eliminarse, en ocasiones, por problemas técnicos de medios de producción.

c) Desperdicios (waste o muda):

Todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo del operario, que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto”.

Según Pérez Gómez (2019, p. 29) “las actividades que agregan valor son aquellas que producen directamente un cambio que el cliente desea, al grado que esté dispuesto a pagar por ese esfuerzo. Desperdicio o exceso será cualquier otro esfuerzo realizado en la empresa que no sea absolutamente esencial para agregar valor al producto o servicio tal como lo requiera el cliente”.

➤ Tipos de desperdicio

Existen 7 tipos de desperdicio que se encuentran en la empresa, tomaremos en cuenta según lo que menciona Cuatrecasas (2017, p. 174-177) “que se desglosan a continuación:

1. Sobreproducción:

Consiste en producir más allá de la cantidad solicitada de producto o antes de que sea solicitada. La sobreproducción supone producir aquello que no tiene un cliente que espera recibirlo o que se anticipa en el tiempo la entrega prevista, lo que supone gastar recursos (materiales, mano de obra, energía, etc.)

2. Sobre procesamiento:

Consiste en consumir una cantidad excesiva de recursos para llevar a cabo una actividad productiva: más tiempo, más material, más energía, etc. De la misma manera que los recursos gastados pueden ser varios, las causas pueden ser

muchas: no comprender suficientemente bien los requerimientos del cliente, utilizar métodos de trabajo superables o no estandarizados, mala formación de los trabajadores, máquinas y/o herramientas que no se adaptan bien al proceso y un largo etcétera.

### 3. Inventario o stock:

Se refiere al material o producto estacionado: materia prima, producto en curso, producto acabado, producto haciendo cola para ser procesado en un puesto, producto en espera de un control de calidad o reprocesado, etc.

El stock supone un coste que, además de innecesario, es elevado: materiales cuya financiación debe avanzarse, transportes adicionales, espacio en almacenes, sistemas más o menos sofisticados de almacenaje, personal -no productivo- a cargo de tales almacenes, etc.

### 4. Transportes:

Mover materiales o el producto en proceso o acabado. Resulta evidente que estamos hablando de un desperdicio, pues al mover materiales o productos, éstos no cambian en ningún aspecto. Se trata de una pérdida de tiempo que, a veces, es inevitable (ejemplo del transporte desde una planta hasta el cliente), pero aun en este caso no aporta valor alguno, aunque puede tratarse como actividad del tipo b en la triple clasificación de actividades que hemos efectuado, en lugar de la c, que son evitables y, con ello, desperdicio.

### 5. Movimientos:

Se trata de los trabajadores o empleados que han de moverse para llevar a cabo su actividad, pero sin aportar valor alguno. Ello supone tener las actividades que deben desarrollar a su alcance y, desde luego, la planta y su puesto de trabajo bien organizados y ordenados.

### 6. Esperas:

Entendemos como tal cualquier elemento del sistema productivo parado (excepto las máquinas si no se precisa más producción y siempre que no tengan otro recurso parado con ellas).

Tiempos de preparación, averías, falta de suministro de materiales o producto en curso, problemas de calidad, etc., pueden provocar esperas que, evidentemente, son actividades que no aportan nada, en absoluto, pero que, de una manera u otra, tienen su coste.

#### 7. Reprocesado:

Fruto de la falta de calidad, hay operaciones que se tienen que repetir o corregir, esto es el reprocesado, lo que supone que no habrá ninguna nueva aportación de valor.

El reprocesado, como todo desperdicio, implica pérdidas de tiempo y, con ello, retrasos, además de aumentos de coste, inversiones adicionales”.

## **2.15 LA ORGANIZACIÓN 5S**

En el ámbito industrial, la organización y eficiencia son fundamentales para optimizar los procesos productivos, un enfoque ampliamente reconocido para alcanzar estos objetivos es la metodología de las 5's, tal como indica Pérez Gómez (2019, p.147) las 5's “constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra implementando cambios en los procesos en 5 etapas, cada una de las cuales servirá de fundamento a la siguiente, para así mantener sus beneficios en el largo plazo”.

Cuatrecasas (2017, p. 179-181) sostiene que “los sistemas productivos ven muy favorecidos sus objetivos de eliminar desperdicios si parten de una buena organización que les evite perder tiempo en buscar, recoger y preparar elementos necesarios en la producción (materiales, herramientas, útiles, etc.), por lo tanto, se manejan lo que son las 5s.

1. Seiri (organización): disponer los puestos de trabajo con los elementos que le son propios y eliminar aquellos que no tienen utilidad en ellos o a su alrededor, que estorban. Un sistema muy empleado consiste en adherir etiquetas rojas a todos aquellos elementos que sospechamos que no deberían estar en el puesto de trabajo y esperar un tiempo prudencial para deducir finalmente cuáles han desaparecido (porque han sido utilizados) y aquellos que no se han tocado.
2. Seiton (orden): los elementos que componen el puesto de trabajo, una vez ya se han organizado, es decir que los que se hallan en el puesto o cerca de él deben estarlo y son útiles, deben ahora ordenarse, de forma que se pueda identificar rápidamente la ubicación de cualquiera de ellos por su naturaleza.
3. Seiso (limpieza): todos los elementos de un lugar de trabajo han de estar siempre limpios y en orden de funcionamiento. La limpieza es hoy.
4. Seiketsu (estandarización): los procedimientos para alcanzar los objetivos de las tres primeras eses deben dotarse del método adecuado para que puedan implantarse con la máxima facilidad posible. Cuando los métodos se consideren suficientemente correctos, será importante su estandarización, para asegurar su correcta aplicación.
5. Shitsuke (disciplina): A fin de que las tres primeras eses se lleven a cabo, de acuerdo con los procedimientos estandarizados y se repitan éstos cada vez que corresponda de acuerdo con el método estándar y no solo cuando el tiempo y la motivación lo permitan, será conveniente completar el programa 5S con la disciplina necesaria”.

## **CAPITULO 3 IMPLEMENTACIÓN DEL BALANCEO DE LINEA**

### **3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

La fabricación de la tramada de piloto derecho de sub interior se lleva a cabo en una línea de producción organizada en dos subensambles dentro de la misma célula. La primera parte de este proceso, que comprende 5 estaciones de trabajo, se dedica a la incorporación de antenas y subconjuntos, adaptándose a las variantes específicas que se están fabricando. Una vez finalizadas las operaciones en la última estación de trabajo de esta fase, la tramada avanza hacia el siguiente subensamble, en la integración de subensamble de los tableros correspondientes. Este enfoque secuencial optimiza la producción de la tramada de piloto derecho.

Por lo tanto, la fase de subensamble implica la colaboración de 8 operarios y 8 tableros de trabajo específicos. Las posiciones de cada puesto y tablero de trabajo se clasifican en tres tipos distintos (véase tabla 6):

IDENTIFICACIÓN	TIPO DE POSICIÓN	CRITERIOS
	Especiales	Reservadas para actividades altamente especializadas, estas posiciones requieren de personal calificado y experimentado. Se prohíbe asignar a personal de nuevo ingreso a estas posiciones debido a la naturaleza específica y técnica de las tareas que se llevan a cabo.
	Nuevo ingreso	Designadas para personal recién incorporados al equipo, estas posiciones son ideales para proporcionar oportunidades de aprendizaje y desarrollo. Se permite asignar personal de nuevo ingreso a estas posiciones, facilitando su adaptación y crecimiento en el proceso de subensamble.
	Normal	Estas posiciones, caracterizadas por tareas estándar y rutinarias, son ocupadas por personal común. No requiere habilidades especializadas, lo que permite una mayor flexibilidad en la asignación de recursos humanos.

Tabla 6. Tipos de posición en la línea de tableros de la célula de producción TPD. Elaboración propia (2024).

Como resultado esta categorización se establece para garantizar una disposición óptima y eficiente de los recursos. Además, cada operario asignado a una posición específica, trabaja en conjunto con el tablero correspondiente para llevar a cabo las tareas designadas eficientemente.

Debido a esta organización cuidadosa de recursos y roles, esta organización contribuye a la fluidez y precisión del proceso de subensamble, asegurando así la calidad y eficacia en cada etapa. Por lo tanto, en la tabla 7 se observa el nombre de los diferentes tableros

de trabajo y el tipo de posición en la línea de subensamble de la célula de producción TPD.









NOMBRE DEL TABLERO	TIPO DE POSICIÓN
TAB-032	
TAB-033	
TAB-038	
TAB-039	
TAB-040	
TAB-041	
TAB-042	
TAB-043	

Tabla 7. Tableros de trabajo de la célula de producción TPD. Elaboración propia (2024).

En consecuencia, el equipo de subensamble generalmente opera con los 8 operarios establecidos, en respuesta a la demanda constante del cliente, que suele ser de 40 piezas por hora. Sin embargo, en situaciones en las que se requiere aumentar el ritmo de producción, se recurre ocasionalmente a la incorporación de operarios de otras células. Por otro lado, este escenario es poco común, ya que la demanda principal del cliente se mantiene estable en las 40 piezas por hora. Por lo tanto, la distribución estratégica de los operadores se realiza asignando a cada tablero preestablecido. Este enfoque asegura una asignación eficiente de recursos humanos, con cada operador trabajando en colaboración con un tablero específico. La figura 6 proporciona una guía

visual que optimiza la organización del personal en relación con los distintos componentes del proceso de subensamble.

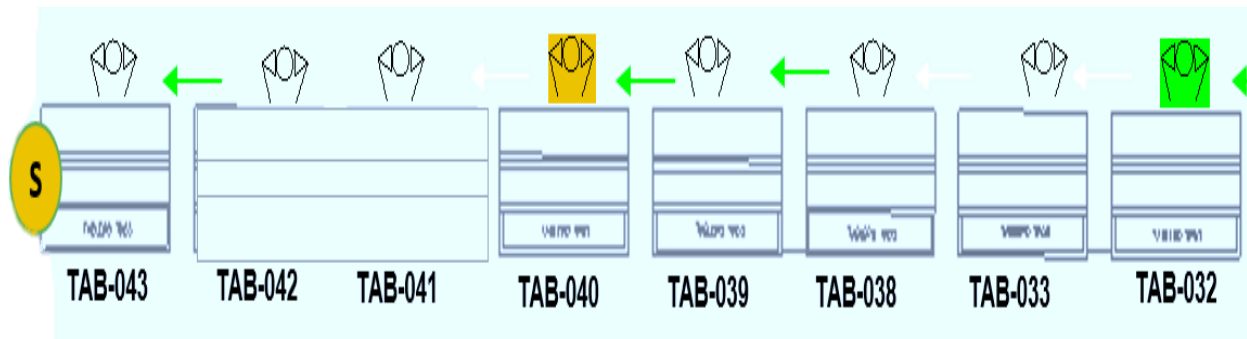


Figura 6. Organización de tableros y personal de la línea de tableros de la célula de producción TPD, elaboración propia (2024).

Dado que la gestión de la demanda del cliente se ejecuta de manera efectiva mediante un control de producción, se realizan planificaciones mensuales de producción, lo que permite anticipar y ajustar los recursos necesarios para cumplir con la demanda del cliente. De modo que, en este proceso, se lleva a cabo un cálculo detallado del staffing requerido, asegurando que el equipo de operarios este adecuadamente dimensionado para mantener la eficiencia y cumplir con las expectativas del cliente.

En la figura 7 se exhibe el diagrama detallado del proceso de operaciones en la línea de tableros de la célula de producción TPD. Este diagrama proporciona una visión integral y comprensible del proceso de subensamble. Para una referencia más específica de cada actividad y una identificación detallada de las bridas y componentes ensamblados, se recomienda consultar las tablas de toma de tiempos adjuntas en el apéndice a. Estas tablas ofrecen un desglosé completo de todas las actividades.

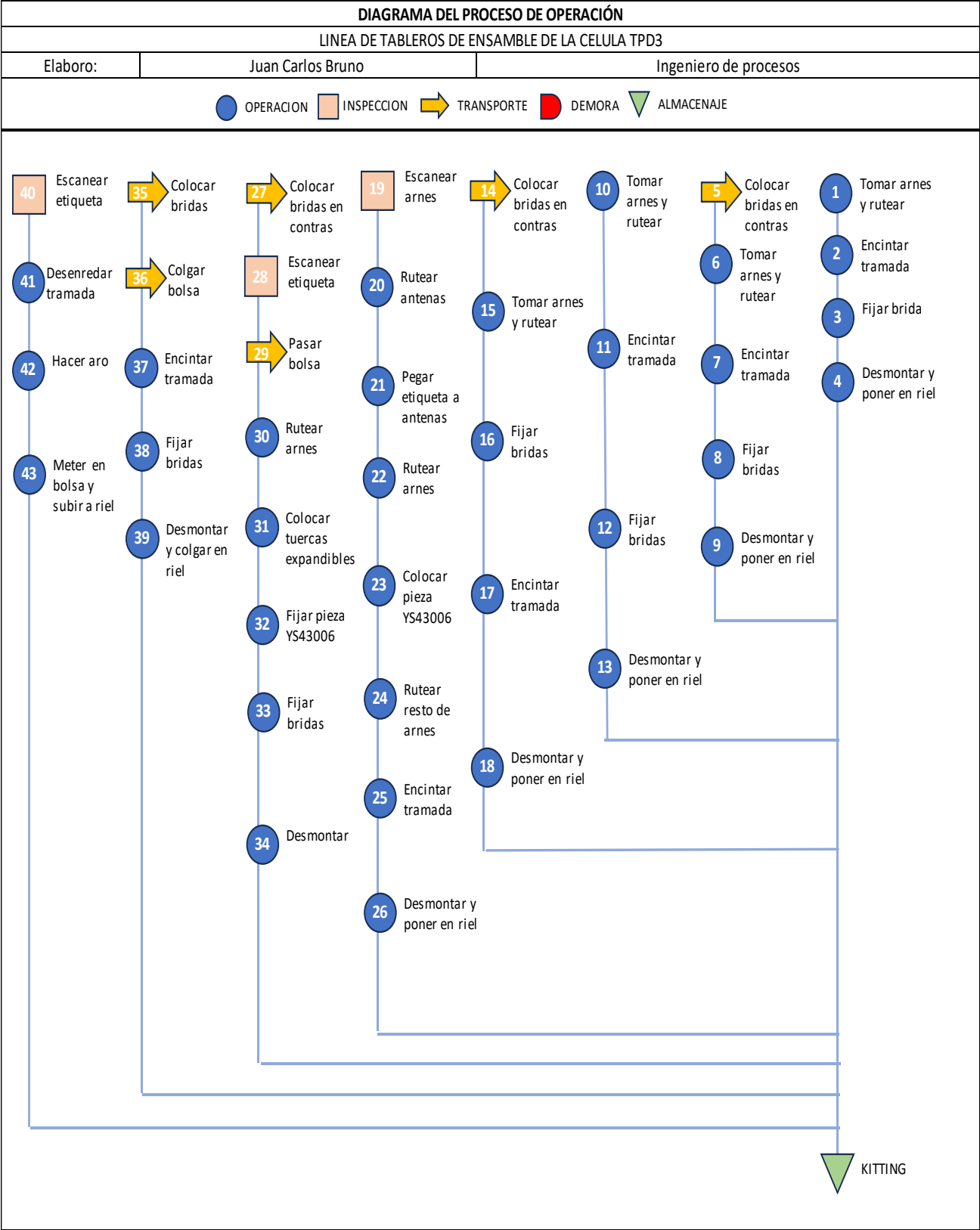


Figura 7. Diagrama de proceso de operación de la línea de tableros de subensamble de la célula TPD. Elaboración propia (2024).

### 3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SUBENSAMBLE

El proceso de subensamble ejecutado en la línea de tableros de la célula de producción TPD se centra primordialmente en tres actividades clave: encintar, fijar bridas y colocar componentes específicos. Estas operaciones, constituyen etapas cruciales para la configuración precisa de los tableros.

El encintado asegura la sujeción y manipulación adecuada de la tramada de piloto derecho, mientras que la fijación de bridas contribuye a la estabilidad estructural. Este enfoque detallado y especializado en cada tablero de trabajo garantiza la calidad y coherencia en cada unidad producida en la línea de subensamble de la célula de producción TPD.

En el proceso de encintado, se gestionan dos modalidades distintas: encintado continuo y alterno:

- Continuo: Este proceso de encintado se comienza dando 3 vueltas de cinta al inicio de la operación y comenzar a cubrir todos los cables de los arneses de manera completa, sin dejar ninguno expuesto y se finaliza dando 3 vueltas de cinta al final del encintado. Se realiza con un cuidado notable para asegurar la calidad del encintado, aunque su ejecución requiere de más tiempo y es más intensiva si lo comparamos con el encintado alterno.



*Ilustración 1. Encintado continuo que se realiza en célula de producción TPD.*

- **Alternativo:** Contrariamente, el encintado alternativo inicia dando 3 vueltas de cinta al principio de la operación y consiste en cubrir el arnés dejando una longitud proporcional al ancho de la cinta que se utiliza para este tipo de encintado. La operación culmina dando 3 vueltas de cinta al final de la operación. Esta metodología permite una aplicación más rápida de la cinta, aunque con una cobertura que en comparación con el encintado continuo.



*Ilustración 2. Encintado alternativo que se realiza en célula de producción TPD.*

La elección entre estas dos técnicas de encintado se realiza dependiendo de las especificaciones del cliente y los estándares de calidad requeridos en el proceso de subensamble.

En la empresa del ramo automotriz, se emplean diferentes tipos de cintas con especificaciones variadas. En particular, en la célula de producción TPD, se utilizan tres tipos específicos de cintas para llevar a cabo el subensamble en la línea de producción (véase tabla 8). Cada cinta, cuidadosamente seleccionada según sus propiedades y características particulares, desempeña un papel crucial en el proceso, garantizando así el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos en esta fase específica de la fabricación.

CÓDIGO	TIPO	ESPECIFICACIONES
CI33662	Cinta alterna	Cinta adhesiva textil* 0.17mm x 9mm x 25mts* poliéster PET* NG* TEMP -40°C A 125°C
CI00166	Cinta colchón	Cinta textil antibrasiva * 1.22mm x 19mm x 5mts * aplicación manual * PET* NG* TEMP -40°C A 125C°
CI50076	Cinta Antruido	Cinta adhesiva polyester* 0.3 mm x 19mm x 25mts* NG* aplicación manual* TEMP -40°C A 105°C

Tabla 8. Tipos de cinta en la línea de tableros de la célula de producción TPD, elaboración propia (2024)

En el proceso de encintado de bridas, se emplea exclusivamente la cinta alterna (CI33662). Esta operación implica colocar la brida en la contra y posteriormente fijarla mediante tres vueltas en cada ala de la brida.

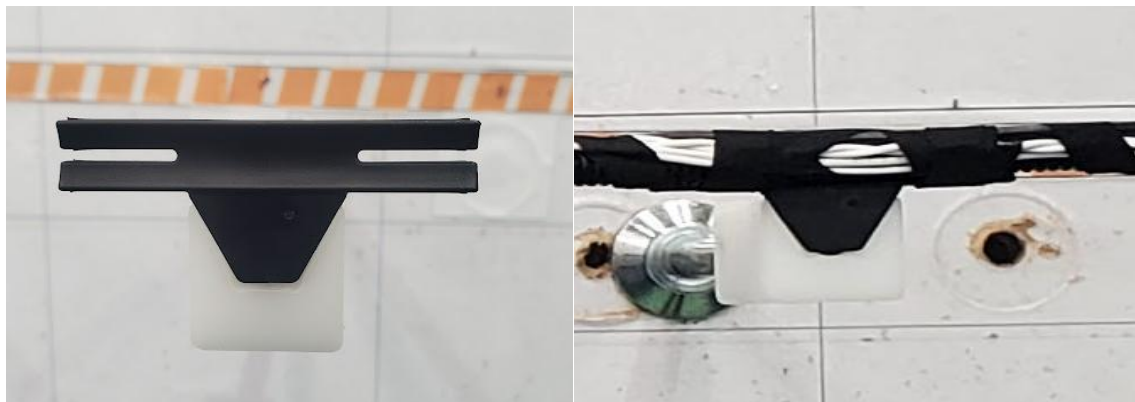


Ilustración 3. Proceso de encintado de bridas en la célula de producción TPD.

En la línea de tableros de la célula de producción TPD, la elección de la herramienta para cortar las cintas está determinada por el espesor de estas. Específicamente, se utilizan dos herramientas para cortar cintas, estas se identifican por su color: cortador amarillo y cortador rojo. El cortador amarillo se asigna a los 8 tableros de trabajo, mientras que el cortador rojo se reserva exclusivamente para las estaciones TAB-033 y TAB-038. Esta distinción se debe a que en esta estación se manejan los tres tipos de cintas mencionadas anteriormente.

CORTADOR AMARILLO	CORTADOR ROJO
	

Tabla 9. Tipos de cortadores. Elaboración propia (2024).

### 3.3 TOMA DE TIEMPOS

Con el objetivo de obtener una comprensión precisa y completa de todo el proceso productivo, se realiza un estudio de métodos y tiempos. Este estudio identifica las actividades involucradas en la elaboración de la tramada de piloto derecho, así como el tiempo requerido para completar cada unidad. La ejecución de este estudio demanda operadores calificados, con conocimiento claro de las operaciones a realizar, un método bien definido y la capacidad de trabajar a un ritmo normal.

Siguiendo con la ejecución del estudio de métodos y tiempos, los operadores calificados desempeñan un papel central en la recopilación de datos esenciales. La claridad en las operaciones asignadas se traduce en una ejecución precisa y coherente del trabajo, permitiendo una evaluación minuciosa de cada fase del proceso. Se establece un método bien definido para estandarizar las operaciones, lo que contribuye a la consistencia en los resultados del estudio. Es fundamental que los operadores trabajen a un ritmo normal durante la toma de tiempos, garantizando la representación fiable de las condiciones operativas.

Dado la operación en dos turnos de la empresa, la estandarización del proceso es necesaria para minimizar variaciones. En este sentido, es esencial que las operaciones asignadas sigan un orden y metodología idénticos en ambos turnos, asegurando así la precisión del estudio. Se llevo a cabo un análisis detallado y observación de las actividades realizadas por los operadores en ambos turnos, verificando que siguen los métodos operativos establecidos. Este enfoque es esencial para obtener resultados precisos y para mantener estándares de trabajo.

