



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE

T E S I S

**BALANCEO DE LÍNEA PARA MEDIR Y AUMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD Y DISMINUIR EL TIEMPO MUERTO EN
CONDUCTORES TECNOLÓGICOS DE
JUÁREZ SA DE CV.**

presentada por

ISAAC ELENES RODRÍGUEZ

como requisito para la obtención del grado de

Ingeniería Industrial

Director(a) de tesis

MEC. BRENDA GUADALUPE DELGADO JIMÉNEZ

Codirector(a) de tesis

MII. EMILIA ESTÉFANA SAUCEDA LÓPEZ



Guasave Sinaloa, Febrero 2025

CARTA DE LIBERACIÓN O APROBACIÓN DE TESIS.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a mi asesora interna MEC. Brenda Guadalupe Delgado Jiménez y a mis dos asesores externos Marco Gildardo Contreras Sánchez y Bruno Nieblas, por su invaluable apoyo y orientación a lo largo de la realización de mi proyecto de tesis. Su guía no solo me brindó claridad académica, sino también la motivación necesaria en momentos de incertidumbre y duda. Su confianza en mis capacidades fue un factor determinante para que pudiera avanzar y superar los diversos desafíos que se presentaron durante este proceso.

Agradezco profundamente el tiempo y esfuerzo que dedicaron a orientarme, a proporcionar retroalimentación constructiva y a fomentar un ambiente de aprendizaje continuo. Su experiencia y conocimiento me permitieron crecer tanto a nivel académico como personal, y sin su apoyo incondicional, no hubiera sido posible alcanzar los resultados obtenidos.

A mi asesora interna, le agradezco por su dedicación y paciencia, por siempre estar dispuesta a ayudarme y por guiarme con sabiduría a través de las diferentes fases del proyecto. A mis asesores externos, les agradezco por aportar sus perspectivas valiosas y enriquecer mi trabajo con sus conocimientos y sugerencias. Cada uno de ustedes ha jugado un papel crucial en este viaje académico, y les estaré eternamente agradecido por todo lo que me han enseñado.

No podría dejar de agradecer a mi familia, quienes han sido mi mayor fuente de apoyo y motivación a lo largo de este proceso. A mis padres, por su amor incondicional, su comprensión y por siempre haber creído en mí, incluso cuando yo dudaba de mis propias capacidades. Su apoyo ha sido fundamental para mantenerme enfocado y seguir adelante, y este logro es tan suyo como mío. A mis hermanos, por su paciencia y por estar siempre dispuestos a ofrecerme su ayuda, ya sea emocional o práctica.

También quiero agradecer a novia, quien, a lo largo de este camino, me ofrecieron su apoyo, comprensión y palabras de aliento. Cada conversación, cada gesto de

amor, fue un recordatorio de la importancia de tener a alguien a tu lado que me ayudara a mantener una perspectiva positiva y a seguir adelante con determinación.

Finalmente, quiero reconocer la importancia de la confianza que todos ustedes depositaron en mí. Cada palabra de aliento y cada consejo práctico me ayudaron a mantenerme enfocado y comprometido con mis objetivos. Su apoyo ha sido esencial para lograr esta tesis, y siempre llevaré conmigo el aprendizaje y el cariño que me brindaron. ¡Muchas gracias a todos!

RESUMEN (ABSTRACT).

El proyecto titulado " **BALANCEO DE LÍNEA PARA MEDIR Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD Y DISMINUIR EL TIEMPO MUERTO EN CONDUCTORES TECNOLÓGICOS DE JUÁREZ SA DE CV.**" se llevó a cabo en cinco etapas clave: diagnóstico, análisis, rediseño, capacitación e implementación. Inicialmente, se evaluó el estado actual de la línea, identificando problemas de productividad, tiempos muertos y desequilibrios en las tareas asignadas. Se recopilaron y analizaron datos operativos como tiempos de ciclo, productividad y balance de línea.