A continuación, se describe el proceso por cada estación de trabajo en la línea de tableros de la célula de producción TPD:

### 1. Estación TAB-032

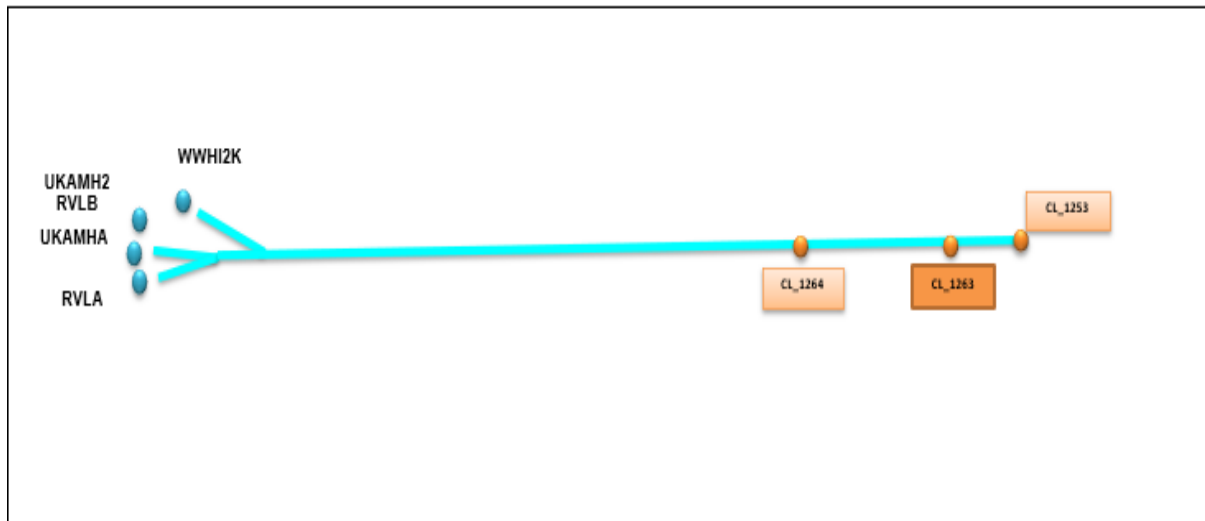


Ilustración 4. Diseño del tablero TAB-032

El inicio del proceso de subensamble tiene lugar en la estación de trabajo denominada como TAB-032. Una vez que la bolsa que contiene todos los subconjuntos relacionados con esta célula se encuentra en el transportador de vinil, el operador de esta posición inicia sus actividades siguiendo una secuencia específica. A continuación, se describe esta secuencia:

1. Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la operación siguiente.
2. Colocar en contra y rutear los subconjuntos cuando apliquen
  - i. WXHI2K
  - ii. UXAMH1
  - iii. RXLB / UKXMH2
  - iv. UKAMXA
  - v. RVLG

3. Comenzar a encintar como indica el tablero
4. Colocar brida:

CL\_3263

5. Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.

## 2. Estación TAB-033

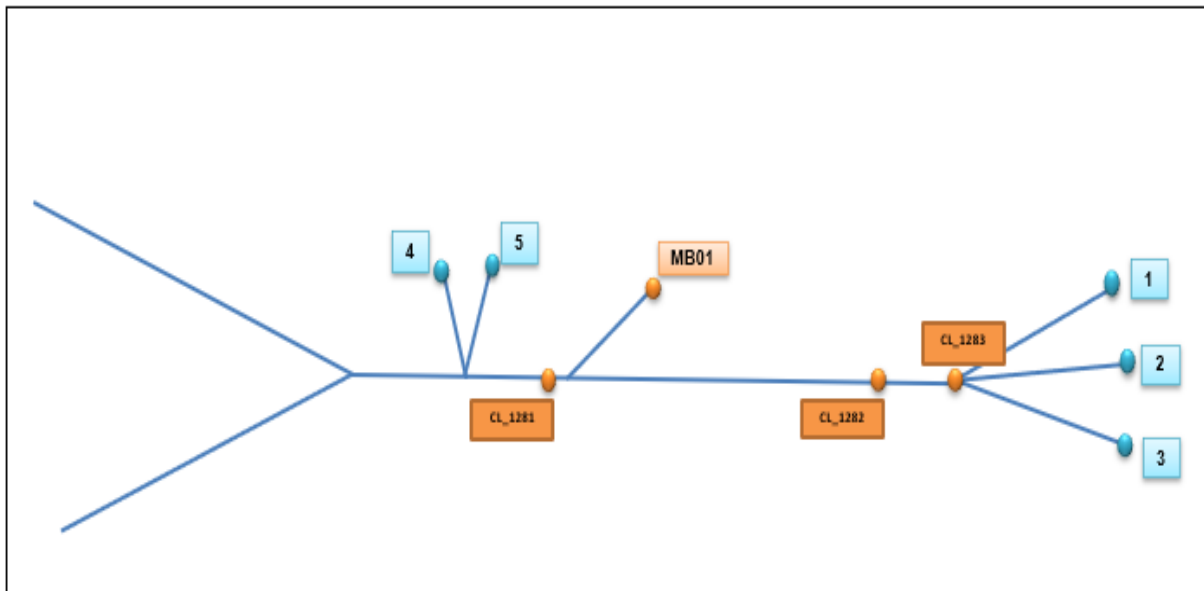


Ilustración 5. Diseño del tablero TAB-033

1. Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la operación siguiente.
2. Colocar en contra y rutear los subconjuntos cuando apliquen, encintar de acuerdo con el tablero; usar bridas del proceso anterior como referencia.
3. Colocar bridas:

CL\_3283

CL\_3282

CL\_3281

4. Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.

Nota: Cuando apliquen variantes cortas el encintado se hará en la operación anterior TAB-032.

### 3. Estación TAB-038

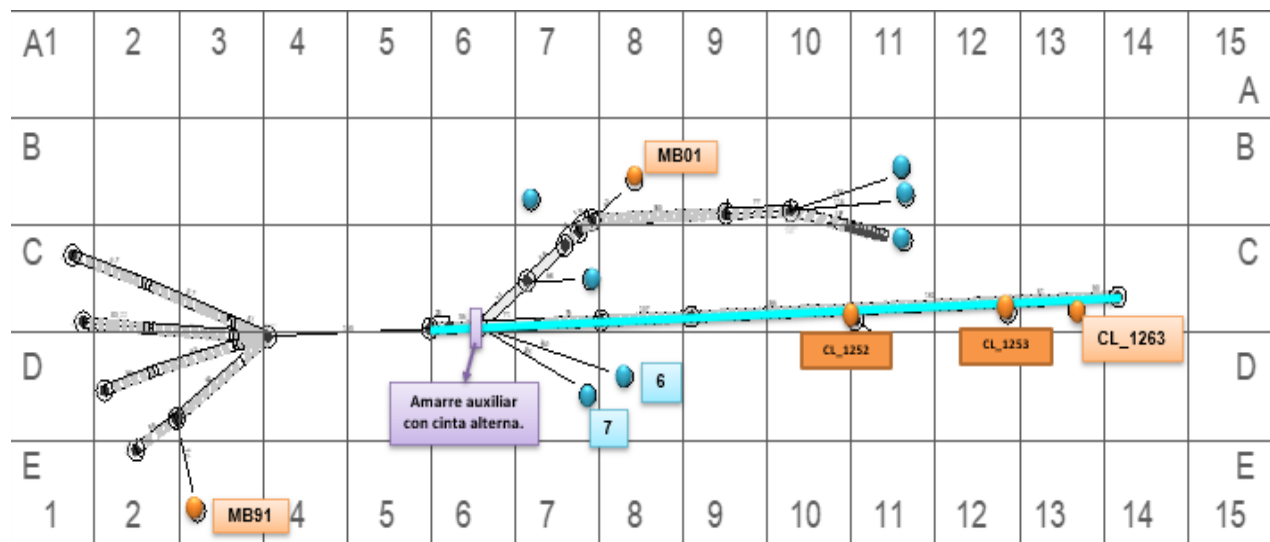


Ilustración 6. Diseño del tablero TAB-038

1. Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la siguiente operación.
2. Colocar en contra y rutear los subconjuntos que apliquen, encintar de acuerdo con el tablero; usar bridas del proceso anterior como referencia.

NOTA: Realizar encintado con CI33662 hasta la marca, continua con el encintado con CI00166 aproximadamente 15 cm y después continua con CI50076 en otro tramo de 15 cm aproximadamente.

3. Colocar bridas:

CL\_3253

CL\_3252

4. Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.

#### 4. Estación TAB-039

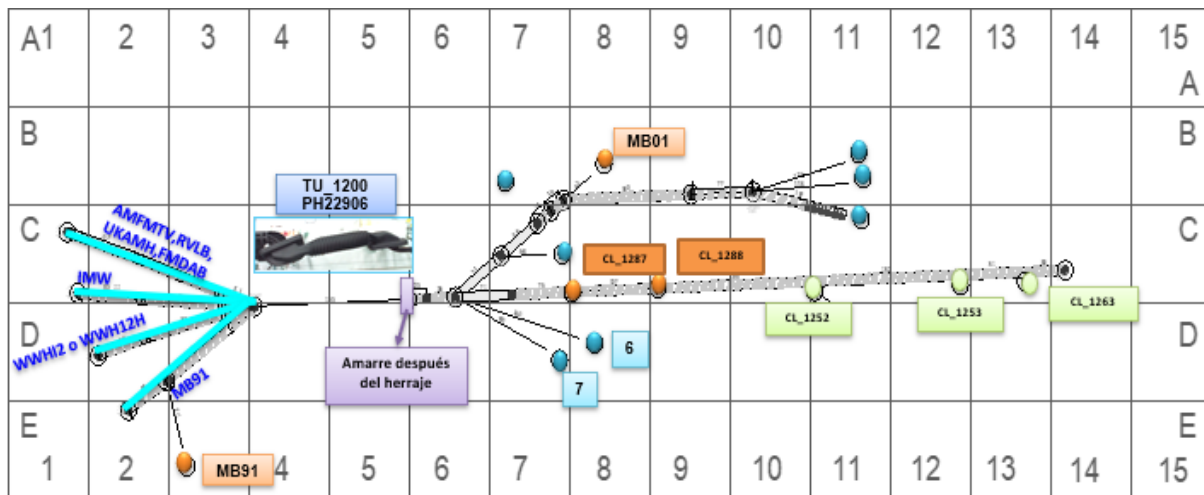


Ilustración 7. Diseño del tablero TAB-039

1. Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transporte de vinil de la siguiente operación.

Encintar con CI33662 de acuerdo con el tablero de montaje.

2. Colocar PP21096 en contra y rutear los subconjuntos de acuerdo con las vías especificadas en el tablero; usar bridas del proceso anterior como referencia y encintar zona de KL\_1400 utilizando el tablero como referencia.

3. Colocar bridas:

CL\_3287

CL\_3288

- Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.

## 5. Estación TAB-040

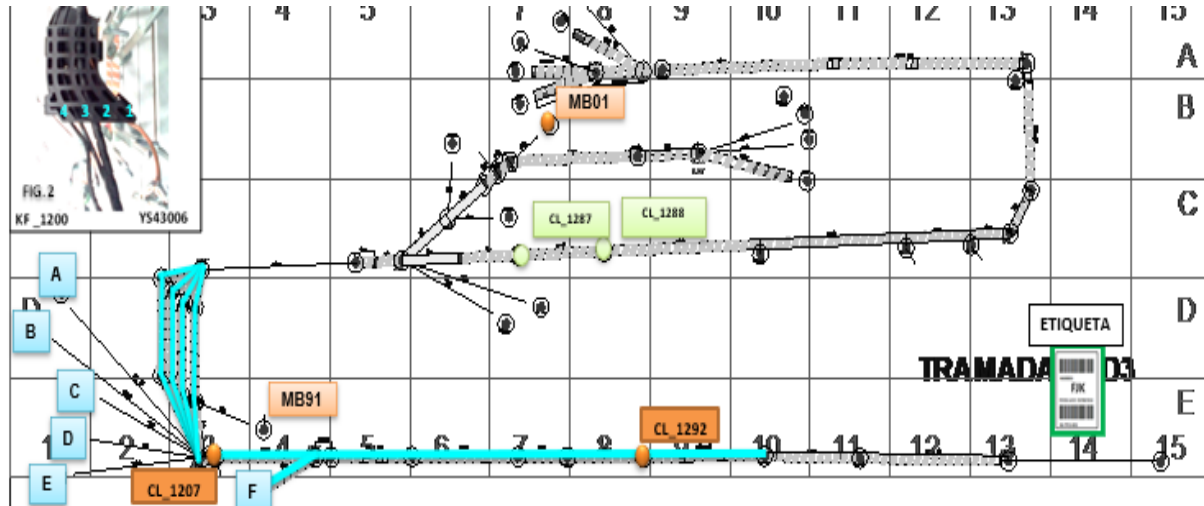


Ilustración 8. Diseño del tablero TAB-040

- Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la siguiente operación, escanear la X en la etiqueta del subconjunto del proceso anterior para ver la variante a fabricar.
- Rutear los subconjuntos que apliquen y dar preformado a zona de KL\_1400; usar bridas del proceso anterior como referencia.
- Comenzar a encintar con CI33662 como indica el tablero, dar salida a la tobera cuando lo indique la pantalla de autosae, dar dos vueltas de encintado después del herraje.
- Colocar la etiqueta en la antena B a la altura del cuadrante 14.
- Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.

## 6. Estación TAB-041

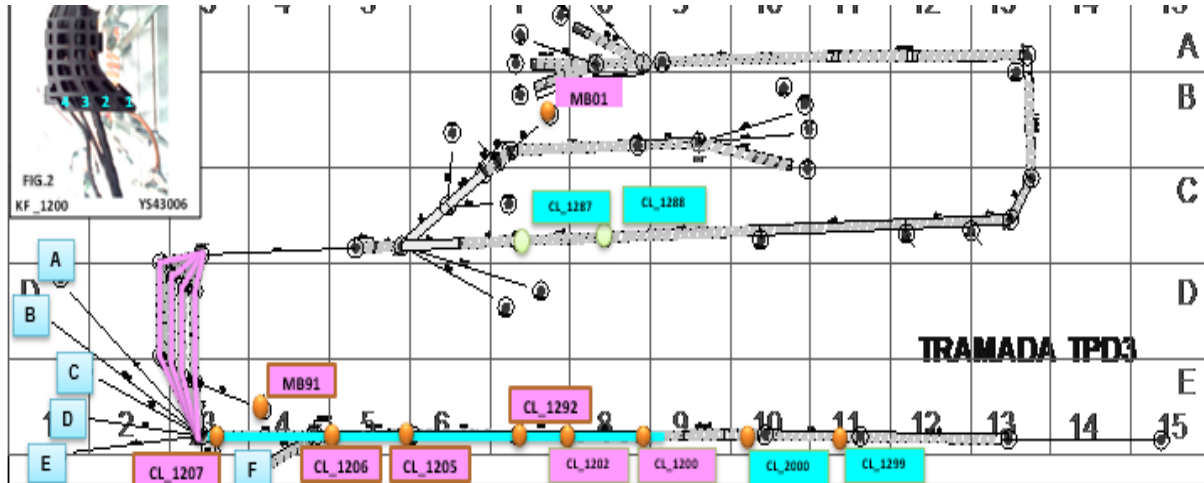


Ilustración 9. Diseño del tablero TAB-041

1. Tomar bolsa, retirar tramada y colocar bolsa en el transportador de vinil de la operación siguiente.
2. Rutear los subconjuntos que apliquen y colocar KL\_1400 en contra. Asegurar primero la brida CL\_3207 para evitar se desplace el ramal y las bridas o clips de este.
3. Colocar el amarre de 3 vueltas utilizando CI33662 en la KL\_1400 en dirección al TT\_3200 como se muestra en la figura 8.

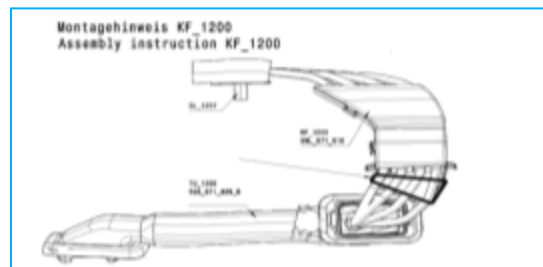


Figura 8. Posición de la pieza TU\_1200

4. Colocar componentes en las anillas:

RT03004 – SI\_001 en MB00

RT37804 – SI\_002 en MB9105016

5. Colocar bridas:

CL\_3207

CL\_3206

CL\_3205

CL\_3292

CL\_3202

CL\_3200

6. Esta operación se realiza simultáneamente con la operación de la POSICION 2 que involucra a este mismo tablero, al finalizar desmontar tramada de izquierda a derecha y pasarla al operador de POSICION 2.

7. Estación TAB-042

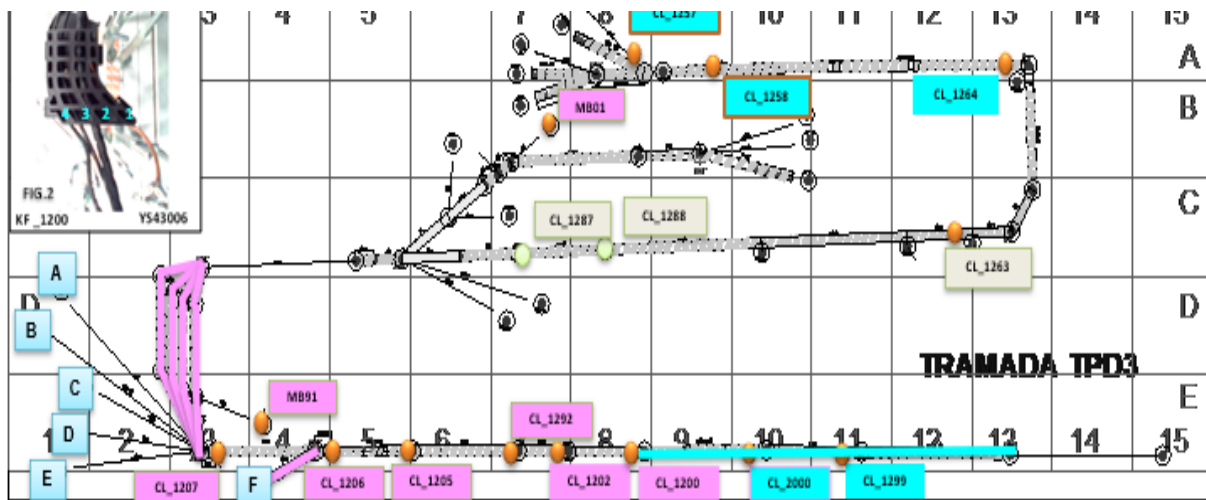


Ilustración 10. Diseño del tablero TAB-042

1. Tomar bolsa y colgarla en el riel.

2. Rutear los subconjuntos que apliquen; usar bridas del proceso anterior como referencia.
3. Realizar encintado como indica el tablero.
4. Colocar bridas:

CL\_3299

CL\_3258

CL\_3257

CL\_4000

CL\_3264

5. Esta operación se realiza simultáneamente con la operación de la POSICION 1 que involucra a este mismo tablero, al finalizar desmontar tramada de izquierda a derecha y colgarla en gancho de producto terminado.

## 8. Estación TAB-043

1. Tomar la tramada del gancho del riel del proceso anterior y escanear la TR de la etiqueta, coloca la bolsa en herraje del lado derecho del tablero, toma la tramada y colócala en los herrajes.
2. Toma la tramada y realiza aro con las antenas y la tobera (parte no encintada) evitando que se doble la tobera.
3. Toma el resto de la tramada encintada y realiza aro evitando que se doble la tobera, mete en el segundo compartimiento de la bolsa el aro realizado, toma la bolsa y mete el asa de esta en la otra asa de la bolsa, toma un gancho y coloca ambas bolsas en el para mandarlas en el riel de producto terminada de piloto derecho.

En coordinación con el ingeniero a cargo de la línea de producción, se estableció el número necesario de observaciones para la toma de tiempos en este estudio. De común acuerdo, se determinó realizar un total de 25 ciclos de medición para cada puesto de trabajo. Esta cantidad fue seleccionada utilizando el criterio de General Electric, asegurando así una muestra representativa y estadísticamente significativa para evaluar con precisión los tiempos de ejecución en cada etapa del proceso. Esto con el compromiso de la exactitud y calidad en la evaluación de métodos y tiempos en la célula de producción TPD.

En la línea de producción de tableros, el recurso más valioso es el talento humano, y con el objetivo de reconocer y adaptarse a las necesidades del equipo, se asignarán suplementos. Para los operadores de la célula de producción TPD, se contempla un suplemento del 5% por necesidades personales. Además, se otorgará un suplemento del 5% por fatiga, considerando la naturaleza del trabajo que implica estar de pie durante todo el turno. Por último, se añadirá un suplemento del 5% por retrasos, teniendo en cuenta la dependencia de la línea de producción respecto al reabastecimiento de materia prima. En conjunto, estos suplementos suman un total del 15%.

Para el estudio de tiempos, se optó por la técnica de cronometraje, un método que permitió analizar con detalle todas las actividades vinculadas al subensamble de la tramada en la célula de producción TPD. A través de este método, se logró determinar los tiempos estándares asociados a cada actividad. El registro de los datos se llevó a cabo utilizando la herramienta Excel.

Durante el periodo de toma de ciclos de tiempo para cada actividad, se llevaba a cabo una evaluación de la actuación de los operadores, siguiendo el criterio establecido por el analista y referenciándose en la tabla 5, que detalla la calificación de la actuación.

En la tabla 10 se muestran las tablas de tiempos por estación de trabajo, estas tablas ofrecen una visión del procedimiento empleado para calcular los tiempos estándar de cada estación de trabajo. Incluye información relevante, como el número de ciclos tomados para la evaluación, la calificación de actuación atribuida a cada operador y los suplementos otorgados.

Dado la operación a dos turnos de la empresa, se ha optado por dividir el número de ciclos definido para la toma de tiempos. Específicamente, se estableció un número de ciclo de 15 para el primer turno, mientras que para el segundo turno se realizaron 10 tomas, sumando así un total de 25 ciclos. En esta sección solo se muestran los ciclos del primer turno, para acceder a los tiempos del segundo turno, se recomienda consultar el apéndice A, donde se proporciona los ciclos correspondientes del segundo turno.

TAB-032		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Tomar arnes y rutear	256.08	15.00	17.07	95%	16.22	2.43	18.65
2	Encintar tramada	370.02	15.00	24.67	95%	23.43	3.52	26.95
3	Fijar CL_1263	113.72	15.00	7.58	95%	7.20	1.08	8.28
4	Desmontar y poner en riel	105.19	15.00	7.01	95%	6.66	1.00	7.66
							Total	61.54

Tabla 10. Cálculo de tiempo estándar de la estación TAB-032, elaboración propia (2024).

TAB-033		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Colocar bridas en contras	60.44	15.00	4.03	95%	3.83	0.57	4.40
2	Tomar arnes y rutear	176.09	15.00	11.74	95%	11.15	1.67	12.83
3	Encintar tramada	199.13	15.00	13.28	95%	12.61	1.89	14.50
4	Fijar CL_1283	80.46	15.00	5.36	95%	5.10	0.76	5.86
5	Fijar CL_1282	70.70	15.00	4.71	95%	4.48	0.67	5.15
6	Fijar CL_1281	73.41	15.00	4.89	95%	4.65	0.70	5.35
7	Desmontar y poner en riel	117.86	15.00	7.86	95%	7.46	1.12	8.58
							Total	56.67

Tabla 11. Cálculo de tiempo estándar de la estación TAB-033, elaboración propia (2024).

TAB-038		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Tomar arnes y rutear	206.33	15.00	13.76	95%	13.07	1.96	15.03
2	Encintar tramada	371.21	15.00	24.75	95%	23.51	3.53	27.04
3	Fijar CL_1253	102.97	15.00	6.86	95%	6.52	0.98	7.50
4	Fijar CL_1252	102.97	15.00	6.86	95%	6.52	0.98	7.50
5	Desmontar y poner en riel	73.13	15.00	4.88	95%	4.63	0.69	5.33
							Total	62.39

Tabla 12. Cálculo de tiempo estándar de la estación TAB-038, elaboración propia (2024).

TAB-039		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Colocar bridas en contras	40.65	15.00	2.71	95%	2.57	0.39	2.96
2	Tomar arnes y rutear	173.23	15.00	11.55	95%	10.97	1.65	12.62
3	Fijar CL_1287	83.74	15.00	5.58	95%	5.30	0.80	6.10
4	Fijar CL_1288	83.74	15.00	5.58	95%	5.30	0.80	6.10
5	Encintar tramada	604.97	15.00	40.33	95%	38.31	5.75	44.06
6	Desmontar y poner en riel	67.44	15.00	4.50	95%	4.27	0.64	4.91
							Total	76.75

Tabla 13. Cálculo de tiempo estándar de la estación TAB-039, elaboración propia (2024).

TAB-040		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificacion de actuacion	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Escanear arnes	67.21	15.00	4.48	95%	4.26	0.64	4.90
2	Rutear antenas	116.12	15.00	7.74	95%	7.35	1.10	8.46
3	Pegar etiqueta a antenas	84.09	15.00	5.61	95%	5.33	0.80	6.12
4	Rutear arnes	152.21	15.00	10.15	95%	9.64	1.45	11.09
5	Colocar pieza YS43006	151.27	15.00	10.08	95%	9.58	1.44	11.02
6	Rutear resto de arnes	82.18	15.00	5.48	95%	5.20	0.78	5.99
7	Encintar (628 mm)	266.72	15.00	17.78	95%	16.89	2.53	19.43
8	Desmontar y poner en riel	75.95	15.00	5.06	95%	4.81	0.72	5.53
							Total	72.52

Tabla 14. Cálculo de tiempo estándar de la estación TAB-040, elaboración propia (2024).

TAB-041		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificacion de actuacion	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Colocar bridas en contra (2 RG00600)	49.10	15.00	3.27	95%	3.11	0.47	3.58
2	Colocar bridas en contra (4 RG02506)	88.90	15.00	5.93	95%	5.63	0.84	6.47
3	Escanear etiqueta	87.99	15.00	5.87	95%	5.57	0.84	6.41
4	Pasar bolsa	41.18	15.00	2.75	95%	2.61	0.39	3.00
5	Rutear arnes	109.01	15.00	7.27	95%	6.90	1.04	7.94
6	Colocar RT37804 (tuerca expandible)	61.42	15.00	4.09	95%	3.89	0.58	4.47
7	Colocar RT03004 (tuerca expandible)	64.15	15.00	4.28	95%	4.06	0.61	4.67
8	Fijar con cinta YS43006	76.26	15.00	5.08	95%	4.83	0.72	5.55
9	Fijar CL_1207	92.83	15.00	6.19	95%	5.88	0.88	6.76
10	Fijar CL_1206	74.37	15.00	4.96	95%	4.71	0.71	5.42
11	Fijar CL_1205	72.65	15.00	4.84	95%	4.60	0.69	5.29
12	Fijar CL_1292	79.46	15.00	5.30	95%	5.03	0.75	5.79
13	Fijar CL_1202	82.80	15.00	5.52	95%	5.24	0.79	6.03
14	Fijar CL_1200	72.66	15.00	4.84	95%	4.60	0.69	5.29
15	Desmontar	46.67	15.00	3.11	95%	2.96	0.44	3.40
							Total	80.08

Tabla 15. Cálculo de tiempo estándar de la estación TAB-041, elaboración propia (2024).

TAB-042		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificacion de actuacion	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Colocar bridas	65.95	15.00	4.40	95%	4.18	0.63	4.80
2	Colgar bolsa	50.97	15.00	3.40	95%	3.23	0.48	3.71
3	Rutear arnes	93.04	15.00	6.20	95%	5.89	0.88	6.78
4	Encintar tramada (379 mm)	169.79	15.00	11.32	95%	10.75	1.61	12.37
5	Fijar CL_2000	75.37	15.00	5.02	95%	4.77	0.72	5.49
6	Fijar CL_1299	75.37	15.00	5.02	95%	4.77	0.72	5.49
7	Fijar CL_1264	75.37	15.00	5.02	95%	4.77	0.72	5.49
8	Fijar CL_1258	75.37	15.00	5.02	95%	4.77	0.72	5.49
9	Fijar CL_1257	75.37	15.00	5.02	95%	4.77	0.72	5.49
10	Desmontar y colgar en riel	57.45	15.00	3.83	95%	3.64	0.55	4.18
							Total	59.29

Tabla 16. Cálculo de tiempo estándar de la estación TAB-042, elaboración propia (2024).

TAB-043		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificacion de actuacion	Tiempo Normal	Suplemento 15%	Tiempo Estandar
N°	Elementos							
1	Escanear etiqueta	55.02	15.00	3.67	95%	3.48	0.52	4.01
2	Desenredar tramada	175.75	15.00	11.72	95%	11.13	1.67	12.80
3	Hacer aro	213.88	15.00	14.26	95%	13.55	2.03	15.58
4	Meter en bolsa y subir a riel	161.42	15.00	10.76	95%	10.22	1.53	11.76
							Total	44.14

Tabla 17. Cálculo de tiempo estándar de la estación TAB-043, elaboración propia (2024).

Con el análisis de la situación actual de la línea de tableros de la célula de producción TPD, se procedió a examinar los datos recopilados mediante la herramienta Yamazumi. Este proceso permitió identificar oportunidades de mejora.

### 3.4 ANÁLISIS CON LA HERRAMIENTA YAMAZUMI

El diagrama Yamazumi, es una representación visual de columnas apiladas que reflejan el tiempo dedicado por cada operario a realizar sus actividades, es una herramienta que facilita la comprensión del proceso productivo. Este diagrama no solo proporciona una visión clara y detallada de la distribución del tiempo entre los operarios, sino que también sirve como una herramienta analítica para identificar y abordar oportunidades de mejora.

El diagrama Yamazumi emerge como una herramienta esencial para la evaluación de la situación actual en la línea de subensamble de la célula de producción TPD. Esta proporciona una representación visual detallada, de manera que facilita la comprensión de la distribución de las cargas de trabajo entre los operarios. También permite identificar los diversos tipos de desperdicio presentes en el proceso.

En la creación de este diagrama, se ha optado por una clasificación mediante tres colores distintos, esto con el propósito de diferenciar claramente las diferentes actividades y destacar aquellas que aportan un valor significativo al proceso. Como resultado este enfoque de colores facilita una comprensión de la distribución de las tareas, contribuyendo para la toma de decisiones para mejorar la eficiencia y reducir desperdicios en el proceso productivo.

La clasificación de estos colores es la siguiente:

COLOR	TIPO DE ACTIVIDAD	DEFINICIÓN
	Add value	Son actividades que agregan valor al producto y por las que el cliente está dispuesto a pagar.
	But need	Son actividades que no agregan valor al producto, pero las necesitamos para el proceso.
	Not add	Son actividades que no agregan valor al producto ni se necesitan para el proceso, por lo tanto, pueden ser eliminadas.

Tabla 18. Clasificación de colores en el diagrama Yamazumi. Elaboración propia (2024).

Asimismo, en la tabla 19 se desglosan todas las actividades que componen el proceso de subensamble en la línea de tableros de la tramada en la célula de producción TPD. La figura incorpora la escala Yamazumi para cada actividad. Las actividades están seccionadas por estación o puesto de trabajo.

La barra en la escala Yamazumi no refleja la duración temporal de cada actividad; más bien, sirve como indicador del valor que cada actividad aporta al producto.

Tabla 19. Actividades del proceso con la escala Yamazumi. Elaboración propia (2024).

Tablero	Actividades	Yamazumi
TAB-032	Tomar tramada y rutear	but need
TAB-032	Encintar tramada	Add value
TAB-032	Fijar CL_3263	Add value
TAB-032	Desmontar tramada y poner en riel	but need
TAB-033	Colocar bridas en contras	but need
TAB-033	Tomar tramada y rutear	but need

Tablero	Actividades	Yamazumi
TAB-033	Encintar tramada	Add value
TAB-033	Fijar CL_3283	Add value
TAB-033	Fijar CL_3282	Add value
TAB-033	Fijar CL_3281	Add value
TAB-033	Desmontar tramada y poner en riel	but need
TAB-038	Tomar tramada y rutear	but need
TAB-038	Encintar tramada	Add value
TAB-038	Fijar CL_3253	Add value
TAB-038	Fijar CL_3252	Add value
TAB-038	Desmontar tramada y poner en riel	but need
TAB-039	Colocar bridas en contras	but need
TAB-039	Tomar tramada y rutear	but need
TAB-039	Fijar CL_3287	Add value
TAB-039	Fijar CL_3288	Add value
TAB-039	Encintar tramada	Add value
TAB-039	Desmontar tramada y poner en riel	but need
TAB-040	Escanear etiqueta de tramada	but need
TAB-040	Rutear antenas	but need
TAB-040	Pegar etiqueta a antenas	Add value
TAB-040	Rutear tramada	but need

Tablero	Actividades	Yamazumi
TAB-040	Colocar pieza YX43006	Add value
TAB-040	Rutear resto de tramada	but need
TAB-040	Encintar (628 mm)	Add value
TAB-040	Desmontar tramada y poner en riel	but need
TAB-041	Colocar bridas en contra (2 RX00600)	but need
TAB-041	Colocar bridas en contra (4 RX02506)	but need
TAB-041	Escanear etiqueta	Not add
TAB-041	Pasar bolsa	but need
TAB-041	Rutear tramada	but need
TAB-041	Colocar RX37804 (tuerca expandible)	Add value
TAB-041	Colocar RX03004 (tuerca expandible)	Add value
TAB-041	Fijar con cinta YX43006	Add value
TAB-041	Fijar CL_3207	Add value
TAB-041	Fijar CL_3206	Add value
TAB-041	Fijar CL_3205	Add value
TAB-041	Fijar CL_3292	Add value
TAB-041	Fijar CL_3202	Add value
TAB-041	Fijar CL_3200	Add value
TAB-041	Desmontar tramada	but need
TAB-042	Colocar bridas	but need

Tablero	Actividades	Yamazumi
TAB-042	Colgar bolsa	but need
TAB-042	Rutear tramada	but need
TAB-042	Encintar tramada (379 mm)	Add value
TAB-042	Fijar CL_4000	Add value
TAB-042	Fijar CL_3299	Add value
TAB-042	Fijar CL_3264	Add value
TAB-042	Fijar CL_3258	Add value
TAB-042	Fijar CL_3257	Add value
TAB-042	Desmontar tramada y colgar en riel	but need
TAB-043	Escanear etiqueta	but need
TAB-043	Desenredar tramada	but need
TAB-043	Hacer aro	but need
TAB-043	Meter en bolsa y subir a riel	but need

Como se puede observar en la tabla 19 en el desglosé de todas las actividades que conforman el proceso de subensamble de la tramada de la célula de producción TPD, existen varias actividades como rutear tramada, colocar bridas y desmontar, estas actividades no agregan valor al producto más sin embargo se necesitan para cumplir con el proceso por lo que no pueden ser eliminadas.

Para determinar el ritmo de trabajo que deben mantener los operarios en sus respectivos puestos de trabajo y tener una visión clara del tiempo necesario para completar un producto, se recurre al cálculo del takt time. Este parámetro se establece en función de la demanda del cliente y el tiempo disponible de producción. El takt time proporciona una

referencia esencial, el cual indica el intervalo de tiempo en el cual se debe producir un producto para satisfacer la demanda del cliente en tiempo y forma.

Hay que mencionar que en la línea de tableros de la célula de producción TPD y el desarrollo de este libro se toma en cuenta que, para satisfacer la demanda del cliente, el proceso se realiza durante dos turnos, sumando un tiempo total de producción de 17.5 horas o, equivalentemente, 1,050 minutos al día, 5 días laborales a la semana y 4 semanas al mes, por tanto, la demanda del cliente será de 40 piezas por hora, por consiguiente, calculáremos el takt time con la siguiente fórmula:

$$TT = \frac{\textit{Tiempo disponible de producción}}{\textit{Demanda del cliente}}$$

Sustituyendo los valores en la fórmula tenemos que:

$$TT = \frac{60 \textit{ minutos}}{40 \textit{ piezas}} = 1.5 \textit{ minutos}$$

En consecuencia, el Takt Time (TT) se establece en 1.5 minutos, lo que implica que cada pieza debe producirse en un lapso de 1.5 minutos. Sin embargo, dado que la toma de tiempos se efectuó en segundos, procederemos a convertir este tiempo, resultando en un Takt Time de 90 segundos. Esta precisión en la medición del tiempo es esencial para asegurar que la producción en la célula TPD se alinee de manera óptima con las necesidades y expectativas del cliente.

Con el Takt Time de la célula definido, se procede a graficar las actividades de todas las estaciones de trabajo que conforman el proceso de elaboración de la tramada en la línea de tableros de la célula de producción TPD. Las actividades de cada operario se apilan para formar columnas que representan visualmente los tiempos con valor agregado y sin valor. Esta representación gráfica ofrece una visión clara de la distribución de las tareas que conforman el proceso de subensamble, permitiendo identificar eficientemente tanto los momentos de productividad como las posibles áreas de mejora.

En la figura 9, se presenta un gráfico que compara todas las estaciones de trabajo con el objetivo de visualizar la distribución de las actividades y la carga de trabajo asignada

a cada operador. Este gráfico ha sido elaborado utilizando la herramienta Yamazumi con el propósito específico de visualizar el valor de las actividades realizadas. La intención es identificar oportunidades de mejora que contribuyan a optimizar la eficiencia en la línea de tableros de la célula de producción TPD. La representación gráfica facilita una evaluación de las operaciones en cada estación, proporcionando una base visual para la toma de decisiones y la implementación de mejoras en el proceso productivo.

Como se evidencia en la figura 9, las cargas de trabajo presentan una distribución desigual, donde algunos operarios requieren más tiempo para completar sus actividades en comparación con otros. Por ejemplo, la estación más demandante es el TAB-041, con un tiempo total de 80.41 segundos, mientras que la última estación el TAB-043 tiene un tiempo total de 44.79 segundos, notándose una significativa diferencia en esfuerzo y tiempo productivo entre estas dos estaciones. Esta variabilidad resalta la necesidad de una revisión en la distribución de actividades para lograr una asignación más equitativa de la carga de trabajo y, por ende, mejorar la eficiencia en la línea de tableros de la célula de producción TPD.

La gráfica revela que los tiempos en todos los puestos de trabajo están por debajo del Takt Time, indicando que la línea tiene una capacidad mayor a la producción actual. Este hallazgo sugiere que existe margen para aumentar la carga de trabajo en cada estación sin exceder la capacidad de la línea. Esta capacidad representa una oportunidad para optimizar la eficiencia en la línea de tableros de la célula de producción TPD.

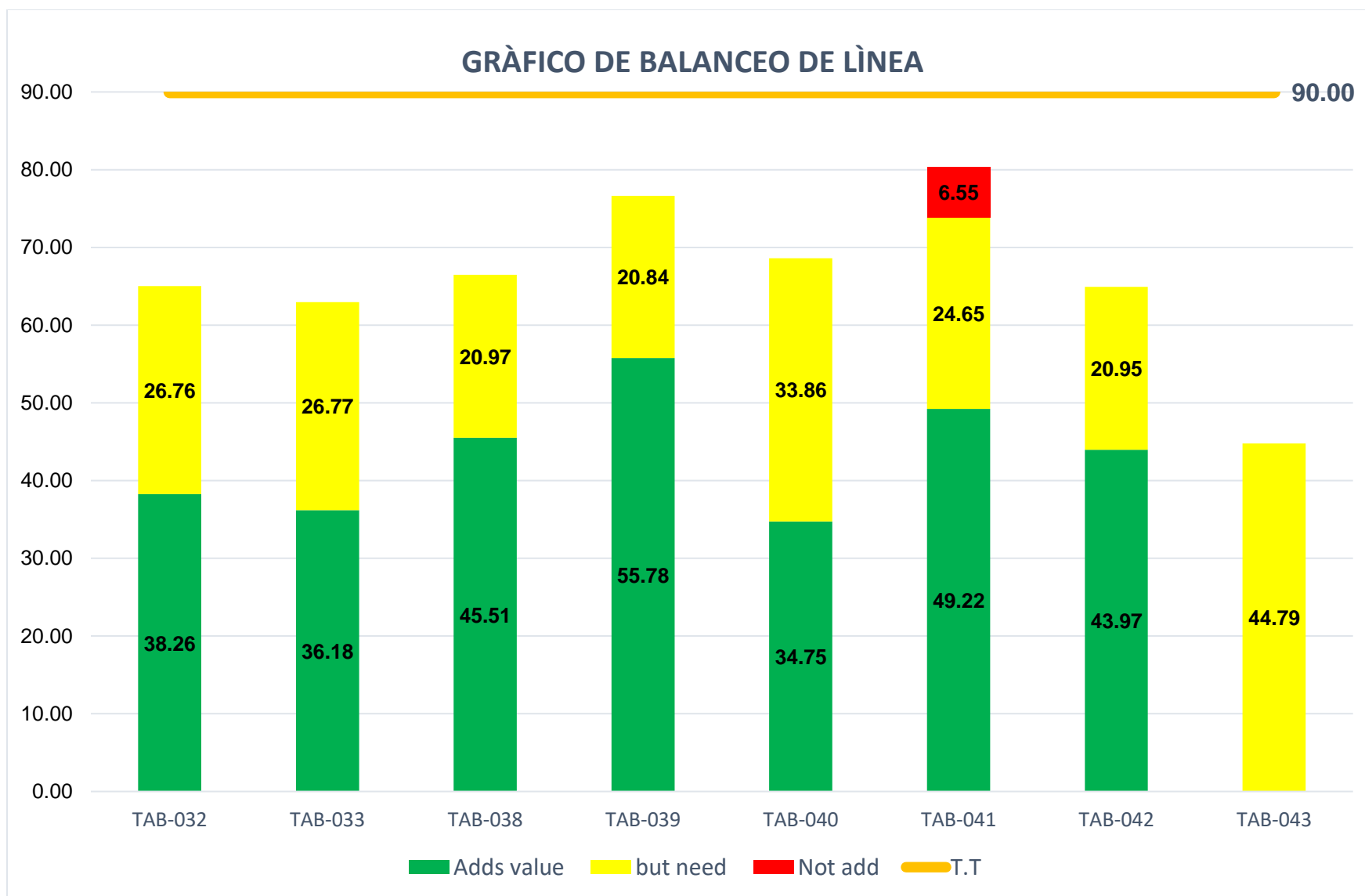


Figura 9. Diagrama Yamazumi de la línea de tableros de la célula TPD. Elaboración propia (2024).

## CAPITULO 4 RESULTADOS

### 4.1 MEJORAS AL PROCESO DE SUBENSAMBLE

Como se puede ver en la figura 9 del diagrama Yamazumi destaca una actividad que no aporta valor al producto, convirtiéndose en una actividad innecesaria en el proceso de subensamble de la tramada de piloto derecho. Continuar con esta actividad no proporciona ningún beneficio al producto final. Debido a la obsolescencia de la producción de otra variante de la tramada de piloto derecho, conocida como EUROPA, ha desencadenado la inutilidad de esta actividad.

El escaneo, que originalmente distinguía entre la variante de serie (que aún se fabrica) y la variante EUROPA (ahora obsoleta), se volvió obsoleto al eliminar la producción de esta última. En consecuencia, esta actividad ya no aporta valor y puede ser eliminada para optimizar el proceso en la línea de tableros de la célula de producción TPD.

En la ilustración 11 se muestra una imagen ilustrativa al escaneo descrito que se realiza en la estación TAB-041.

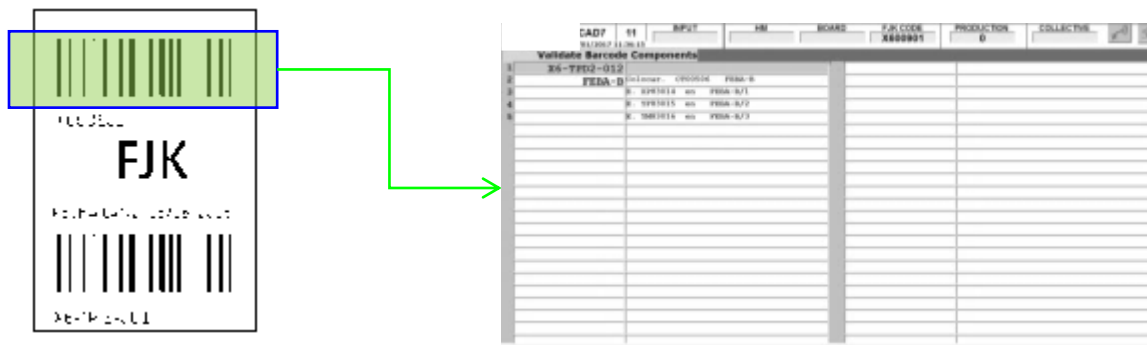


Ilustración 11. Referencia de escaneo de la estación TAB-041



En una segunda fase, nos enfocamos en la optimización de otro escaneo en el proceso, específicamente en la estación TAB-040. Este escaneo se encarga de leer la referencia que figura en la etiqueta (véase ilustración 13). Una vez escaneada, la pantalla de la estación presenta la variante a fabricar. Es de vital importancia verificar que la variante mostrada en la pantalla coincida con la que se está fabricando. El operador asume la responsabilidad de garantizar que las antenas que aparecen en la pantalla, según la variante a fabricar, sean idénticas a las antenas que conforman la tramada de piloto derecho.