Posteriormente, se rediseñaron las estaciones de encintado para optimizar los procesos, redistribuir tareas y eliminar una estación innecesaria. Esto implicó la reconfiguración de estándares operativos y una mejora en la disposición de los materiales. Posteriormente, se capacitó al personal en las nuevas metodologías de trabajo, garantizando su comprensión y aplicación eficiente en el rediseño.

La implementación de los cambios incluyó ajustes físicos en las estaciones y pruebas del nuevo diseño, obteniendo como resultado un balance del 97% en la línea, con una mejora del 3% en la productividad general, alcanzando el 66% de productividad. Además, se lograron reducir los costos operativos al optimizar la distribución del trabajo entre los operadores.

Finalmente, se concluyó que las modificaciones implementadas no solo mejoraron la eficiencia y la sostenibilidad de la línea, sino que también fomentaron el desarrollo de habilidades organizativas y técnicas en el equipo involucrado. Este proyecto representa un avance significativo en los procesos productivos de la empresa y un paso hacia la excelencia operativa.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
III. JUSTIFICACIÓN.	3
IV. HIPÓTESIS.	5
V. OBJETIVOS.	6
VI. MARCO TEÓRICO.	7
6.1.1 Historia de la industria de arneses automotriz	7
6.1.2 Producción de arneses	7
6.1.3 La producción de arneses automotrices	7
6.1.4 Cómo optimizar la fabricación de arneses de cables	8
6.1.5 ¿Qué es un arnés automotriz?	9
6.1.6 Poliductos	9
6.1.7 Tape	9
6.1.8 Poka-Yoke	9
6.1.9 Holder	10
6.1.10 Conector	10
6.1.11 Terminal	10
6.1.12 Modelo	10
6.1.13 Número de parte	11
6.1.14 Clips	11
6.1.15 Combos	11
6.1.16 Kaizen	11
6.1.17 Tiempos muertos	12
6.1.18 Estantería	12
6.1.19 Estaciones	12
6.1.20 Eficiencia	12
6.1.21 Productividad	14
6.1.22 Medición de la productividad	17
6.1.23 Conveyor	17
6.1.24 Estudio de tiempos	17
6.1.25 Tiempo ocio	20

6.1.26 Requerimiento.....	21
6.1.27 Holguras.....	21
6.1.28 Rediseño de estaciones.....	21
6.1.29 Mano de obra.....	21
6.1.30 Cuello de botella	21
6.1.31 Tasa de producción.....	23
6.1.32 Equilibrio de carga	23
6.1.33 Prioridad de tareas.....	23
6.1.34 Balanceo de línea heurístico	24
6.1.35 Desperdicio en la línea de producción	24
6.1.36 Flexibilidad en la línea de producción	24
6.1.37 Tiempo de transferencia	24
6.1.38 Utilización de recursos	24
6.1.39 Line balancing efficiency (Eficiencia del balanceo de línea)	24
6.2 Estado del arte.....	25
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
7.1 Materiales	28
7.2 Métodos	28
VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	30
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	40
X. REFERENCIAS.....	43
XI. ANEXOS.....	47

ÍNDICES DE CUADROS, TABLAS O FIGURA

Tabla 1. Estado actual de la línea 27 del 1mt-14 ^a 303-AACC	30
Tabla 2. Tiempos de encintado graficados.....	31
Imagen 1. Layout de la línea de producción.....	31
Imagen 2. Estándar de encintado 1.....	34
Tabla 3. Tabla de requerimiento en la línea ya modificada	36
Tabla 4. Tabla de tiempos de encintado con la nueva propuesta	37
Tabla 5. Tabla de tiempos graficados con la nueva propuesta	37
Imagen 3. Layout después de rediseño de estaciones.	38
Imagen 4. Estándar de encintado de la línea 27 1MT-14A303-A.....	47
Imagen 5. Área de trabajo compartido al inicio del proyecto.	47
Imagen 6. Área de trabajo propio para realizar el proyecto de rediseño de estaciones.	48
Imagen 7. Tablero de producción en el conveyor área de encintado.	48
Imagen 8. Línea de producción 1MT-14A303 área de encintado.....	49

I. INTRODUCCIÓN.

El presente documento expone el proyecto de tesis titulado "Balanceo de Línea para Medir y Aumentar la Productividad y Disminuir el Tiempo Muerto en Conductores Tecnológicos de Juárez S.A. de C.V.", el cual tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia operativa de la línea de producción mediante un enfoque integral en la optimización de los procesos. A través de un análisis detallado del estado actual de la línea, este proyecto propone un conjunto de acciones orientadas a identificar y resolver los problemas que afectan la productividad, al mismo tiempo que se busca reducir los tiempos muertos y mejorar el balance entre las estaciones de trabajo.

El proyecto se estructura en cinco etapas clave que permiten abordar cada uno de los objetivos establecidos. En primer lugar, se lleva a cabo un diagnóstico exhaustivo de la línea de producción, donde se evalúan aspectos como la eficiencia, el balance de tareas y los tiempos de ciclo. A partir de los datos recopilados, se analizaron los problemas identificados y se diseñaron estrategias de mejora. Posteriormente, se desarrolló el balanceo de la línea, con un enfoque en el rediseño de las estaciones de trabajo, cuyo objetivo fue optimizar las tareas de encintado, minimizar los tiempos muertos y garantizar una distribución equitativa de las cargas de trabajo.

Además, se abordó el proceso de capacitación del personal, asegurando que los operadores comprendieran y aplicaran correctamente las modificaciones implementadas. Finalmente, se detallan las mejoras físicas realizadas en las estaciones de trabajo y se presentan los resultados obtenidos, destacando el incremento de la productividad y la mejora en la eficiencia operativa de la línea.

Este proyecto concluye con un análisis de los resultados alcanzados, ofreciendo recomendaciones para asegurar la continuidad de las mejoras implementadas y su posible replicación en otras áreas de la empresa. De este modo, se presenta una visión integral del proceso de mejora y su impacto en el desempeño global de la línea de producción.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En Conductores Tecnológicos de Juárez S.A. de C.V., se ha detectado que las estaciones de trabajo actuales presentan una serie de ineficiencias que afectan significativamente el desempeño de la línea de producción. Estos problemas se traducen en tiempos muertos prolongados y un flujo de trabajo subóptimo, lo cual tiene un impacto directo en la capacidad productiva y en la rentabilidad de la empresa.

Específicamente, se observan los siguientes problemas:

- **Tiempos Muertos Prolongados:** Existen períodos de inactividad no planificados entre tareas o estaciones de trabajo, lo que reduce la utilización efectiva del tiempo y recursos disponibles. Estos tiempos muertos afectan la continuidad del proceso y generan retrasos en la producción.
- **Flujo de Trabajo Ineficiente:** La disposición actual de las estaciones de trabajo y el diseño de los procesos conducen a movimientos innecesarios y a una falta de sincronización entre las distintas etapas de producción. Esto provoca cuellos de botella y ralentiza el ritmo general de la línea de producción.
- **Impacto en la Productividad y Rentabilidad:** Los tiempos muertos y el flujo de trabajo ineficiente resultan en una disminución de la productividad y un incremento en los costos operativos.

En este contexto, se plantea el proyecto de Balanceo de Línea para Medir y Aumentar la Productividad y Disminuir el Tiempo Muerto en Conductores Tecnológicos de Juárez S.A. de C.V., con la finalidad de optimizar la disposición de las estaciones de trabajo, reducir los tiempos muertos y mejorar la sincronización del flujo de trabajo. La meta es incrementar la eficiencia operativa, maximizar la capacidad productiva, y mejorar la rentabilidad de la empresa, asegurando una mayor satisfacción del cliente y una posición competitiva fortalecida en el mercado. Este rediseño debe considerar un análisis detallado de los procesos actuales y la implementación de soluciones innovadoras que respondan a las necesidades específicas de la línea de producción.