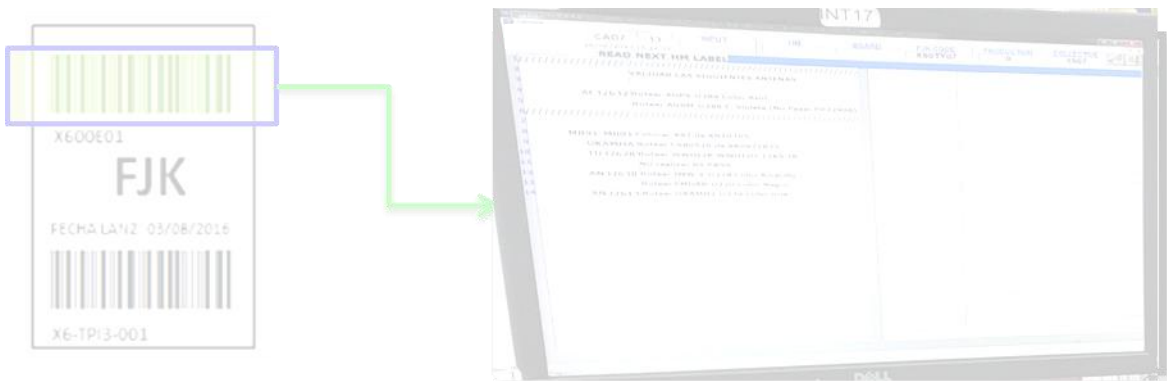


Ilustración 13. Referencia de escaneo en TAB-040 (por cuestiones de seguridad se está manejando la distorsión en la imagen)

En este punto, el operador realiza el escaneo de las referencias de las antenas correspondientes, las cuales se muestran en la ilustración 14, asegurando así la presencia de las antenas conforme a la variante establecida.



Ilustración 14. Referencias de antenas en TAB-040 (por cuestiones de seguridad se está manejando la distorsión en la imagen)

Para recalcar se observó que el operador dedicaba tiempo a la búsqueda de las referencias de las antenas correspondientes a la variante para su escaneo. Anteriormente, la pantalla se ilustraba como se puede observar en la ilustración 13, lo que generaba pérdida de tiempo al buscar las antenas específicas.

Debido a esto como medida correctiva, se implementó un rediseño en la ayuda visual de la pantalla. Dado que las antenas se distinguen por colores específicos, se optó por iluminar las filas correspondientes en la pantalla según el color característico de cada antena. Esta modificación simplifica el proceso para el operador, ya que, al observar la pantalla, de este modo los colores de las antenas están resaltados, eliminando la necesidad de escanear las referencias de las antenas. Ahora, la validación de la presencia de las antenas se realiza de manera visual con el apoyo de la ayuda proyectada en la pantalla (véase ilustración 15).

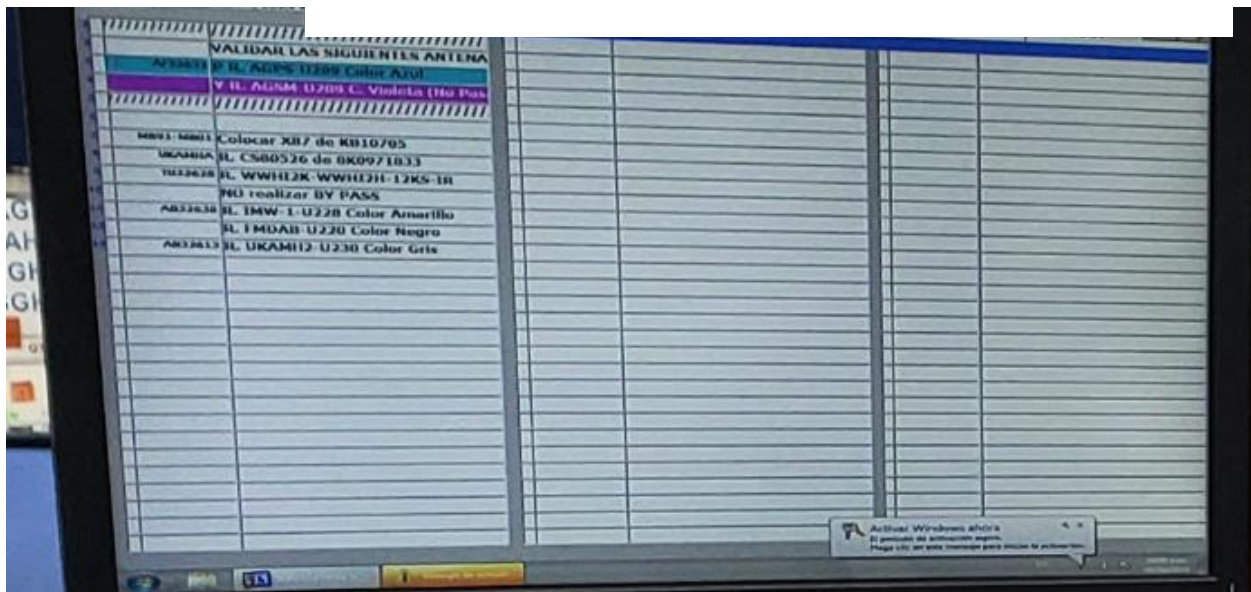


Ilustración 15. Implementación de mejora en TAB-040

## 4.2 BALANCEO DE LÍNEA

Por consiguiente, una vez completado el diagnóstico de la situación actual y realizado un análisis a través de la herramienta Yamazumi, se implementaron mejoras significativas en el proceso productivo. Por lo tanto, el siguiente paso crucial consiste en analizar detalladamente las diversas actividades con el objetivo de llevar a cabo un balanceo de línea. Esta estrategia se orienta a lograr una distribución equitativa de las tareas, buscando así maximizar la eficiencia en la línea de tableros de la célula de producción TPD.

Con esta herramienta y basándonos en el diagnóstico obtenido, la meta es eliminar el último puesto de trabajo, una estrategia que busca optimizar la distribución de las tareas y mejorar la eficiencia en la línea de producción.

### ➤ Determinación del número de operadores

En el cálculo de operadores, se llevó a cabo la evaluación de toda la línea de producción de tableros en la célula TPD. En la tabla 20 se presentan los tiempos estándar asociados a cada tablero o puesto de trabajo, así como el total correspondiente a la línea de producción.

Tablero	Tiempo Estándar	Takt Time
TAB-032	65.02	90
TAB-033	62.96	90
TAB-038	66.48	90
TAB-039	76.62	90
TAB-040	68.61	90
TAB0-41	73.86	90
TAB-042	64.92	90
TAB-043	44.79	90
TOTAL	523.25	

Tabla 20. Tiempos estándar de la línea de tableros de la célula TPD. Elaboración propia (2024)

Debido a que la empresa ha establecido un valor específico para la eficiencia, fijándolo en el 95%. En consecuencia, al calcular el número de operadores, se empleará este porcentaje como valor de la eficiencia.

Por lo tanto, para calcular el número de operadores se aplicarán las siguientes formulas:

$$IP = \frac{\textit{Unidades a fabricar}}{\textit{Tiempo disponible de un operador}}$$

$$NO = \frac{TE \times IP}{E}$$

Donde:

IP = Índice de Producción.

NO = Número de Operadores para la línea

TE = Tiempo Estándar de la operación.

E = Eficiencia Planeada.

Sustituyendo los valores:

Unidades que fabricar = 40 piezas.

Tiempo disponible de un operador = 3600 segundos.

TE = 523.25 segundos.

E = 95%.

$$IP = \frac{40}{3600} = 0.011$$

De este modo el número de operadores teóricos para la línea de subensamble será:

$$NO = \frac{523.25 \times 0.011}{95\%} = 6.20$$

No obstante, en la línea de subensamble, no es posible contar con fracciones de operadores, por lo que se procede a redondear al número inmediato superior. En consecuencia, el número de operadores reales se ajusta a 7 operadores.

La consideración de reajustar los tiempos para minimizar los tiempos muertos se ha evaluado en profundidad. Sin embargo, debido a limitaciones operativas, como la imposibilidad de que los operadores se desplacen entre estaciones o tableros de trabajo, así como las restricciones de los diseños de los tableros y al proceso mismo, no es factible eliminar por completo los tiempos muertos. A pesar de este desafío, el enfoque se centra en optimizar los tiempos dentro de las restricciones existentes, buscando mejorar el nivel de eficiencia en la línea de subensamble de la célula de producción TPD.

➤ Minimización del número de estaciones de trabajo

Como sabemos, la línea de subensamble de tableros en la célula de producción TPD cuenta actualmente con 8 estaciones de trabajo y 8 operadores. Sin embargo, según el análisis previo, se propone reducir el personal a 7 operadores. Para lograr una adecuación coherente, se plantea la necesidad de disminuir también el número de estaciones de trabajo.

Como propuesta estratégica, se contempla la eliminación de la última estación de trabajo en la línea de subensamble de la célula de producción TPD. La justificación de esta propuesta radica en que, al ser la última estación, las actividades en este punto no tienen dependencias inmediatas y al presentar el menor tiempo de trabajo de la línea de subensamble, se vuelve más factible de eliminar sin afectar significativamente la eficiencia del proceso.

Por lo tanto, este proceso de reducción se llevará a cabo con el respaldo del diagrama de precedencia, medio por el cual se analizó la factibilidad de esta propuesta, permitiendo así una reorganización estructurada y eficiente en la distribución de tareas en la línea de subensamble.

Este diagrama de precedencia desempeñará un papel fundamental al establecer un número limitado de secuencias, mejorar la asignación de recursos y simplificar el proceso

de producción. Al centrarse en las actividades que agregan valor al producto y definir claramente la secuencia en la cual deben llevarse a cabo, proporcionando una guía precisa para optimizar la eficiencia del subensamble en la línea de tableros de la célula de producción TPD.

Por consiguiente, en la tabla 21 se presentan todas las actividades que conforma el proceso de subensamble, a las cuales se les ha asignado una letra para su identificación en la elaboración del diagrama de precedencia. Sin embargo, es importante destacar que en la elaboración de dicho diagrama se consideran únicamente las actividades que aportan valor al producto. Las actividades marcadas en color amarillo han sido omitidas en el diagrama, ya que en las primeras 7 estaciones se realizan estas actividades al inicio y al final de las operaciones en cada estación de trabajo, por lo que se generalizara en un ruteo de tramada al inicio de operaciones y una actividad de desmontar la tramada, esto con la finalidad de obtener un análisis más preciso en la determinación de la precedencia de las actividades para el proceso de subensamble.

ASIGNACIÓN	TAREAS	TIEMPO	PRECEDENCIA
A	Tomar tramada y rutear	19.02	-
B	Encintar tramada	28.98	A
C	Fijar CL_3263	9.28	B
D	Desmontar tramada y poner en riel	7.73	-
E	Colocar bridas en contras	4.78	-
F	Tomar tramada y rutear	14.62	-
G	Encintar tramada	15.97	A
H	Fijar CL_3283	6.94	G, E
I	Fijar CL_3282	6.58	G, E

ASIGNACIÓN	TAREAS	TIEMPO	PRECEDENCIA
J	Fijar CL_3281	6.68	G, E
K	Desmontar tramada y poner en riel	7.38	-
L	Tomar tramada y rutear	15.77	-
M	Encintar tramada	30.00	A
N	Fijar CL_3253	7.76	M
O	Fijar CL_3252	7.76	M
P	Desmontar tramada y poner en riel	5.19	-
Q	Colocar bridas en contras	3.47	-
R	Tomar tramada y rutear	12.34	-
S	Fijar CL_3287	6.71	M, Q
T	Fijar CL_3288	6.71	M, Q
U	Encintar tramada	42.37	A
V	Desmontar tramada y poner en riel	5.04	-
W	Escanear etiqueta de tramada	4.43	-
X	Rutear antenas	8.38	-
Y	Pegar etiqueta a antenas	6.40	X
Z	Rutear tramada	10.66	-
AA	Colocar pieza YX43006	10.90	U
AB	Rutear resto de tramada	4.88	-
AC	Encintar tramada (628 mm)	17.45	A
AD	Desmontar tramada y poner en riel	5.52	-

ASIGNACIÓN	TAREAS	TIEMPO	PRECEDENCIA
AE	Colocar bridas en contra (2 RX00600)	3.55	-
AF	Colocar bridas en contra (4 RX02506)	6.52	-
AG	Pasar bolsa	2.93	-
AH	Rutear tramada	8.29	-
AI	Colocar RX37804 (tuerca expandible)	4.16	G
AJ	Colocar RX03004 (tuerca expandible)	4.70	G
AK	Fijar con cinta la pieza YX43006	5.54	AA
AL	Fijar CL_3207	6.91	AC
AM	Fijar CL_3206	5.44	AC
AN	Fijar CL_3205	5.36	AC
AO	Fijar CL_3292	5.73	AC
AP	Fijar CL_3202	6.02	AC
AQ	Fijar CL_3200	5.36	AC
AR	Desmontar tramada	3.36	-
AS	Colocar bridas	5.42	-
AT	Colgar bolsa	3.85	-
AU	Rutear tramada	7.44	-
AV	Encintar tramada (379 mm)	14.23	A

ASIGNACIÓN	TAREAS	TIEMPO	PRECEDENCIA
AW	Fijar CL_4000	5.95	AV
AX	Fijar CL_3299	5.95	AV
AY	Fijar CL_3264	5.95	B
AZ	Fijar CL_3258	5.95	B
BA	Fijar CL_3257	5.95	B
BB	Desmontar tramada y colgar en riel	4.25	-
BC	Escanear etiqueta	4.71	W
BD	Desenredar tramada	11.47	BB
BE	Hacer aro la tramada	16.02	BD
BF	Meter aro en bolsa y subir a riel	12.59	BE

Tabla 21. Actividades de la línea de tableros de la célula de producción TPD y su precedencia. Elaboración propia (2024).

Como resultado de los datos de la tabla anterior se procedió a realizar el diagrama de precedencia para obtener la secuencialidad de las actividades para posteriormente poder analizarlas, este diagrama se presenta en la figura 10.

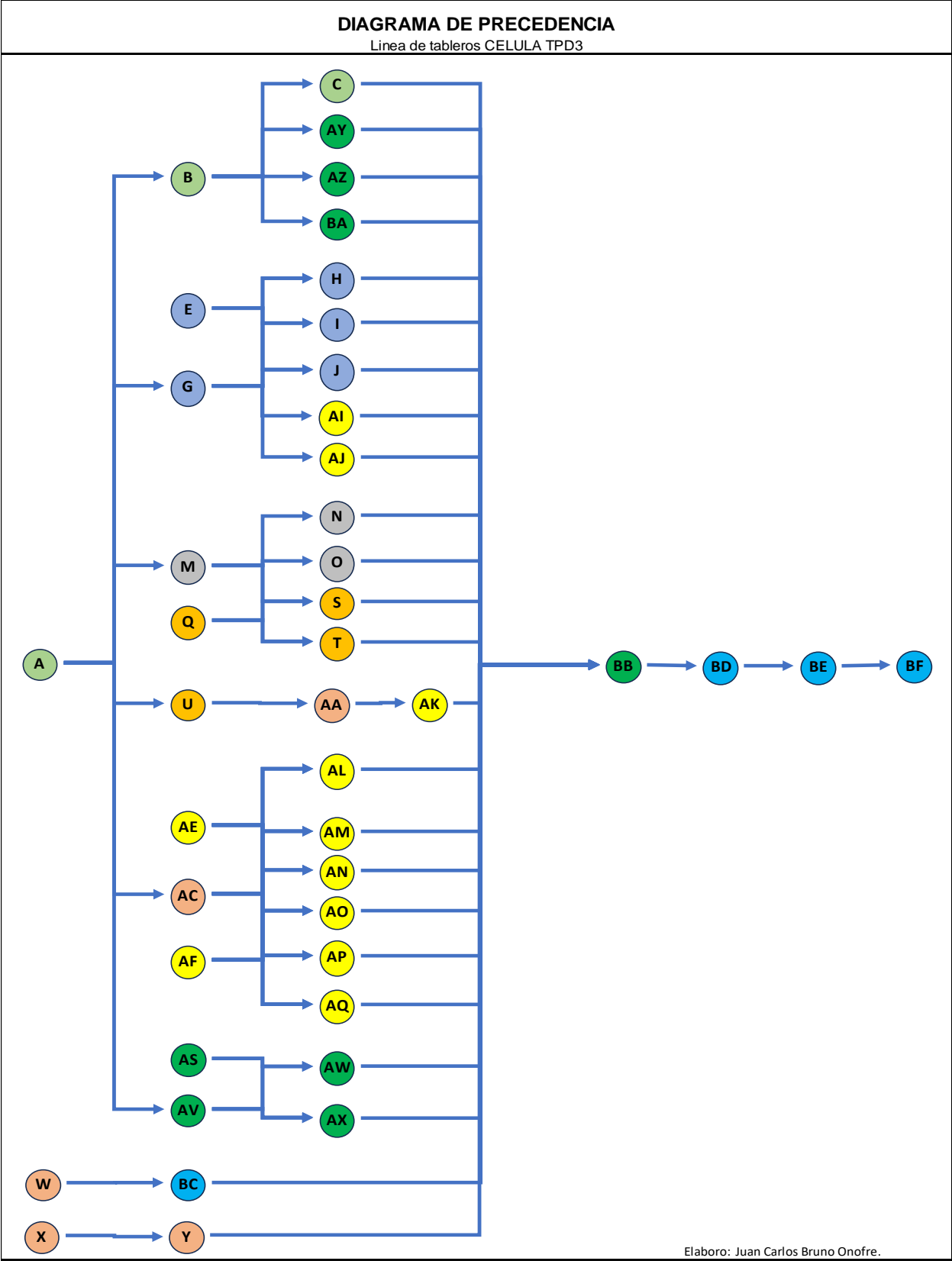


Figura 10. Diagrama de precedencia de la línea de tableros de la célula TPD. Elaboración propia (2024)

Por lo tanto, a partir de la información recopilada del proceso de subensamble de la célula TPD se ha desarrollado el diagrama de precedencia, como se muestra en la figura 10. Por lo tanto, en este diagrama, cada actividad se muestra en relación con las demás, identificando claramente las dependencias entre ellas.

Además, la información de la figura 10 presenta las secuencias entre las actividades, permitiendo su análisis para una redistribución estratégica, ya que, al optimizar la secuencia de tareas, se busca la consolidación de funciones y la reducción de 8 puestos de trabajo a 7.

Este enfoque no solo apunta al mejoramiento de la eficiencia en la ejecución de las actividades, sino que también tiene el potencial de generar beneficios económicos significativos para la empresa. En cuanto a la optimización de este proceso operativo, respaldada por la información proporcionada de los análisis, se traducirá en una mejora en la asignación de recursos y, por ende, en una mayor rentabilidad para la línea de tableros de subensamble de la célula de producción TPD.

Por otro lado, la redistribución de actividades en la línea de subensamble de la célula de producción TPD fue un proceso minucioso que considero no solo el diagrama de precedencia de las actividades, sino también el diseño específico de los tableros en cada estación de trabajo. La complejidad del proceso se vio señalada por la necesidad de mantener la calidad del producto final.

Es importante señalar que el diagrama de precedencia, fue una herramienta fundamental en este proceso de optimización. Sin embargo, es importante destacar que las decisiones tomadas no solo se basaron en las dependencias de las actividades, sino también en la estructura física y el diseño de los tableros de cada estación de trabajo.

En relación con la reasignación de actividades a puestos de trabajo específicos se llevó a cabo con precaución para evitar comprometer la calidad del producto. En algunos casos, ciertas actividades no se asignaron a determinados puestos debido a restricciones en el diseño del tablero o porque representaban un riesgo potencial para la integridad del producto final.

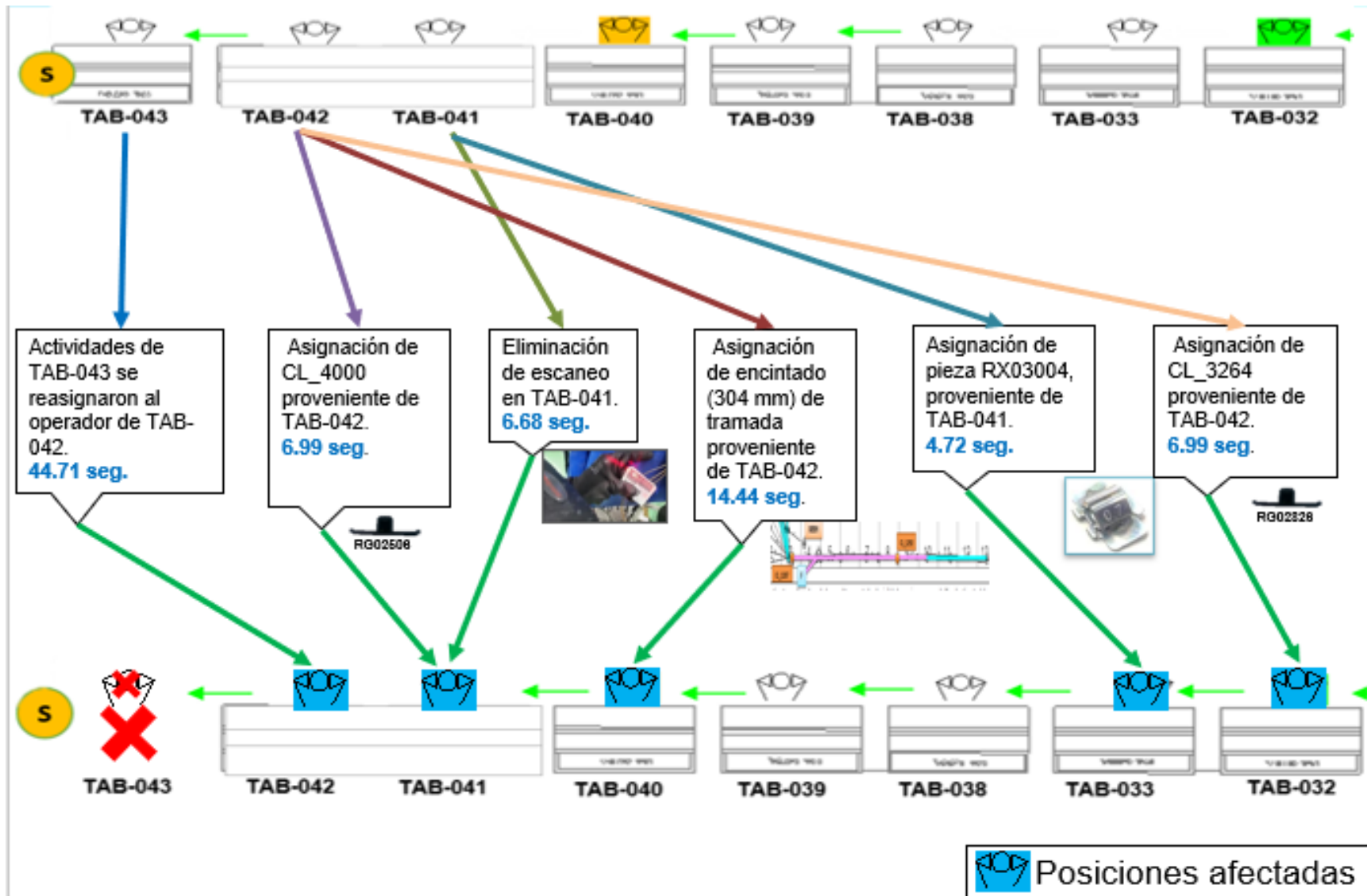


Figura 11. Reasignación de actividades de la línea de tableros de la célula TPD. Elaboración propia (2024).

Dicho lo anterior en la figura 11 se detallan las actividades que han sido reasignadas a distintas estaciones de trabajo como resultado de la redistribución planificada. Este proceso de reorganización se llevó a cabo con el respaldo del diagrama de precedencia y las limitaciones antes mencionadas. Es crucial señalar que únicamente las actividades identificadas en la figura 11 fueron objeto de redistribución; las demás actividades, definidas de cada estación de trabajo, se mantuvieron sin cambios.

Como se puede observar en la figura 11 se han realizado 6 reasignaciones tomando en cuenta todas las actividades pertenecientes a la estación TAB-043, abarcando 5 estaciones afectadas con esta redistribución de actividades, culminando con la eliminación de la estación TAB-043. Este ajuste ha resultado en la optimización de tener 7 operadores y 7 estaciones de trabajo, mejorando la eficiencia de la línea de tableros de subensamble de la célula de producción TPD.

En concreto este ajuste no solo permite reducir los costos de producción, sino que también contribuye significativamente a mejorar la eficiencia de la línea de subensamble. Además, cabe destacar que las cargas de trabajo en las estaciones se mantienen consistentemente por debajo del Takt Time, indicando una distribución equilibrada de las actividades y asegurando que el proceso opere en sintonía con la demanda del cliente.

A continuación, en la figura 12, se presenta de manera grafica la distribución de cargas de trabajo pertenecientes a cada estación. Destaca la exitosa reducción de la carga de trabajo en la estación TAB-043 a cero, logrando así la eliminación de esta estación al no tener ninguna actividad asignada.

### GRAFICO DE BALANCEO DE LINEA



Figura 12. Gráfico del balance de línea de la línea de tableros de la célula TPD. Elaboración propia (2024)

A raíz de la redistribución de actividades se implementó la herramienta de diagrama de flujo de procesos para detallar el método propuesto y evaluar el impacto de tiempo en la redistribución de las actividades. En el apartado de resumen de los diagramas de la figura 13, se incluye tanto el tiempo del método actual de las estaciones como el método propuesto, tal y como se describe en el apartado de detalles del método propuesto de los diagramas. Además, se detalla la diferencia de actividades y tiempos entre el método actual y el propuesto.

Así mismo este diagrama fue instrumental en el estudio detallado de las operaciones, en el análisis del diagrama Yamazumi y, de manera crucial, para identificar oportunidades de mejora. Sirvió como una herramienta visual que proporciono en detalle las actividades de cada estación y ayudo a identificar áreas donde se podía optimizar la eficiencia y la asignación de recursos. Tras la reasignación de actividades, las estaciones han experimentado una transformación, tal y como se muestra en los diagramas de las figuras 13 a 19.

La siguiente tabla muestra cómo se clasifica cada actividad.






ACTIVIDAD	SÍMBOLO	RESULTADO PREDOMINANTE
Operación		Se produce o se realiza algo.
Transporte		Se cambia de lugar o se mueve un objeto.
Inspección		Se verifica la calidad o la cantidad del producto.
Demora		Se interfiere o se retrasa el paso siguiente.
Almacenaje		Se guarda o se protege el producto o los materiales.

Tabla 22. Simbología del diagrama de flujo de procesos. Tomado de (García Criollo, 2005)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS												
Resumen	PRESENTE		PROPUESTA		DIFERENCIA		Tarea	TRAMADA TPD3				
	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO						
● Operación	4	65.02	5	72.05	1	7.03	Operador	<input type="checkbox"/>	Material	<input type="checkbox"/>		
■ Inspección	-	-	-	-	-	-	Diagrama comienza:		TAB-032			
➔ Transporte	-	-	-	-	-	-	Diagrama termina:		TAB-032			
Ⓚ Demora	-	-	-	-	-	-						
▼ Almacenaje	-	-	-	-	-	-						
TOTAL		4	65.02	5	72.05	1	7.03	Elaborado por:		Juan Carlos Bruno Onofre		
										Fecha:		
No.	Detalles del metodo propuesto						Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Fecha:
1	Tomar arnes y rutear						●	■	➔	Ⓚ	▼	
2	Encintar tramada						●	■	➔	Ⓚ	▼	
3	Fijar CL_1263						●	■	➔	Ⓚ	▼	
4	Fijar CL_1264						●	■	➔	Ⓚ	▼	
5	Desmontar y poner en riel						●	■	➔	Ⓚ	▼	

Figura 13. Diagrama de flujo de proceso de TAB-032. Elaboración propia (2024)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS												
Resumen	PRESENTE		PROPUESTA		DIFERENCIA		Tarea	TRAMADA TPD3				
	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO						
● Operación	6	58.18	7	62.88	1	4.70	Operador	<input type="checkbox"/>	Material	<input type="checkbox"/>		
■ Inspección	-	-	-	-	-	-	Diagrama comienza:		TAB-033			
➔ Transporte	1	4.78	1	4.78	0	0.00	Diagrama termina:		TAB-033			
Ⓚ Demora	-	-	-	-	-	-						
▼ Almacenaje	-	-	-	-	-	-						
TOTAL		7	62.96	8	67.65	1	4.70	Elaborado por:		Juan Carlos Bruno Onofre		
										Fecha:		
No.	Detalles del metodo propuesto						Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Fecha:
1	Colocar bridas en contras						●	■	➔	Ⓚ	▼	
2	Tomar arnes y rutear						●	■	➔	Ⓚ	▼	
3	Encintar tramada						●	■	➔	Ⓚ	▼	
4	Fijar CL_1283						●	■	➔	Ⓚ	▼	
5	Fijar CL_1282						●	■	➔	Ⓚ	▼	
6	Fijar CL_1281						●	■	➔	Ⓚ	▼	
7	Colocar RT03004						●	■	➔	Ⓚ	▼	
8	Desmontar y poner en riel						●	■	➔	Ⓚ	▼	

Figura 14. Diagrama de flujo de proceso de TAB-033. Elaboración propia (2024)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS														
Resumen	PRESENTE		PROPUESTA		DIFERENCIA		Tarea	TRAMADA TPD3						
	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO								
● Operación	5	66.48	-	-	-	-	Operador	<input type="text"/>	Material	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
■ Inspeccion	-	-	-	-	-	-	Diagrama comienza:		TAB-038					
➔ Transporte	-	-	-	-	-	-	Diagrama termina:		TAB-038					
Ⓓ Demora	-	-	-	-	-	-								
▼ Almacenaje	-	-	-	-	-	-								
TOTAL		5	66.48	0	0.00	0	0.00	Elaborado por:		Juan Carlos Bruno Onofre				
										Fecha:				
No.	Detalles del metodo propuesto						Operación	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo (s)
1	Tomar arnes y ruter						●	■	➔	Ⓓ	▼			15.77
2	Encintar tramada						●	■	➔	Ⓓ	▼			30.00
3	Fijar CL_1253						●	■	➔	Ⓓ	▼			7.76
4	Fijar CL_1252						●	■	➔	Ⓓ	▼			7.76
5	Desmontar y poner en riel						●	■	➔	Ⓓ	▼			5.19

Figura 15. Diagrama de flujo de proceso de TAB-038. Elaboración propia (2024)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS														
Resumen	PRESENTE		PROPUESTA		DIFERENCIA		Tarea	TRAMADA TPD3						
	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO								
● Operación	5	73.16	-	-	-	-	Operador	<input type="text"/>	Material	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
■ Inspeccion	-	-	-	-	-	-	Diagrama comienza:		TAB-039					
➔ Transporte	1	3.47	-	-	-	-	Diagrama termina:		TAB-039					
Ⓓ Demora	-	-	-	-	-	-								
▼ Almacenaje	-	-	-	-	-	-								
TOTAL		6	76.62	0	0.00	0	0.00	Elaborado por:		Juan Carlos Bruno Onofre				
										Fecha:				
No.	Detalles del metodo propuesto						Operación	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo (s)
1	Colocar bridas en contras						●	■	➔	Ⓓ	▼			3.47
2	Tomar arnes y rutear						●	■	➔	Ⓓ	▼			12.34
3	Fijar CL_1287						●	■	➔	Ⓓ	▼			6.71
4	Fijar CL_1288						●	■	➔	Ⓓ	▼			6.71
5	Encintar tramada						●	■	➔	Ⓓ	▼			42.37
6	Desmontar y poner en riel						●	■	➔	Ⓓ	▼			5.04

Figura 16. Diagrama de flujo de proceso de TAB-039. Elaboración propia (2024)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS														
Resumen	PRESENTE		PROPUESTA		DIFERENCIA		Tarea	TRAMADA TPD3						
	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO								
● Operación	7	64.18	8	78.74	1	14.56	Operador		Material					
■ Inspeccion	1	4.43	1	4.43	0	0.00	Diagrama comienza:		TAB-040					
➔ Transporte	-	-	-	-	-	-	Diagrama termina:		TAB-040					
⌚ Demora	-	-	-	-	-	-	Elaborado por: Juan Carlos Bruno Onofre							
▼ Almacenaje	-	-	-	-	-	-	Fecha:							
TOTAL	8	68.61	9	83.17	1	14.56								
No.	Detalles del metodo propuesto						Operación	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo (s)
1	Escanear arnes						●	■	➔	⌚	▼			4.43
2	Rutear antenas						●	■	➔	⌚	▼			8.38
3	Pegar etiqueta a antenas						●	■	➔	⌚	▼			6.40
4	Rutear arnes						●	■	➔	⌚	▼			10.66
5	Colocar pieza YS43006						●	■	➔	⌚	▼			10.90
6	Rutear resto de arnes						●	■	➔	⌚	▼			4.88
7	Encintar (628 mm)						●	■	➔	⌚	▼			17.45
8	Encintar (379 mm)						●	■	➔	⌚	▼			14.56
9	Desmontar y poner en riel						●	■	➔	⌚	▼			5.52

Figura 17. Diagrama de flujo de proceso de TAB-040. Elaboración propia (2024)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS														
Resumen	PRESENTE		PROPUESTA		DIFERENCIA		Tarea	TRAMADA TPD3						
	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO								
● Operación	11	60.87	11	62.12	0	1.25	Operador		Material					
■ Inspeccion	1	6.55	0	0	-1	-6.55	Diagrama comienza:		TAB-041					
➔ Transporte	3	12.99	3	12.99	0	0.00	Diagrama termina:		TAB-041					
⌚ Demora	-	-	-	-	-	-	Elaborado por: Juan Carlos Bruno Onofre							
▼ Almacenaje	-	-	-	-	-	-	Fecha:							
TOTAL	15	80.41	14	75.12	-1	-5.30								
No.	Detalles del metodo propuesto						Operación	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo (s)
1	Colocar bridas en contra (RG00600)						●	■	➔	⌚	▼			3.55
2	Colocar bridas en contra (RG02506)						●	■	➔	⌚	▼			6.52
3	Pasar bolsa						●	■	➔	⌚	▼			2.93
4	Rutear tramada						●	■	➔	⌚	▼			8.29
5	Fijar con cinta YS43006						●	■	➔	⌚	▼			5.54
6	Colocar RT37804						●	■	➔	⌚	▼			4.16
7	Fijar CL_1207						●	■	➔	⌚	▼			6.91
8	Fijar CL_1206						●	■	➔	⌚	▼			5.44
9	Fijar CL_1205						●	■	➔	⌚	▼			5.36
10	Fijar CL_1292						●	■	➔	⌚	▼			5.73
11	Fijar CL_1202						●	■	➔	⌚	▼			6.02
12	Fijar CL_1200						●	■	➔	⌚	▼			5.36
13	Fijar CL_2000						●	■	➔	⌚	▼			5.95
14	Desmontar tramada						●	■	➔	⌚	▼			3.36

Figura 18. Diagrama de flujo de proceso de TAB-041. Elaboración propia (2024)

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS														
Resumen	PRESENTE		PROPUESTA		DIFERENCIA		Tarea	TRAMADA TPD3						
	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO								
● Operación	8	55.65	8	69.61	0	13.96	Operador		Material					
■ Inspeccion	0	0	1	4.71	1	4.71	Diagrama comienza:		TAB-042					
➔ Transporte	2	9.27	2	8.18	0	-1.08	Diagrama termina:		TAB-042					
⊖ Demora	-	-	-	-	-	-	Elaborado por: Juan Carlos Bruno Onofre							
▼ Almacenaje	-	-	-	-	-	-	Fecha:							
TOTAL		10	64.92	11	82.50	1	17.58							
No.	Detalles del metodo propuesto						Operación	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo (s)
1	Colocar bridas (4)						●	■	➔	⊖	▼			4.33
2	Colgar bolsa						●	■	➔	⊖	▼			3.85
3	Rutear arnes						●	■	➔	⊖	▼			7.44
4	Fijar CL_1299						●	■	➔	⊖	▼			5.95
5	Fijar CL_1258						●	■	➔	⊖	▼			5.95
6	Fijar CL_1257						●	■	➔	⊖	▼			5.95
7	Desmontar y colgar en riel						●	■	➔	⊖	▼			4.25
8	Escanear etiqueta						●	■	➔	⊖	▼			4.71
9	Desenredar tramada						●	■	➔	⊖	▼			11.47
10	Hacer aro						●	■	➔	⊖	▼			16.02
11	Meter en bolsa y subir a riel						●	■	➔	⊖	▼			12.59

Figura 19. Diagrama de flujo de proceso de TAB-042. Elaboración propia (2024)

Por lo tanto, una vez obtenida la aprobación y autorización del ingeniero a cargo de la línea de subensamble de la célula de producción TPD para la propuesta de mejora y la nueva distribución de actividades por estación de trabajo, se procedió a la actualización de los nuevos métodos operativos para cada puesto de trabajo. El objetivo principal fue estandarizar el proceso y proporcionar a los operarios una comprensión clara de las actividades que llevaría a cabo en sus jornadas laborales. A continuación, se detallan los métodos operativos que guiarán las operaciones redistribuidas en la línea de subensamble de la célula de producción TPD.

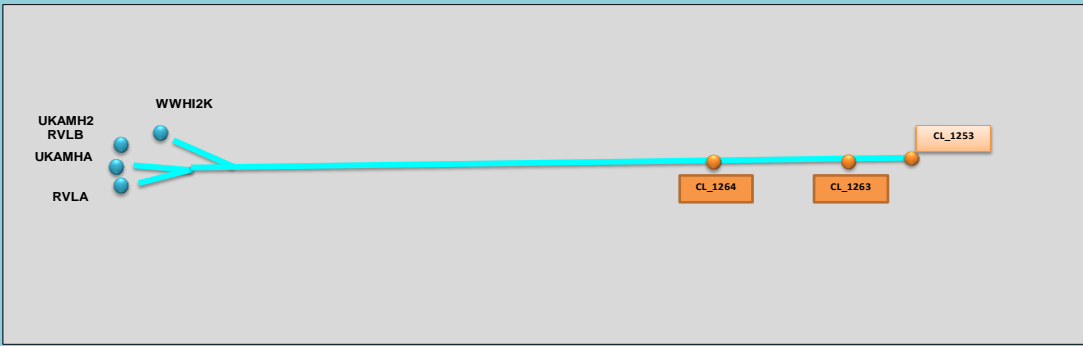


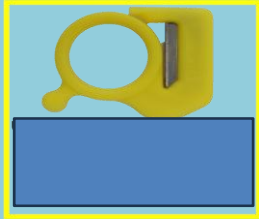


MÉTODO OPERATORIO				
REF. CLIENTE	NIVEL CLIENTE	SECC.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	
54NFG	14/01/2022	PILOTO DERECHO	<b>TAB-032</b>	
No.	DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA			
	<p><b>Posición 1- TAB-032</b></p> 			
1	<p>Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la op.sig.</p> 			
2	<p>Colocar en contra y rutear los subconjuntos cuando apliquen, encintar de acuerdo al tablero.</p> <p>WWHI2K UKAMH1 RVLB/ UKAMH2 UKAMHA RVLA</p>			
3	<p>Comenzar a encintar como indica el tablero</p>			
3a	<p>Colocar brida: CL_3263 RG01606 CL_3264 RG02826</p>			
4	<p>Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.</p>  			
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL		HERRAMIENTAS DE TRABAJO		
				
INGENIERÍA	MÉT. EDICIÓN	MÉT. REVISIÓN	PRODUCCIÓN	CALIDAD
Juan Carlos Bruno	06/10/2016	16/06/2023		

Ilustración 16. Método Operatorio TAB-032

MÉTODO OPERATORIO																																			
REF. CLIENTE	NIVEL CLIENTE	SECC.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN																																
54NFG	14/01/2022	PILOTO DERECHO	<b>TAB-033</b>																																
No.	DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA																																		
	<p><b>Posición 2- TAB-033</b></p>																																		
1	<p>Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la op. Sig., escanea la X en la etiqueta del subconjunto del proceso anterior para ver la variante a fabricar.</p>																																		
2	<p>Colocar en contra y rutear los subconjuntos cuando apliquen, encintar de acuerdo al tablero; usar bridas del proceso anterior como referencia.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"> <table border="1"> <tr><td>WWHi2</td><td>6</td></tr> <tr><td>WWHi2H</td><td>7</td></tr> </table> </td> <td style="width: 33%;"> <table border="1"> <tr><td>IMW_8_U265</td><td rowspan="5" style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>IMW_8_U266</td></tr> <tr><td>IMW_8_U270</td></tr> <tr><td>IMW_8_U267</td></tr> <tr><td>IMW_8_U268</td></tr> <tr><td>IMW_8_U269</td></tr> <tr><td>FMDAB_U219</td><td rowspan="4" style="text-align: center;">3</td></tr> <tr><td>FMDAB_U217</td></tr> <tr><td>FMDAB_U216</td></tr> <tr><td>FMDAB_U261</td></tr> <tr><td>FMDAB-U231</td><td rowspan="3" style="text-align: center;">2</td></tr> <tr><td>IMV_2_U214</td></tr> <tr><td>IMV_2_U226</td></tr> <tr><td>IMV_2_U240</td></tr> </table> </td> <td style="width: 33%;"> <table border="1"> <tr><td>IMW_7_U265</td><td>1</td></tr> <tr><td>IMW_7_U266</td></tr> <tr><td>IMW_7_U267</td></tr> <tr><td>IMW-1-U232</td></tr> <tr><td>ZRL</td></tr> <tr><td>ZRF-2</td></tr> </table> </td> </tr> </table>				<table border="1"> <tr><td>WWHi2</td><td>6</td></tr> <tr><td>WWHi2H</td><td>7</td></tr> </table>	WWHi2	6	WWHi2H	7	<table border="1"> <tr><td>IMW_8_U265</td><td rowspan="5" style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>IMW_8_U266</td></tr> <tr><td>IMW_8_U270</td></tr> <tr><td>IMW_8_U267</td></tr> <tr><td>IMW_8_U268</td></tr> <tr><td>IMW_8_U269</td></tr> <tr><td>FMDAB_U219</td><td rowspan="4" style="text-align: center;">3</td></tr> <tr><td>FMDAB_U217</td></tr> <tr><td>FMDAB_U216</td></tr> <tr><td>FMDAB_U261</td></tr> <tr><td>FMDAB-U231</td><td rowspan="3" style="text-align: center;">2</td></tr> <tr><td>IMV_2_U214</td></tr> <tr><td>IMV_2_U226</td></tr> <tr><td>IMV_2_U240</td></tr> </table>	IMW_8_U265	5	IMW_8_U266	IMW_8_U270	IMW_8_U267	IMW_8_U268	IMW_8_U269	FMDAB_U219	3	FMDAB_U217	FMDAB_U216	FMDAB_U261	FMDAB-U231	2	IMV_2_U214	IMV_2_U226	IMV_2_U240	<table border="1"> <tr><td>IMW_7_U265</td><td>1</td></tr> <tr><td>IMW_7_U266</td></tr> <tr><td>IMW_7_U267</td></tr> <tr><td>IMW-1-U232</td></tr> <tr><td>ZRL</td></tr> <tr><td>ZRF-2</td></tr> </table>	IMW_7_U265	1	IMW_7_U266	IMW_7_U267	IMW-1-U232	ZRL	ZRF-2
<table border="1"> <tr><td>WWHi2</td><td>6</td></tr> <tr><td>WWHi2H</td><td>7</td></tr> </table>	WWHi2	6	WWHi2H	7	<table border="1"> <tr><td>IMW_8_U265</td><td rowspan="5" style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>IMW_8_U266</td></tr> <tr><td>IMW_8_U270</td></tr> <tr><td>IMW_8_U267</td></tr> <tr><td>IMW_8_U268</td></tr> <tr><td>IMW_8_U269</td></tr> <tr><td>FMDAB_U219</td><td rowspan="4" style="text-align: center;">3</td></tr> <tr><td>FMDAB_U217</td></tr> <tr><td>FMDAB_U216</td></tr> <tr><td>FMDAB_U261</td></tr> <tr><td>FMDAB-U231</td><td rowspan="3" style="text-align: center;">2</td></tr> <tr><td>IMV_2_U214</td></tr> <tr><td>IMV_2_U226</td></tr> <tr><td>IMV_2_U240</td></tr> </table>	IMW_8_U265	5	IMW_8_U266	IMW_8_U270	IMW_8_U267	IMW_8_U268		IMW_8_U269	FMDAB_U219	3	FMDAB_U217	FMDAB_U216	FMDAB_U261		FMDAB-U231	2	IMV_2_U214	IMV_2_U226		IMV_2_U240	<table border="1"> <tr><td>IMW_7_U265</td><td>1</td></tr> <tr><td>IMW_7_U266</td></tr> <tr><td>IMW_7_U267</td></tr> <tr><td>IMW-1-U232</td></tr> <tr><td>ZRL</td></tr> <tr><td>ZRF-2</td></tr> </table>	IMW_7_U265	1	IMW_7_U266	IMW_7_U267	IMW-1-U232	ZRL	ZRF-2		
WWHi2	6																																		
WWHi2H	7																																		
IMW_8_U265	5																																		
IMW_8_U266																																			
IMW_8_U270																																			
IMW_8_U267																																			
IMW_8_U268																																			
IMW_8_U269																																			
FMDAB_U219	3																																		
FMDAB_U217																																			
FMDAB_U216																																			
FMDAB_U261																																			
FMDAB-U231	2																																		
IMV_2_U214																																			
IMV_2_U226																																			
IMV_2_U240																																			
IMW_7_U265	1																																		
IMW_7_U266																																			
IMW_7_U267																																			
IMW-1-U232																																			
ZRL																																			
ZRF-2																																			
3	<p>Colocar bridas:</p> <p>CL_3283 RG00600 CL_3282 RG00600 CL_3281 RG00600</p>																																		
4	<p>Colocar componente en la anilla. <b>RX03004 - SM_001 en MB01</b></p>																																		
<p><b>NOTA:</b> Cuando apliquen variantes cortas el encintado se hará en la operación anterior TAB-032</p> <p>Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.</p>																																			
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL		HERRAMIENTAS DE TRABAJO																																	
INGENIERÍA	MÉT. EDICIÓN	MÉT. REVISIÓN	PRODUCCIÓN	CALIDAD																															
Juan Carlos Bruno	06/10/2016	16/06/2023																																	

Ilustración 17. Método Operatorio TAB-033

MÉTODO OPERATORIO																																																																										
REF. CLIENTE	NIVEL CLIENTE	SECC.			DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN																																																																					
54NFG	14/01/2022	PILOTO DERECHO			<b>TAB-038</b>																																																																					
No.	DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA																																																																									
<b>Posición 1- TAB-038</b>																																																																										
A1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	A																																																											
B															B																																																											
C															C																																																											
D															D																																																											
E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E																																																										
1	Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la op. Sig.																																																																									
<p><b>NOTA:</b> REALIZAR ENCINTADO CON <b>ZI36266</b> HASTA LA MARCA, CONTINUA CON EL ENCINTADO CON <b>ZI16006</b> APROX.15CM Y DESPUES CONTINUA CON <b>ZI00576</b> EN OTRO TRAMO DE 15CM. APROX.</p>																																																																										
2	Colocar en contra y rutear los subconjuntos que apliquen, encintar de acuerdo al tablero; usar bridas del proceso anterior como referencia.																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>WWHI2</td><td style="text-align: center;">6</td></tr> <tr><td>WWHI2H</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> </table> </td> <td style="width: 33%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_8_U265</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U266</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U270</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>IMW_8_U267</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U268</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U269</td><td></td></tr> </table> </td> <td style="width: 33%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_7_U265</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_7_U266</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_7_U267</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_1_U226</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U225</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U224</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U219</td><td style="text-align: center;">4</td></tr> <tr><td>IMW_1_U218</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U217</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U216</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U215</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U214</td><td></td></tr> </table> </td> <td> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>FMDAB_U219</td><td></td></tr> <tr><td>FMDAB_U217</td><td></td></tr> <tr><td>FMDAB_U216</td><td style="text-align: center;">3</td></tr> <tr><td>FMDAB_U261</td><td></td></tr> <tr><td>IMV_2_U214</td><td></td></tr> <tr><td>IMV_2_U226</td><td style="text-align: center;">2</td></tr> <tr><td>IMV_2_U240</td><td></td></tr> </table> </td> <td> </td> </tr> </table>															<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>WWHI2</td><td style="text-align: center;">6</td></tr> <tr><td>WWHI2H</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> </table>	WWHI2	6	WWHI2H	7	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_8_U265</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U266</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U270</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>IMW_8_U267</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U268</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U269</td><td></td></tr> </table>	IMW_8_U265		IMW_8_U266		IMW_8_U270	5	IMW_8_U267		IMW_8_U268		IMW_8_U269		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_7_U265</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_7_U266</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_7_U267</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	IMW_7_U265		IMW_7_U266		IMW_7_U267	1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_1_U226</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U225</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U224</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U219</td><td style="text-align: center;">4</td></tr> <tr><td>IMW_1_U218</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U217</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U216</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U215</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U214</td><td></td></tr> </table>	IMW_1_U226		IMW_1_U225		IMW_1_U224		IMW_1_U219	4	IMW_1_U218		IMW_1_U217		IMW_1_U216		IMW_1_U215		IMW_1_U214		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>FMDAB_U219</td><td></td></tr> <tr><td>FMDAB_U217</td><td></td></tr> <tr><td>FMDAB_U216</td><td style="text-align: center;">3</td></tr> <tr><td>FMDAB_U261</td><td></td></tr> <tr><td>IMV_2_U214</td><td></td></tr> <tr><td>IMV_2_U226</td><td style="text-align: center;">2</td></tr> <tr><td>IMV_2_U240</td><td></td></tr> </table>	FMDAB_U219		FMDAB_U217		FMDAB_U216	3	FMDAB_U261		IMV_2_U214		IMV_2_U226	2	IMV_2_U240		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>WWHI2</td><td style="text-align: center;">6</td></tr> <tr><td>WWHI2H</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> </table>	WWHI2	6	WWHI2H	7	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_8_U265</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U266</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U270</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>IMW_8_U267</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U268</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_8_U269</td><td></td></tr> </table>	IMW_8_U265		IMW_8_U266		IMW_8_U270	5	IMW_8_U267		IMW_8_U268		IMW_8_U269		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_7_U265</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_7_U266</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_7_U267</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>	IMW_7_U265		IMW_7_U266		IMW_7_U267	1																																																		
WWHI2	6																																																																									
WWHI2H	7																																																																									
IMW_8_U265																																																																										
IMW_8_U266																																																																										
IMW_8_U270	5																																																																									
IMW_8_U267																																																																										
IMW_8_U268																																																																										
IMW_8_U269																																																																										
IMW_7_U265																																																																										
IMW_7_U266																																																																										
IMW_7_U267	1																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>IMW_1_U226</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U225</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U224</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U219</td><td style="text-align: center;">4</td></tr> <tr><td>IMW_1_U218</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U217</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U216</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U215</td><td></td></tr> <tr><td>IMW_1_U214</td><td></td></tr> </table>	IMW_1_U226		IMW_1_U225		IMW_1_U224		IMW_1_U219	4	IMW_1_U218		IMW_1_U217		IMW_1_U216		IMW_1_U215		IMW_1_U214		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>FMDAB_U219</td><td></td></tr> <tr><td>FMDAB_U217</td><td></td></tr> <tr><td>FMDAB_U216</td><td style="text-align: center;">3</td></tr> <tr><td>FMDAB_U261</td><td></td></tr> <tr><td>IMV_2_U214</td><td></td></tr> <tr><td>IMV_2_U226</td><td style="text-align: center;">2</td></tr> <tr><td>IMV_2_U240</td><td></td></tr> </table>	FMDAB_U219		FMDAB_U217		FMDAB_U216	3	FMDAB_U261		IMV_2_U214		IMV_2_U226	2	IMV_2_U240																																										
IMW_1_U226																																																																										
IMW_1_U225																																																																										
IMW_1_U224																																																																										
IMW_1_U219	4																																																																									
IMW_1_U218																																																																										
IMW_1_U217																																																																										
IMW_1_U216																																																																										
IMW_1_U215																																																																										
IMW_1_U214																																																																										
FMDAB_U219																																																																										
FMDAB_U217																																																																										
FMDAB_U216	3																																																																									
FMDAB_U261																																																																										
IMV_2_U214																																																																										
IMV_2_U226	2																																																																									
IMV_2_U240																																																																										
3	Colocar bridas: CL_3253 RG01606 CL_3252 RG01606																																																																									
4	Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.																																																																									
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL					HERRAMIENTAS DE TRABAJO																																																																					
INGENIERÍA		MÉT. EDICIÓN			MÉT. REVISIÓN		PRODUCCIÓN			CALIDAD																																																																
Juan Carlos Bruno		06/10/2016			16/06/2023																																																																					

Ilustración 18. Método Operatorio TAB-038




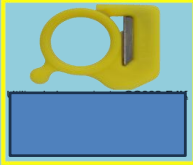


MÉTODO OPERATORIO															
REF. CLIENTE	NIVEL CLIENTE	SECC.			DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN										
54NFG	14/01/2022	PILOTO DERECHO			<b>TAB-039</b>										
No.	DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA														
Posición 1 TAB-039															
A1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	A
B															B
C															C
D															D
E															E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	A
															B
															C
															D
															E
<p>1 Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la op. Sig. Encintar con <b>Z36266</b> de acuerdo al tablero de montaje. (Ver <b>Tablero 4</b>).</p> 															
<p>2 Colocar <b>PH22096</b> en contra y rutear los subconjuntos de acuerdo a las vías especificadas en el tablero; Usar bridas del proceso anterior como referencia y encintar zona de <b>KF_1200</b> utilizando el tablero como referencia.</p> 															
<p>3 Colocar bridas: CL_3287 RG00600 CL_3288 RG00600</p>															
<p>4 Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.</p>  															
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL					HERRAMIENTAS DE TRABAJO										
INGENIERÍA		MÉT. EDICIÓN			MÉT. REVISIÓN			PRODUCCIÓN				CALIDAD			
Juan Carlos Bruno		06/10/2016			16/06/2023										

Ilustración 19. Método Operatorio TAB-039

MÉTODO OPERATORIO																																													
REF. CLIENTE	NIVEL CLIENTE	SECC.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN																																										
54NFG	14/01/2022	PILOTO DERECHO	<b>TAB-040</b>																																										
No.	DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA																																												
<b>Posición 1 TAB-040</b>																																													
1	<p>Tomar bolsa y retirar tramada; colocar bolsa en el transportador de vinil de la op.sig., escanear la X en la etiqueta del subconjunto del proceso anterior para ver la variante a fabricar.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div>																																												
2	<p>Rutear los subconjuntos que apliquen y dar preformado a zona de <b>KF_1200</b>; usar bridas del proceso anterior como referencia.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"> <table border="1"> <tr><td>ASTH</td><td>A</td></tr> <tr><td>ASADRS_U222</td><td>B</td></tr> <tr><td>AGSM_U262</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U237</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U236</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U234</td><td>C</td></tr> <tr><td>AGSM_U233</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U235</td><td></td></tr> <tr><td>LTOH</td><td>F</td></tr> </table> </td> <td style="width: 30%;"> <table border="1"> <tr><td>AGSM_U264</td><td>D</td></tr> <tr><td>AGSM_U274</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U275</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U243</td><td>E</td></tr> <tr><td>AGPS_U262</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U231</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U278</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U282</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U276</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U279</td><td></td></tr> </table> </td> <td style="width: 40%; text-align: center;"> </td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: 8pt;">             Zona de Antenas              Cuando no aplican antenas tomar y colocar la brida <b>CL_1207</b>.         </div> </div>				<table border="1"> <tr><td>ASTH</td><td>A</td></tr> <tr><td>ASADRS_U222</td><td>B</td></tr> <tr><td>AGSM_U262</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U237</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U236</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U234</td><td>C</td></tr> <tr><td>AGSM_U233</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U235</td><td></td></tr> <tr><td>LTOH</td><td>F</td></tr> </table>	ASTH	A	ASADRS_U222	B	AGSM_U262		AGSM_U237		AGSM_U236		AGSM_U234	C	AGSM_U233		AGSM_U235		LTOH	F	<table border="1"> <tr><td>AGSM_U264</td><td>D</td></tr> <tr><td>AGSM_U274</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U275</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U243</td><td>E</td></tr> <tr><td>AGPS_U262</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U231</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U278</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U282</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U276</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U279</td><td></td></tr> </table>	AGSM_U264	D	AGSM_U274		AGSM_U275		AGPS_U243	E	AGPS_U262		AGPS_U231		AGPS_U278		AGPS_U282		AGPS_U276		AGPS_U279		
<table border="1"> <tr><td>ASTH</td><td>A</td></tr> <tr><td>ASADRS_U222</td><td>B</td></tr> <tr><td>AGSM_U262</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U237</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U236</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U234</td><td>C</td></tr> <tr><td>AGSM_U233</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U235</td><td></td></tr> <tr><td>LTOH</td><td>F</td></tr> </table>	ASTH	A	ASADRS_U222	B	AGSM_U262		AGSM_U237		AGSM_U236		AGSM_U234	C	AGSM_U233		AGSM_U235		LTOH	F	<table border="1"> <tr><td>AGSM_U264</td><td>D</td></tr> <tr><td>AGSM_U274</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U275</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U243</td><td>E</td></tr> <tr><td>AGPS_U262</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U231</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U278</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U282</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U276</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U279</td><td></td></tr> </table>	AGSM_U264	D	AGSM_U274		AGSM_U275		AGPS_U243	E	AGPS_U262		AGPS_U231		AGPS_U278		AGPS_U282		AGPS_U276		AGPS_U279							
ASTH	A																																												
ASADRS_U222	B																																												
AGSM_U262																																													
AGSM_U237																																													
AGSM_U236																																													
AGSM_U234	C																																												
AGSM_U233																																													
AGSM_U235																																													
LTOH	F																																												
AGSM_U264	D																																												
AGSM_U274																																													
AGSM_U275																																													
AGPS_U243	E																																												
AGPS_U262																																													
AGPS_U231																																													
AGPS_U278																																													
AGPS_U282																																													
AGPS_U276																																													
AGPS_U279																																													
3	<p>Comenzar a encintar con <b>CI33662</b> como indica el tablero, <b>dar salida a la tobera cuando lo indique la pantalla de autosaeaf</b>, dar dos vueltas de encintado después del herraje.</p>																																												
4	<p>Colocar la etiqueta en la antena "B" a la altura del cuadrante 14.</p>																																												
5	<p>Desmontar y hacer aro individual, colocar en bolsa y colgar en gancho de producto terminado.</p>																																												
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL		HERRAMIENTAS DE TRABAJO																																											
INGENIERÍA	MÉT. EDICIÓN	MÉT. REVISIÓN	PRODUCCIÓN	CALIDAD																																									
Juan Carlos Bruno	06/10/2016	16/06/2023																																											

Ilustración 20. Método Operatorio TAB-040

MÉTODO OPERATORIO																																						
REF. CLIENTE	NIVEL CLIENTE	SECC.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN																																			
54NFG	14/01/2022	PILOTO DERECHO	<b>TAB-041</b>																																			
No.	DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA																																					
	<b>POSICIÓN 1TAB-041</b>																																					
	<b>POSICIÓN 1</b>																																					
1	Tomar bolsa, retirar tramada y colocar bolsa en el transportador de vinil de la op.sig.																																					
2	Rutear los subconjuntos que apliquen y colocar <b>KF_1200</b> en contra. <b>Asegurar primero la brida CL_3207 para evitar se desplace el ramal y las bridas o clips del mismo.</b>																																					
	<table border="1"> <tr><td>ASTH</td><td>A</td></tr> <tr><td>ASADRS_U222</td><td>B</td></tr> <tr><td>AGSM_U262</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U237</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U234</td><td>C</td></tr> <tr><td>AGSM_U233</td><td></td></tr> <tr><td>LTOH</td><td>F</td></tr> </table>	ASTH	A	ASADRS_U222	B	AGSM_U262		AGSM_U237		AGSM_U234	C	AGSM_U233		LTOH	F	<table border="1"> <tr><td>AGSM_U264</td><td>D</td></tr> <tr><td>AGSM_U274</td><td></td></tr> <tr><td>AGSM_U275</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U243</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U262</td><td>E</td></tr> <tr><td>AGPS_U231</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U278</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U282</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U276</td><td></td></tr> <tr><td>AGPS_U279</td><td></td></tr> </table>	AGSM_U264	D	AGSM_U274		AGSM_U275		AGPS_U243		AGPS_U262	E	AGPS_U231		AGPS_U278		AGPS_U282		AGPS_U276		AGPS_U279			
ASTH	A																																					
ASADRS_U222	B																																					
AGSM_U262																																						
AGSM_U237																																						
AGSM_U234	C																																					
AGSM_U233																																						
LTOH	F																																					
AGSM_U264	D																																					
AGSM_U274																																						
AGSM_U275																																						
AGPS_U243																																						
AGPS_U262	E																																					
AGPS_U231																																						
AGPS_U278																																						
AGPS_U282																																						
AGPS_U276																																						
AGPS_U279																																						
3	Colocar el amarre de 3 vueltas utilizando <b>ZI36266</b> en la <b>KF_1200</b> en dirección al <b>TU_1200</b> como se muestra en el dibujo (Fig.2)																																					
4	Colocar componente en la anilla. <b>RX37804 - SM_002 en MB91</b>																																					
5	Colocar bridas. CL_3207 RG00600 Cuando no aplican antenas llega del puesto anterior. CL_3206 RG00600 CL_3205 RG02506 CL_3292 RG02506 CL_3202 RG02506 CL_3200 RG02506 CL_3000 RG02506																																					
6	Esta operación se realiza simultáneamente con la operación de la <b>POSICIÓN 2</b> que involucra a este mismo tablero, al finalizar desmontar tramada de izquierda a derecha y pasarla al operador de <b>POSICIÓN 2</b> .																																					
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL		HERRAMIENTAS DE TRABAJO																																				
INGENIERÍA	MÉT. EDICIÓN	MÉT. REVISIÓN	PRODUCCIÓN	CALIDAD																																		
Juan Carlos Bruno	06/10/2016	16/06/2023																																				

Ilustración 21. Método Operatorio TAB-041

MÉTODO OPERATORIO				
REF. CLIENTE	NIVEL CLIENTE	SECC.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	
54NFG	14/01/2022	PILOTO DERECHO	<b>TAB-042</b>	
No.	DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA			
TAB-042				
<b>POSICIÓN 2</b>				
<ol style="list-style-type: none"> <li>Tomar bolsa y colgarla en el riel.</li> <li>Rutear los subconjuntos que apliquen; usar bridas del proceso anterior como referencia.</li> <li>Colocar bridas: CL_3299 RG02506 CL_3258 RG00600 CL_3257 RG00600</li> <li>Tomar la tramada y realizar aro con las antenas y la tobera (parte no encintada) evitando que se doble la tobera (foto 1), toma el resto de la tramada encintada y realiza aro evitando que se doble la tobera (foto 2), mete el aro realizado en la bolsa (foto 3).</li> <li>Escanea la TR de la etiqueta (foto 4), toma la bolsa, toma un gancho y coloca la bolsa en el para mandarla en el riel de producto terminado de Piloto Derecho (foto 5).</li> </ol>				
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL			HERRAMIENTAS DE TRABAJO	
INGENIERÍA	MÉT. EDICIÓN	MÉT. REVISIÓN	PRODUCCIÓN	CALIDAD
Juan Carlos Bruno	06/10/2016	16/06/2023		

Ilustración 22. Método Operatorio TAB-042

### **4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL BALANCEO DE LÍNEA**

Con la propuesta de mejora, la nueva distribución de actividades debidamente autorizadas y la actualización de los métodos operativos se procedió a la implementación del balanceo de línea en la célula de producción TPD. Este proceso fue cuidadosamente llevado a cabo para garantizar una marcha suave y efectiva. Además, la actualización de los métodos operativos fue clave para reflejar la nueva distribución de tareas, asegurando que cada operador estuviera completamente informado sobre sus responsabilidades en su estación de trabajo en los días laborales.

De este modo la actualización de los nuevos métodos operativos no solo estandarizo el proceso, sino que también facilito la capacitación de los operarios en las nuevas operaciones asignadas a cada estación de trabajo. Por otra parte, la coordinación con el personal operativo fue esencial para garantizar una adaptación exitosa a los cambios propuestos. Además, la colaboración entre el equipo de operarios y el personal de supervisión ha sido fundamental en este proceso de cambio, asegurando una transformación hacia un entorno de trabajo más eficiente y productivo.

Por ende, en la figura 20 se presenta un cronograma detallado sobre la implementación del balanceo de línea en la célula de producción TPD. Este cronograma ofrece una visión clara de las actividades que se llevaron a cabo para cumplir con el objetivo general de mejorar la eficiencia y la productividad en la línea de subensamble. Las actividades clave incluyen la planificación y diseño del nuevo balanceo de línea, la comunicación y capacitación de los operarios sobre las nuevas tareas asignadas.

En consecuencia, el cronograma sirvió como una guía paso a paso para el proceso de implementación, asegurando que cada etapa se lleve a cabo de manera ordenada y eficiente. Además, ayuda a gestionar el tiempo y los recursos de manera efectiva durante el proceso de cambio.



En resumen, con la nueva redistribución de las actividades por puesto de trabajo, se evidencia en la figura 12 que las cargas de trabajo por estación están ahora más equilibradas y se mantienen por debajo del takt time, que es el tiempo necesario para cumplir con la demanda del cliente. Esta reorganización ha logrado una distribución más eficiente de las tareas, lo que no solo favorece la optimización del flujo de trabajo, sino que también asegura que la producción se alinee con las necesidades del cliente.

Por consiguiente, con esta reorganización exitosa se ha logrado la reducción de costos en el personal operativo, además con la implementación del nuevo balanceo de línea y la consiguiente reducción de personal, se ha logrado una notable disminución del 12.5% en los costos de mano de obra.

En síntesis, antes de la implementación del balanceo de línea, la configuración inicial constaba de 8 puestos de trabajo y 8 operadores, los cuales generaban tiempos de espera entre los operadores que como resultado contribuían a costos más elevados en la producción. Por lo tanto, con la nueva distribución de actividades, se eliminó un puesto de trabajo y se redujo el número de operadores a 7, a causa de que la empresa opera en 2 turnos resulta en un beneficio económico significativo de 7,560 USD al año. Esta optimización no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también tiene un impacto positivo en la rentabilidad del proceso de subensamble de la línea de tableros de la célula de producción TPD.

Este beneficio económico se calculó considerando el salario mensual de un operador en esta empresa automotriz, que asciende a 540 USD. Dado que la empresa sigue el calendario fiscal, este valor se multiplica por los 7 meses que abarca el calendario fiscal. Como resultado, se obtiene el siguiente valor:

$$540 \times 7 = 3,780 \text{ USD/año}$$

Este valor se multiplica por 2 debido a que la empresa opera en 2 turnos, por lo tanto, la reducción de costos deriva de la optimización en la distribución de actividades, el cual representa un ahorro económico de 7,560 USD anuales para la empresa.

Como resultado esta mejora se traduce directamente en una mayor eficiencia en el proceso de subensamble de la tramada de la célula de producción TPD. La tabla 23

detalla el cálculo de eficiencia, evidenciando el impacto positivo de estas modificaciones en la línea de producción. En esta tabla se detallan 2 maneras distintas de calcular la eficiencia, la primera es la fórmula utilizada por la empresa, y la segunda es la propuesta por (Garcia Criollo, 2005).

N.º	Fórmula	Antes	Después
1	$E = \frac{\frac{\text{Main Power Planeado}}{\text{Produccion Planeada}}}{\frac{\text{Main Power Real}}{\text{Produccion Real}}}$	$E = \frac{\frac{8}{40}}{\frac{8}{40}} = 100\%$	$E = \frac{\frac{8}{40}}{\frac{7}{40}} = 114\%$
2	$E = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}}{\text{Nº de estac. de trabajo} \times T. \text{ ciclo } (C)}$	$E = \frac{529.80 \text{ seg}}{8 \times 90 \text{ seg}} = 74\%$	$E = \frac{523.58 \text{ seg}}{7 \times 90 \text{ seg}} = 83\%$

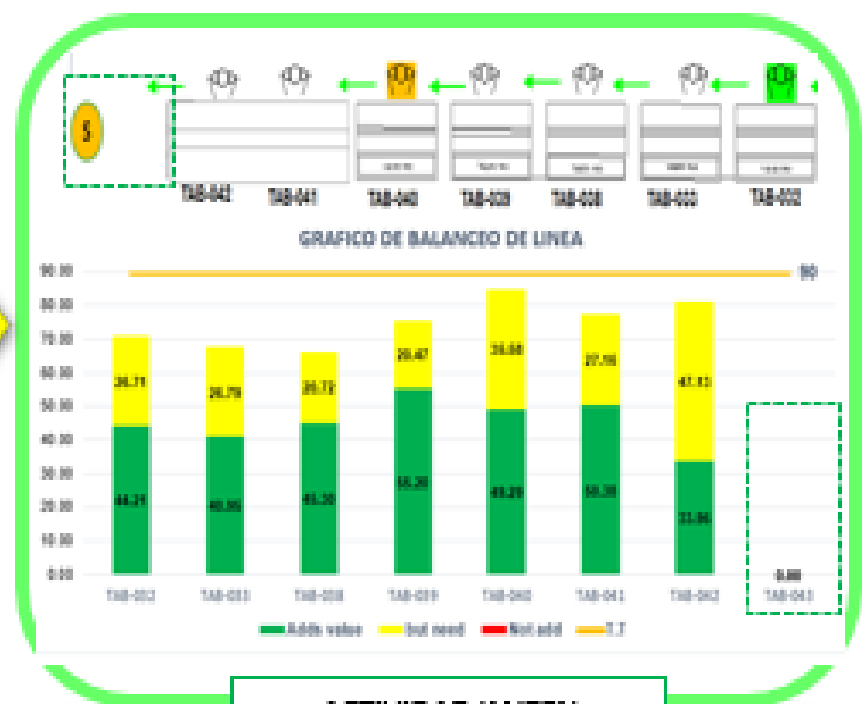
Tabla 23. Cálculo de eficiencia en la línea de la célula de producción TPD, elaboración propia (2024).

Por lo tanto, en la figura 21 se presentan los detalles de la mejora, brindando una visión clara de la situación del antes y después de la implementación de la mejora. Además, se detallan los tipos de desperdicio identificados durante el análisis y se destaca el impacto positivo que ha tenido la mejora en términos de eficiencia y reducción de costos.



**OPORTUNIDAD DE MEJORA**

- En la célula TPD se requieren de 8 personas para realizar el proceso de pre ensamble, se identifican tiempos de espera entre los operadores.



**ACTIVIDAD KAIZEN**

- Nivelar la carga de trabajo de acuerdo al Takt Time requerido por un rate de 40 piezas por hora y balancear el contenido de trabajo entre los operadores para eliminar los tiempos de espera.

**BENEFICIO**

Eliminación de tiempos de espera entre los operadores, requiriendo sólo 7 operadores de 8 en las estaciones de trabajo para realizar el pre ensamble. Además de, la eliminación de un movimiento innecesario (escanear).

Figura 21. Documentación de la mejora en la célula de producción TPD.

## CONCLUSIONES

En conclusión, el objetivo de este trabajo fue determinar cuáles son los beneficios de realizar un balanceo de línea, en el cual por medio de diversas herramientas aplicadas a lo largo del desarrollo de este trabajo se logró tener éxito para alcanzar los objetivos planteados.

Por lo tanto, con la aplicación del balanceo de línea se logró reducir los costos del personal operativo logrando un beneficio económico para la empresa de 7,560 USD al año, esto debido a la reducción del personal operativo necesario para la línea de tableros de la célula de producción TPD, en el cual se tenía contemplado un total de 8 operadores para realizar el proceso de subensamble y con la implementación del balanceo de línea, ahora se necesitan 7 operadores.

Con la reducción del personal operativo, se ha logrado mejorar la eficiencia de la línea de subensamble significativamente, pasando de un 74% a un 83%. Este aumento en la eficiencia es el resultado de la implementación del balanceo de línea.

Este balanceo de línea se realizó por medio de los siguientes análisis y herramientas:

- En el análisis del estudio de métodos y tiempos del proceso de subensamble en la célula de producción TPD, se identificaron tiempos de espera entre los operadores y movimientos innecesarios en las operaciones, los cuales son considerados como desperdicios dentro de la manufactura, por lo cual se procedió a realizar una toma de tiempos por cronometro para obtener los tiempos de cada operación, dando como resultado la desnivelación de las cargas de trabajo entre estaciones.
- El cálculo de los tiempos estándar resultó ser fundamental para cumplir con el objetivo planteado, ya que por medio de estos se analizó la factibilidad de la redistribución de las actividades para el balanceo de línea.
- Mediante la herramienta Yamazumi se analizaron las actividades que agregan y no agregan valor al proceso, esto ha sido fundamental para enfocar los esfuerzos de optimización y eliminar las actividades que no

aportan valor y que no se necesitan para el proceso, por medio de la herramienta Yamazumi se identificaron oportunidades de mejora para optimizar la eficiencia de la línea, así como la reducción de costos.

- Mediante el diagrama de precedencia se analizó la factibilidad de la redistribución de las actividades, ya que por medio de esta herramienta se determinó la secuencialidad de las actividades de las estaciones de trabajo.

La aplicación de estas herramientas y los análisis de los tiempos permitieron nivelar las cargas de trabajo de los operadores y, por lo tanto, disminuir el tiempo improductivo.

Cabe resaltar la importancia de tener un programa de las 5`s, esta filosofía ayuda a tener un mejor desempeño laboral, una estación óptima de trabajo y no solo aplica para este tipo de proceso, si no para cualquier otro en general. Esta filosofía ha sido de vital importancia para el buen funcionamiento del balanceo de línea.

Además, la actualización de los métodos operativos y la estandarización de estos ayudaron a guiar el proceso de implementación del balanceo de línea y es clave para la supervisión de las operaciones.

Para concluir, la hipótesis “la aplicación del balanceo de línea reducirá los costos de producción del personal operativo un 10% en la célula de producción TPD de sub interior y mejorará la eficiencia y competitividad, en un plazo de 6 meses, lo que resultará en una disminución significativa de los desperdicios de tiempo y recursos”, ha sido demostrada, no solo reduciendo los costos de producción en un 10% si no alcanzando una reducción del 12.5%.

## REFERENCIAS

- Administracion, I. I. (25 de Octubre de 2017). *Balanceo de linea y control de produccion*. Recuperado el Junio de 2023, de Utelesup: <https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de-produccion/>
- Barrantes Parra, L. (25 de Marzo de 2015). *Estudio de tiempos*. Recuperado el 01 de Junio de 2023, de Slideshare: <https://es.slideshare.net/lbarrantesp/estudio-de-tiempos-46297872>
- Bizneo. (s.f). *El método Kaizen: mejora continuamente tu empresa*. Recuperado el Junio de 2023, de bizneo: [https://www.bizneo.com/blog/metodo-kaizen/#Que\\_es\\_el\\_metodo\\_Kaizen](https://www.bizneo.com/blog/metodo-kaizen/#Que_es_el_metodo_Kaizen)
- Boiser, L. (s. f.). *¿Qué es un gráfico Yamazumi y por qué debería utilizarlo?* Recuperado el Enero de 2024, de KANBAN ZONE: <https://kanbanzone.com/2020/yamazumi-chart-why-use-it/>
- Carrillo , J., & Miker Palafox, M. C. (Mayo y Junio de 2014). Arnese automovilísticos en Mexico durante el TLCA. *Comercio exterior*, 64(3), 25-43. Recuperado el septiembre de 2023, de Bancomex: [http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/757/6/arneses\\_automov\\_mexico\\_TLCAN.pdf](http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/757/6/arneses_automov_mexico_TLCAN.pdf)
- Chica Valencia, R. (28 de Octubre de 2017). *Diagrama Yamazumi*. Recuperado el 07 de Junio de 2023, de SCRIBD: [https://es.scribd.com/document/473855141/Diagrama-Yamazumi?utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google\\_pmax&utm\\_campaign=3Q\\_Google\\_Performance-Max\\_MX&utm\\_term=&utm\\_device=c&gclid=CjwKCAjwsvujBhAXEiwA\\_UXnADVcgDCZv8lgaH1KtOljynIbqDeZ-y8SmTuJBkX2hAsFnftLt9ueXBoCdCAQAvD](https://es.scribd.com/document/473855141/Diagrama-Yamazumi?utm_medium=cpc&utm_source=google_pmax&utm_campaign=3Q_Google_Performance-Max_MX&utm_term=&utm_device=c&gclid=CjwKCAjwsvujBhAXEiwA_UXnADVcgDCZv8lgaH1KtOljynIbqDeZ-y8SmTuJBkX2hAsFnftLt9ueXBoCdCAQAvD)
- Cuatrecasas, L. (2017). *Ingenieria de procesos y de planta* (Primera ed.). Barcelona: Profit. Recuperado el Junio de 2023
- E. Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos* (Segunda ed.). Mexico: Pearson Educacion de Mexico, S. A. DE C.V. Recuperado el Junio de 2023
- Garcia Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo Ingenieria de metodos y medicion del trabajo* (Vol. Segunda edicion). Mexico: Mc Graw Hill.
- González , L. (06 de Enero de 2020). *El T-MEC ampliará el reinado de México en arneses para autos: INA*. Obtenido de EL ECONOMISTA: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/El-T-MEC-ampliara-el-reinado-de-Mexico-en-arneses-para-autos-INA-20200105-0064.html>
- Ingenio Empresa. (2024). *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Recuperado el Enero de 2024, de Ingenio Empresa: <https://www.ingenioempresa.com/estudio-del-trabajo/>
- Laoyan, S. (8 de Octubre de 2022). *Método Kaizen: la guía para la mejora continua en las empresas*. Recuperado el Junio de 2023, de asana: <https://asana.com/es/resources/continuous-improvement>
- Mino Cascante, G., Moyano Alulema , J., & Santillan Marino , C. (Agosto de 2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro. *Ing. Ind*, 40(2), 110-122. Recuperado el Enero de 2024, de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59362019000200110&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362019000200110&lng=es&nrm=iso)

- Organizacion Internacional del Trabajo. (1996). *Introduccion al estudio del trabajo* (Cuarta ed.). Ginebra. Recuperado el Enero de 2024
- Pardo, R. (19 de Agosto de 2020). *Todo lo que debes saber sobre arneses eléctricos automotrices*. Recuperado el 23 de Octubre de 2023, de PRODUP: <https://produp.mx/blogs/produp-news/todo-lo-que-debes-saber-sobre-arneses-electricos-automotrices>
- Perez Gomez, L. V. (2019). *LEAN MANUFACTURING. Paso a paso* (Primera ed.). Valencia, Barcelona: Marge Books. Recuperado el Enero de 2024
- Rizo Rivas, M. (5 de Noviembre de 2019). *Eficiencia, eficacia, efectividad: ¿son lo mismo?* Recuperado el Enero de 2024, de Forbes: <https://www.forbes.com.mx/eficiencia-eficacia-efectividad-son-lo-mismo/>
- Salazar Lopez, B. (18 de Junio de 2019). *Estudio del trabajo*. Recuperado el 31 de Mayo de 2023, de Ingenieria Industrial Online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/estudio-del-trabajo/>
- Salazar Lopez, B. (18 de junio de 2019). *Suplementos del Estudio de tiempos*. Recuperado el noviembre de 2023, de INGENIERIA INDUSTRIAL: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/>
- Sejzer, R. (28 de Octubre de 2017). *¿Para qué se utiliza el Diagrama Yamazumi?* Recuperado el Enero de 2024, de Calidad Total: <https://ctcalidad.blogspot.com/2017/10/para-que-se-utiliza-el-diagrama.html>
- Zandin, K. B. (2018). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial* (Quinta ed.). Mexico D.F.: McGraw-Hill. Recuperado el 4 de Noviembre de 2023

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

Definiciones de términos utilizados en el estudio.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
<b>TPD</b>	Tramada de piloto derecho.
<b>Arnés eléctrico automotriz</b>	Conjunto de cables, terminales, conectores, entre otros componentes que cumplen con la función de llevar una señal eléctrica de un punto a otro.
<b>Estudio del trabajo</b>	Evaluación sistemática de los métodos utilizados para la realización de actividades con el objetivo de optimizar la utilización eficaz de los recursos
<b>Productividad</b>	Grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.
<b>Eficacia</b>	Obtención de los resultados deseados con el uso de recursos disponibles.
<b>Eficiencia</b>	Obtención de un resultado deseado con el mínimo de insumos: es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad.
<b>Diagrama de proceso de operación</b>	Proporciona una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso.
<b>Diagrama de flujo de procesos</b>	Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones que muestra todo el manejo, inspección, operación, almacenaje y retrasos.
<b>Diagrama de precedencia</b>	Es una gráfica donde se establece el número limitado de secuencias de operaciones.
<b>Medición del trabajo</b>	Se basa en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
<b>Estudio de tiempos</b>	Es una técnica para registrar tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea.
<b>Cronometraje</b>	Es la técnica más común para establecer los estándares de tiempo en el área de manufactura. El estándar de tiempo es el elemento más importante de información de manufactura.
<b>Tolerancias / Suplementos</b>	Son tiempos que se conceden al trabajador para compensar los retrasos, demoras y necesidades personales.
<b>Tiempo estándar</b>	Es “el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo.
<b>Balanceo de línea</b>	Es una herramienta muy importante para el control de la producción, dado que una línea de fabricación equilibrada permite la optimización de variables que afectan la productividad de un proceso tales como: inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.
<b>Takt time</b>	Es el tiempo disponible de producción para satisfacer la demanda del cliente.
<b>Kaizen</b>	Se refiere al proceso de mejora continua en todos los aspectos de un negocio, desde las prioridades estratégicas hasta las operaciones diarias.
<b>Yamazumi</b>	Significa “apilar”, es un gráfico de barras apiladas que detalla el tiempo que se tarda en realizar tareas específicas.
<b>Valor añadido</b>	Son todas aquellas actividades por las que el cliente está dispuesto a pagar.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
<b>Desperdicios</b>	Es cualquier otro esfuerzo realizado en la empresa que no sea absolutamente esencial para agregar valor al producto o servicio tal como lo requiera el cliente.
<b>5´S</b>	Constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza.

# APÉNDICE A

## Toma de tiempos del primer turno.

TAB-032		Tiempos														
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Tomar arnes y rutear	17.75	18.60	17.11	18.17	15.16	17.38	18.36	15.51	16.52	18.78	16.93	16.91	17.50	15.26	16.14
2	Encintar tramada	24.29	27.04	22.37	25.18	24.83	26.96	21.04	27.48	25.38	26.74	24.99	25.18	23.62	22.57	22.35
3	Fijar CL 1263	7.29	6.25	7.40	8.45	7.04	8.72	9.14	5.55	8.15	7.00	7.51	7.14	7.83	8.12	8.13
4	Desmontar y poner en riel	6.52	6.48	6.90	7.86	7.75	6.48	6.04	7.61	7.26	6.97	6.33	7.01	7.41	7.42	7.15

TAB-033		Tiempos														
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Colocar bridas en contras	4.17	4.00	3.26	5.05	4.06	4.80	3.99	3.88	3.91	4.26	3.36	4.20	3.57	4.18	3.75
2	Tomar arnes y rutear	9.34	12.06	13.51	11.13	12.54	10.71	11.50	13.15	9.21	12.79	10.74	12.65	12.16	10.72	13.88
3	Encintar tramada	9.96	18.15	15.18	12.80	12.75	10.04	12.06	11.87	9.53	9.20	12.67	20.17	14.81	10.14	19.80
4	Fijar CL 1283	5.65	5.06	5.58	5.85	4.52	5.03	4.89	6.13	5.30	6.91	6.01	5.77	4.38	5.16	4.21
5	Fijar CL 1282	4.88	4.03	5.58	5.85	4.52	5.03	4.89	4.53	3.96	4.39	4.43	4.10	5.79	4.43	4.28
6	Fijar CL 1281	5.60	5.61	5.58	5.85	4.52	5.03	4.89	5.27	4.93	4.01	4.41	4.16	5.05	4.18	4.31
7	Desmontar y poner en riel	6.78	7.78	8.45	8.45	7.59	8.00	4.89	8.89	8.27	8.40	8.44	8.06	8.02	8.30	7.54

TAB-038		Tiempos														
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Tomar arnes y rutear	11.89	12.47	14.18	14.47	14.78	13.38	14.90	12.87	13.42	12.49	13.71	14.86	14.49	13.85	14.57
2	Encintar tramada	22.29	21.97	25.49	24.25	26.00	24.91	24.62	22.47	25.34	25.51	25.86	25.20	25.56	24.36	27.38
3	Fijar CL 1253	6.58	6.55	7.31	6.75	7.17	7.23	7.06	6.40	6.48	7.23	6.58	6.77	6.84	7.14	6.90
4	Fijar CL 1252	6.58	6.55	7.31	6.75	7.17	7.23	7.06	6.40	6.48	7.23	6.58	6.77	6.84	7.14	6.90
5	Desmontar y poner en riel	4.89	3.40	5.83	5.92	4.55	5.27	4.36	5.27	4.84	4.97	4.24	4.54	5.02	4.79	5.24

TAB-039		Tiempos														
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Colocar bridas en contras	2.18	2.30	3.17	2.31	2.84	3.09	3.50	2.58	2.99	2.85	2.90	2.23	2.44	2.50	2.77
2	Tomar arnes y rutear	11.93	12.34	12.63	11.30	12.02	13.44	11.47	10.30	11.26	11.15	11.47	10.78	10.61	11.52	11.01
3	Fijar CL 1287	4.58	4.62	6.16	6.81	5.80	6.07	6.26	4.68	5.77	5.96	5.88	4.66	5.90	5.34	5.28
4	Fijar CL 1288	4.58	4.62	6.16	6.81	5.80	6.07	6.26	4.68	5.77	5.96	5.88	4.66	5.90	5.34	5.28
5	Encintar tramada	41.92	38.71	39.71	42.62	41.77	39.28	42.66	41.54	37.37	40.97	39.70	39.60	39.81	39.86	39.45
6	Desmontar y poner en riel	2.37	4.47	5.48	5.01	4.89	4.69	4.74	3.47	4.44	4.57	4.80	4.61	4.50	4.62	4.78

TAB-040		Tiempos														
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Escanear arnes	3.49	3.45	4.01	4.99	4.96	4.38	5.90	4.53	5.12	4.72	4.40	4.35	4.14	4.70	4.07
2	Rutear antenas	6.07	7.99	7.82	6.34	7.13	8.12	8.62	6.74	7.81	8.84	6.10	6.70	9.60	9.68	8.56
3	Pegar etiqueta a antenas	4.43	4.92	5.75	6.75	5.18	5.13	6.82	4.71	5.41	5.67	4.78	5.42	6.51	6.28	6.33
4	Rutear arnes	9.86	9.01	10.64	10.03	10.74	9.68	9.03	10.17	9.63	10.84	10.62	9.71	10.23	10.89	11.13
5	Colocar pieza YS43006	8.56	10.81	10.32	8.40	10.04	11.91	9.88	8.90	9.00	11.89	9.89	10.13	9.48	11.73	10.33
6	Rutear resto de arnes	5.45	6.65	6.88	7.59	4.11	5.64	6.57	5.28	4.49	5.15	4.30	4.12	4.28	6.47	5.20
7	Encintar (628 mm)	18.63	16.89	18.20	17.45	18.99	16.96	19.71	18.91	18.61	16.57	16.52	16.42	15.80	18.56	18.50
8	Desmontar y poner en riel	5.45	5.56	4.67	5.45	5.83	4.51	5.53	4.77	5.47	4.76	4.82	5.10	5.08	4.37	4.58

TAB-041		Tiempos														
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Colocar bridas en contra (2 RG00600)	2.38	3.45	3.65	3.25	3.32	2.91	3.56	3.51	3.94	3.78	3.24	2.11	3.35	3.41	3.24
2	Colocar bridas en contra (4 RG02506)	6.21	7.52	6.89	6.75	6.18	5.16	5.91	5.20	4.07	7.25	6.16	5.07	7.23	5.52	3.78
3	Escanear etiqueta	4.45	6.45	4.65	5.21	6.46	5.10	4.41	5.84	6.32	7.62	4.10	6.10	6.60	5.90	5.78
4	Passar bolsa	2.69	2.54	2.56	2.39	3.78	3.29	2.86	2.80	2.54	3.79	2.84	1.88	2.34	2.25	2.63
5	Rutear arnes	5.67	8.35	7.56	6.89	8.56	6.85	6.86	7.60	7.63	6.67	6.54	6.91	8.02	7.71	7.19
6	Colocar RT37804 (tuerca expandible)	4.85	3.68	4.68	4.56	5.11	5.62	4.10	5.55	4.46	3.41	3.97	3.79	3.85	1.94	1.85
7	Colocar RT03004 (tuerca expandible)	3.11	5.65	4.20	4.31	3.97	3.85	4.34	3.92	2.50	4.61	4.68	3.97	5.16	5.99	3.89
8	Fijar con cinta YS43006	5.35	4.25	5.65	5.80	4.67	4.65	5.16	5.06	5.49	5.07	5.29	5.24	4.84	4.77	4.97
9	Fijar CL 1207	5.39	6.98	5.38	5.21	6.21	5.77	5.59	8.66	5.38	4.84	8.05	8.11	4.82	6.53	5.91
10	Fijar CL 1206	5.61	4.15	5.10	5.69	4.52	4.05	5.65	5.10	4.77	4.59	5.22	4.88	5.98	4.61	4.45
11	Fijar CL 1205	4.11	4.22	4.36	4.35	5.17	5.18	4.84	4.20	4.96	4.68	5.16	5.85	4.18	4.63	6.76
12	Fijar CL 1292	4.99	4.65	5.69	5.18	4.97	5.62	6.11	4.56	6.04	4.84	7.02	5.11	5.31	4.57	4.80
13	Fijar CL 1202	4.31	6.39	5.31	5.16	6.11	5.38	5.87	4.95	5.37	5.18	4.97	6.09	4.62	5.36	7.73
14	Fijar CL 1200	4.13	5.45	4.61	5.36	4.18	4.32	4.88	4.85	4.88	4.79	5.33	5.36	5.17	4.69	4.66
15	Desmontar	3.45	3.61	3.20	3.40	3.88	3.56	3.86	2.32	2.56	3.05	2.43	4.65	2.03	2.41	2.26

TAB-042		Tiempos														
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Colocar bridas	3.54	5.35	4.00	4.53	3.88	3.85	3.44	5.40	3.55	5.14	4.34	5.10	4.70	3.89	5.24
2	Colgar bolsa	2.73	2.62	2.18	3.48	5.65	4.77	2.98	3.55	3.40	2.59	2.45	3.97	3.10	3.24	4.26
3	Rutear arnes	6.30	5.70	8.16	5.92	7.25	6.02	7.46	5.77	5.13	6.56	5.46	5.35	6.53	5.14	6.29
4	Encintar tramada (379 mm)	9.63	10.85	10.92	13.40	11.06	12.12	11.21	10.14	11.83	12.75	10.69	11.55	11.15	11.10	11.39
5	Fijar CL 2000	5.07	4.49	5.38	4.95	4.77	5.27	4.81	5.36	4.83	4.75	5.06	5.09	5.00	5.25	5.32
6	Fijar CL 1299	5.07	4.49	5.38	4.95	4.77	5.27	4.81	5.36	4.83	4.75	5.06	5.09	5.00	5.25	5.32
7	Fijar CL 1264	5.07	4.49	5.38	4.95	4.77	5.27	4.81	5.36	4.83	4.75	5.06	5.09	5.00	5.25	5.32
8	Fijar CL 1258	5.07	4.49	5.38	4.95	4.77	5.27	4.81	5.36	4.83	4.75	5.06	5.09	5.00	5.25	5.32
9	Fijar CL 1257	5.07	4.49	5.38	4.95	4.77	5.27	4.81	5.36	4.83	4.75	5.06	5.09	5.00	5.25	5.32
10	Desmontar y colgar en riel	4.90	3.55	2.75	4.72	3.68	4.74	4.36	3.35	3.59	3.55	3.24	2.72	4.94	4.26	3.10

TAB-043		Tiempos														
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Escanear etiqueta	4.16	3.70	3.89	3.40	4.01	3.98	3.11	4.02	3.51	3.44	4.47	4.45	3.76	2.53	2.59
2	Desenredar tramada	17.19	11.35	11.16	14.51	11.12	13.50	14.20	14.76	17.74	0.00	15.91	0.00	13.77	0.00	20.54
3	Hacer aro	10.70	14.47	13.23	14.56	13.26	13.50	14.87	15.59	13.85	14.07	15.90	14.86	15.75	14.76	14.51
4	Meter en bolsa y subir a riel	10.83	9.42	9.87	10.40	9.11	11.54	10.23	9.41	11.89	10.85	11.38	11.57	10.99	11.36	12.57

## Toma de tiempos del segundo turno

TAB-032		Tiempos									
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Tomar arnes y rutear	16.29	19.60	18.29	15.86	18.71	16.04	22.37	14.31	15.40	20.63
2	Encintar tramada	32.60	28.51	21.53	30.09	24.33	27.39	30.86	35.22	27.82	25.50
3	Fijar CL_1263	8.23	7.04	9.69	10.13	8.60	8.66	9.69	11.45	9.95	10.61
4	Desmontar y poner en riel	8.53	8.31	6.23	6.39	8.02	8.73	6.34	6.59	7.57	4.76

TAB-033		Tiempos									
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Colocar bridas en contras	4.46	4.14	5.19	4.07	6.18	5.97	3.02	4.53	4.08	5.50
2	Tomar arnes y rutear	14.36	12.57	13.35	16.96	16.71	14.29	15.85	14.19	14.32	17.66
3	Encintar tramada	14.17	13.13	16.19	12.95	16.69	12.69	20.50	22.95	15.53	14.88
4	Fijar CL_1283	6.80	6.83	6.65	7.05	8.63	6.78	8.06	7.35	7.76	7.51
5	Fijar CL_1282	6.80	6.83	6.65	7.05	8.63	6.78	8.06	7.35	7.76	7.51
6	Fijar CL_1281	6.80	6.83	6.65	7.05	8.63	6.78	8.06	7.35	7.76	7.51
7	Desmontar y poner en riel	5.05	5.60	4.89	5.63	5.44	5.67	5.08	6.74	6.02	6.38

TAB-038		Tiempos									
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Tomar arnes y rutear	14.22	15.03	15.05	15.48	13.89	21.03	14.85	13.95	14.08	13.64
2	Encintar tramada	23.86	21.75	28.31	31.83	30.33	27.95	31.16	33.90	35.77	36.89
3	Fijar CL_1253	6.95	6.92	8.86	6.33	6.09	8.00	6.16	7.85	8.59	7.61
4	Fijar CL_1252	6.95	6.92	8.86	6.33	6.09	8.00	6.16	7.85	8.59	7.61
5	Desmontar y poner en riel	4.35	5.45	5.81	4.82	3.79	4.20	4.25	4.33	4.75	4.53

TAB-039		Tiempos									
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Colocar bridas en contras	3.74	3.55	2.27	4.21	3.10	4.08	4.77	2.94	4.18	3.51
2	Tomar arnes y rutear	13.37	9.45	11.05	10.66	10.19	11.37	10.22	11.59	10.16	12.35
3	Fijar CL_1287	7.19	6.27	7.10	5.70	6.95	5.48	6.14	7.59	7.46	7.10
4	Fijar CL_1288	7.19	6.27	7.10	5.70	6.95	5.48	6.14	7.59	7.46	7.10
5	Encintar tramada	37.59	35.41	37.41	32.82	38.67	37.15	38.84	39.32	38.28	36.87
6	Desmontar y poner en riel	4.20	3.18	4.67	5.04	5.77	4.52	3.70	5.72	5.07	5.36

TAB-040		Tiempos									
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Escanear arnes	4.99	2.51	2.50	2.83	4.60	3.88	3.68	2.70	3.68	4.91
2	Rutear antenas	6.52	6.55	7.43	8.12	6.96	7.40	7.70	9.43	7.87	7.97
3	Pegar etiqueta a antenas	4.95	6.28	6.47	5.25	6.58	7.35	7.12	6.08	5.10	6.01
4	Rutear arnes	10.53	10.24	11.60	10.76	8.79	10.29	7.21	9.20	7.26	7.79
5	Colocar pieza YS43006	8.56	10.60	8.92	8.01	12.01	10.94	10.26	12.08	9.66	7.58
6	Rutear resto de arnes	4.71	2.43	2.75	3.49	4.26	3.67	4.67	2.31	3.58	2.66
7	Encintar (628 mm)	15.06	14.54	15.15	13.72	14.33	13.09	13.72	13.89	14.56	13.52
8	Desmontar y poner en riel	5.79	4.46	4.21	5.55	5.60	5.99	4.86	4.31	4.09	5.52

TAB-041		Tiempos									
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Colocar bridas en contra (2 RG00600)	2.37	3.22	3.51	3.94	3.78	3.24	2.11	3.35	3.41	3.24
2	Colocar bridas en contra (4 RG02506)	6.20	9.54	5.20	4.07	7.25	6.16	5.07	7.23	5.52	3.78
3	Escanear etiqueta	2.97	6.94	5.84	6.32	7.62	4.10	6.10	9.60	5.90	5.78
4	Pasar bolsa	2.79	2.34	2.80	2.54	3.79	2.84	1.88	2.34	2.25	2.63
5	Rutear arnes	5.57	8.33	7.60	9.63	11.67	6.54	6.91	8.02	7.71	7.19
6	Colocar RT37804 (tuerca expandible)	4.74	3.68	5.55	4.46	3.41	2.97	2.79	3.85	1.94	1.85
7	Colocar RT03004 (tuerca expandible)	3.10	5.40	3.92	2.50	4.61	4.68	3.97	5.16	5.99	3.89
8	Fijar con cinta YS43006	5.40	4.52	5.06	5.49	5.07	5.29	5.24	4.84	4.77	4.97
9	Fijar CL_1207	5.39	6.84	8.66	5.38	4.84	8.05	8.11	4.82	6.53	5.91
10	Fijar CL_1206	5.61	4.76	5.10	4.77	4.59	5.22	4.88	5.98	4.61	4.45
11	Fijar CL_1205	4.70	4.52	4.20	4.96	4.68	5.16	5.85	4.18	4.63	6.76
12	Fijar CL_1292	4.80	4.95	4.56	6.04	4.84	7.02	5.11	5.31	4.57	4.80
13	Fijar CL_1202	4.62	6.19	4.95	5.37	5.18	4.97	6.09	4.62	5.36	7.73
14	Fijar CL_1200	4.79	5.11	4.85	4.88	4.79	5.33	5.36	5.17	4.69	4.66
15	Desmontar	3.07	2.61	2.32	2.56	3.05	2.43	7.65	2.03	2.41	2.26

TAB-042		Tiempos									
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Colocar bridas	4.00	4.53	3.88	3.85	9.06	6.95	8.22	4.53	3.44	6.76
2	Colgar bolsa	2.18	4.48	5.65	4.77	3.44	3.61	2.84	2.70	2.98	3.76
3	Rutear arnes	8.16	5.92	7.25	11.02	6.06	7.42	4.48	6.34	7.46	10.06
4	Encintar tramada (379 mm)	14.20	16.19	16.40	13.55	13.65	14.20	16.29	15.20	14.40	13.20
5	Fijar CL_2000	5.37	6.17	5.77	6.21	5.86	6.25	5.35	5.73	5.52	6.39
6	Fijar CL_1299	5.37	6.17	5.77	6.21	5.86	6.25	5.35	5.73	5.52	6.39
7	Fijar CL_1264	5.37	6.17	5.77	6.21	5.86	6.25	5.35	5.73	5.52	6.39
8	Fijar CL_1258	5.37	6.17	5.77	6.21	5.86	6.25	5.35	5.73	5.52	6.39
9	Fijar CL_1257	5.37	6.17	5.77	6.21	5.86	6.25	5.35	5.73	5.52	6.39
10	Desmontar y colgar en riel	2.75	4.72	3.68	4.74	2.51	4.24	3.76	4.28	4.36	4.40

TAB-043		Tiempos									
N°	Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Escanear etiqueta	5.83	4.65	5.04	4.88	6.04	4.47	4.55	4.01	4.47	5.54
2	Desenredar tramada	8.80	13.74	0.00	0.00	6.26	17.76	16.77	0.00	11.90	17.59
3	Hacer aro	12.23	13.67	14.57	17.04	17.18	13.79	13.82	14.71	18.14	15.52
4	Meter en bolsa y subir a riel	12.87	12.10	11.07	12.44	13.51	13.27	12.56	9.28	13.59	12.18

## Cálculo del tiempo estándar del segundo turno

TAB-032		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Tomar arnes y rutear	177.50	10.00	17.75	95%	16.86	2.53	19.39
2	Encintar tramada	283.85	10.00	28.39	95%	26.97	4.04	31.01
3	Fijar CL_1263	94.05	10.00	9.41	95%	8.93	1.34	10.27
4	Desmontar y poner en riel	71.47	10.00	7.15	95%	6.79	1.02	7.81
Total								68.49

TAB-033		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Colocar bridas en contras	47.14	10.00	4.71	95%	4.48	0.67	5.15
2	Tomar arnes y rutear	150.26	10.00	15.03	95%	14.27	2.14	16.42
3	Encintar tramada	159.68	10.00	15.97	95%	15.17	2.28	17.45
4	Fijar CL_1283	73.41	10.00	7.34	95%	6.97	1.05	8.02
5	Fijar CL_1282	73.41	10.00	7.34	95%	6.97	1.05	8.02
6	Fijar CL_1281	73.41	10.00	7.34	95%	6.97	1.05	8.02
7	Desmontar y poner en riel	56.50	10.00	5.65	95%	5.37	0.81	6.17
Total								69.24

TAB-038		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estandar
N°	Elementos						15%	
1	Tomar arnes y rutear	151.22	10.00	15.12	95%	14.37	2.15	16.52
2	Encintar tramada	301.75	10.00	30.18	95%	28.67	4.30	32.97
3	Fijar CL_1253	73.33	10.00	7.33	95%	6.97	1.04	8.01
4	Fijar CL_1252	73.33	10.00	7.33	95%	6.97	1.04	8.01
5	Desmontar y poner en riel	46.28	10.00	4.63	95%	4.40	0.66	5.06
Total								70.57

TAB-039		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estándar
N°	Elementos						15%	
1	Colocar bridas en contras	36.35	10.00	3.64	95%	3.45	0.52	3.97
2	Tomar arnes y rutear	110.41	10.00	11.04	95%	10.49	1.57	12.06
3	Fijar CL_1287	66.94	10.00	6.69	95%	6.36	0.95	7.31
4	Fijar CL_1288	66.94	10.00	6.69	95%	6.36	0.95	7.31
5	Encintar tramada	372.36	10.00	37.24	95%	35.37	5.31	40.68
6	Desmontar y poner en riel	47.23	10.00	4.72	95%	4.49	0.67	5.16
Total								76.50

TAB-040		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estándar
N°	Elementos						15%	
1	Escanear arnes	36.28	10.00	3.63	95%	3.45	0.52	3.96
2	Rutear antenas	75.95	10.00	7.60	95%	7.22	1.08	8.30
3	Pegar etiqueta a antenas	61.19	10.00	6.12	95%	5.81	0.87	6.69
4	Rutear arnes	93.67	10.00	9.37	95%	8.90	1.33	10.23
5	Colocar pieza YS43006	98.62	10.00	9.86	95%	9.37	1.41	10.77
6	Rutear resto de arnes	34.53	10.00	3.45	95%	3.28	0.49	3.77
7	Encintar (628 mm)	141.58	10.00	14.16	95%	13.45	2.02	15.47
8	Desmontar y poner en riel	50.38	10.00	5.04	95%	4.79	0.72	5.50
Total								64.70

TAB-041		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estándar
N°	Elementos						15%	
1	Colocar bridas en contra (2 RG00600)	32.17	10.00	3.22	95%	3.06	0.46	3.51
2	Colocar bridas en contra (4 RG02506)	60.02	10.00	6.00	95%	5.70	0.86	6.56
3	Escanear etiqueta	61.17	10.00	6.12	95%	5.81	0.87	6.68
4	Pasar bolsa	26.20	10.00	2.62	95%	2.49	0.37	2.86
5	Rutear arnes	79.17	10.00	7.92	95%	7.52	1.13	8.65
6	Colocar RT37804 (tuerca expandible)	35.24	10.00	3.52	95%	3.35	0.50	3.85
7	Colocar RT03004 (tuerca expandible)	43.22	10.00	4.32	95%	4.11	0.62	4.72
8	Fijar con cinta YS43006	50.65	10.00	5.07	95%	4.81	0.72	5.53
9	Fijar CL_1207	64.53	10.00	6.45	95%	6.13	0.92	7.05
10	Fijar CL_1206	49.97	10.00	5.00	95%	4.75	0.71	5.46
11	Fijar CL_1205	49.64	10.00	4.96	95%	4.72	0.71	5.42
12	Fijar CL_1292	52.00	10.00	5.20	95%	4.94	0.74	5.68
13	Fijar CL_1202	55.08	10.00	5.51	95%	5.23	0.78	6.02
14	Fijar CL_1200	49.63	10.00	4.96	95%	4.71	0.71	5.42
15	Desmontar	30.39	10.00	3.04	95%	2.89	0.43	3.32
Total								80.74

TAB-042		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estándar
N°	Elementos						15%	
1	Colocar bridas	55.22	10.00	5.52	95%	5.25	0.79	6.03
2	Colgar bolsa	36.41	10.00	3.64	95%	3.46	0.52	3.98
3	Rutear arnes	74.17	10.00	7.42	95%	7.05	1.06	8.10
4	Encintar tramada (379 mm)	147.28	10.00	14.73	95%	13.99	2.10	16.09
5	Fijar CL_2000	58.63	10.00	5.86	95%	5.57	0.84	6.41
6	Fijar CL_1299	58.63	10.00	5.86	95%	5.57	0.84	6.41
7	Fijar CL_1264	58.63	10.00	5.86	95%	5.57	0.84	6.41
8	Fijar CL_1258	58.63	10.00	5.86	95%	5.57	0.84	6.41
9	Fijar CL_1257	58.63	10.00	5.86	95%	5.57	0.84	6.41
10	Desmontar y colgar en riel	39.44	10.00	3.94	95%	3.75	0.56	4.31
Total								70.54

TAB-043		Tiempo total	# de ciclos	Promedio	Calificación de actuación	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo Estándar
N°	Elementos						15%	
1	Escanear etiqueta	49.48	10.00	4.95	95%	4.70	0.71	5.41
2	Desenredar tramada	92.82	10.00	9.28	95%	8.82	1.32	10.14
3	Hacer aro	150.67	10.00	15.07	95%	14.31	2.15	16.46
4	Meter en bolsa y subir a riel	122.87	10.00	12.29	95%	11.67	1.75	13.42
Total								45.43

Cálculo del tiempo estándar promedio de los dos turnos.

Tablero	Actividades	1er Turno	2do Turno	T. ESTÁNDAR
TAB-032	Tomar tramada y rutear	18.65	19.39	19.02
TAB-032	Encintar tramada	26.95	31.01	28.98
TAB-032	Fijar CL_1263	8.28	10.27	9.28

Tablero	Actividades	1er Turno	2do Turno	T. ESTÁNDAR
TAB-032	Desmontar tramada y poner en riel	7.66	7.81	7.73
TAB-033	Colocar bridas en contras	4.40	5.15	4.78
TAB-033	Tomar tramada y rutear	12.83	16.42	14.62
TAB-033	Encintar tramada	14.50	17.45	15.97
TAB-033	Fijar CL_1283	5.86	8.02	6.94
TAB-033	Fijar CL_1282	5.15	8.02	6.58
TAB-033	Fijar CL_1281	5.35	8.02	6.68
TAB-033	Desmontar y poner en riel	8.58	6.17	7.38
TAB-038	Tomar tramada y rutear	15.03	16.52	15.77
TAB-038	Encintar tramada	27.04	32.97	30.00
TAB-038	Fijar CL_1253	7.50	8.01	7.76
TAB-038	Fijar CL_1252	7.50	8.01	7.76
TAB-038	Desmontar tramada y poner en riel	5.33	5.06	5.19
TAB-039	Colocar bridas en contras	2.96	3.97	3.47
TAB-039	Tomar tramada y rutear	12.62	12.06	12.34
TAB-039	Fijar CL_1287	6.10	7.31	6.71
TAB-039	Fijar CL_1288	6.10	7.31	6.71
TAB-039	Encintar tramada	44.06	40.68	42.37
TAB-039	Desmontar tramada y poner en riel	4.91	5.16	5.04
TAB-040	Escanear etiqueta de tramada	4.90	3.96	4.43
TAB-040	Rutear antenas	8.46	8.30	8.38
TAB-040	Pegar etiqueta a antenas	6.12	6.69	6.40
TAB-040	Rutear tramada	11.09	10.23	10.66
TAB-040	Colocar pieza YS43006	11.02	10.77	10.90

Tablero	Actividades	1er Turno	2do Turno	T. ESTÁNDAR
TAB-040	Rutear resto de tramada	5.99	3.77	4.88
TAB-040	Encintar (628 mm)	19.43	15.47	17.45
TAB-040	Desmontar tramada y poner en riel	5.53	5.50	5.52
TAB-041	Colocar bridas en contra (2 RG00600)	3.58	3.51	3.55
TAB-041	Colocar bridas en contra (4 RG02506)	6.47	6.56	6.52
TAB-041	Escanear etiqueta	6.41	6.68	6.55
TAB-041	Pasar bolsa	3.00	2.86	2.93
TAB-041	Rutear tramada	7.94	8.65	8.29
TAB-041	Colocar RT37804 (tuerca expandible)	4.47	3.85	4.16
TAB-041	Colocar RT03004 (tuerca expandible)	4.67	4.72	4.70
TAB-041	Fijar con cinta YS43006	5.55	5.53	5.54
TAB-041	Fijar CL_1207	6.76	7.05	6.91
TAB-041	Fijar CL_1206	5.42	5.46	5.44
TAB-041	Fijar CL_1205	5.29	5.42	5.36
TAB-041	Fijar CL_1292	5.79	5.68	5.73
TAB-041	Fijar CL_1202	6.03	6.02	6.02
TAB-041	Fijar CL_1200	5.29	5.42	5.36
TAB-041	Desmontar tramada	3.40	3.32	3.36
TAB-042	Colocar bridas	4.80	6.03	5.42
TAB-042	Colgar bolsa	3.71	3.98	3.85
TAB-042	Rutear tramada	6.78	8.10	7.44
TAB-042	Encintar tramada (379 mm)	12.37	16.09	14.23
TAB-042	Fijar CL_2000	5.49	6.41	5.95
TAB-042	Fijar CL_1299	5.49	6.41	5.95

Tablero	Actividades	1er Turno	2do Turno	T. ESTÁNDAR
TAB-042	Fijar CL_1264	5.49	6.41	5.95
TAB-042	Fijar CL_1258	5.49	6.41	5.95
TAB-042	Fijar CL_1257	5.49	6.41	5.95
TAB-042	Desmontar tramada y colgar en riel	4.18	4.31	4.25
TAB-043	Escanear etiqueta	4.01	5.41	4.71
TAB-043	Desenredar tramada	12.80	10.14	11.47
TAB-043	Hacer aro	15.58	16.46	16.02
TAB-043	Meter en bolsa y subir a riel	11.76	13.42	12.59

Tabla 24. Tiempos estándar de las actividades en la célula TPD