III. JUSTIFICACIÓN.

La razón de ser de este proyecto de tesis radica en la necesidad de mejorar la eficiencia y productividad de la línea de producción en Conductores Tecnológicos de Juárez S.A. de C.V., una empresa que enfrenta desafíos comunes en la industria manufacturera, como los tiempos muertos, la sobrecarga de tareas en algunas estaciones de trabajo y la distribución desequilibrada de actividades. Estos factores no solo afectan el desempeño de la línea de producción, sino que también incrementan los costos operativos y limitan la capacidad de la empresa para cumplir con sus objetivos de productividad y rentabilidad.

La optimización de la línea de producción mediante el balanceo adecuado de las estaciones de trabajo tiene un impacto directo en la reducción de los tiempos muertos y el aumento de la productividad. Este proyecto busca abordar estos problemas a través de un análisis detallado de las estaciones de trabajo, la identificación de cuellos de botella y la implementación de mejoras tanto en la distribución de tareas como en los estándares de operación. Al equilibrar las cargas de trabajo y mejorar la sincronización entre las estaciones, se espera aumentar la eficiencia operativa de la línea, lo que resultará en un uso más efectivo de los recursos humanos y materiales disponibles.

Además, la capacitación del personal es un aspecto esencial de este proyecto, ya que garantiza que los operadores comprendan y apliquen correctamente los cambios realizados, lo que maximiza el impacto positivo de las modificaciones en la línea de producción. La formación continua también fortalece el compromiso y la motivación de los empleados, contribuyendo a una mejora sostenible en el rendimiento de la línea.

Este proyecto no solo busca mejorar la eficiencia en la línea de producción de Conductores Tecnológicos de Juárez S.A. de C.V., sino también establecer un modelo de buenas prácticas que pueda ser replicado en otras áreas operativas de la empresa. De esta manera, se contribuye al crecimiento a largo plazo de la

organización, optimizando procesos y aumentando la competitividad en el mercado. La implementación de este balanceo de línea representa una inversión estratégica que tiene el potencial de generar un impacto significativo en la rentabilidad y en la capacidad de la empresa para enfrentar los desafíos del sector.

El propósito de este proyecto es aumentar la productividad y fomentar la mejora continua, considerando siempre la satisfacción del cliente. Las empresas buscan constantemente optimizar sus procesos, y este proyecto tiene como objetivo mejorar los resultados productivos al incrementar la eficiencia en la línea de producción. Para lograrlo, se reducirá el uso de estanterías y se eliminarán tiempos muertos generados por su presencia. Este proyecto también tendrá un impacto económico, ya que permitirá reducir el gasto en la compra de más estantes y disminuirá el tiempo total de producción. Además, habrá un beneficio tecnológico, al implementar innovaciones que aseguren que el material llegue de manera directa a la línea de trabajo.

La empresa de arneses automotrices CONTEC S.A. de C.V. es una empresa comprometida con la mejora continua, por lo que este proyecto está alineado con su meta de incrementar la productividad y optimizar sus procesos de manera constante.

IV. HIPÓTESIS

Mediante la implementación de un balanceo de línea se podrá disminuir el tiempo muerto de operación y será posible aumentar la productividad en la línea.

V. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un balanceo de línea para medir y aumentar la productividad, así como disminuir el tiempo muerto en la línea de producción en empresa de arneses automotrices.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar toma de tiempo en la línea de producción.
- Analizar los resultados e identificar las estaciones donde puede ver oportunidades de mejora.
- Balancear la carga de trabajo.
- Eliminar tiempos muertos ocultos.
- Agregar nuevos estándares de operación de acuerdo al nuevo método de trabajo.
- Capacitar a los operarios con los nuevos estándares de operación.
- Hacer de nuevo toma de tiempo en la línea de producción.
- Supervisar la línea y medir su productividad.

VI. MARCO TEÓRICO.

6.1 Fundamentos teóricos

6.1.1 Historia de la industria de arneses automotriz

La industria de los arneses automotrices en México comenzó en los años ochenta y, en la actualidad, es el principal producto de exportación en el sector maquilador, siendo superada solo por los motores dentro de la industria automotriz. Lo que empezó como una industria de ensamblaje básico con unas pocas plantas ha evolucionado hasta convertirse en el principal grupo industrial en estados como Chihuahua. Esta transformación se evidencia en el cambio en la función del producto y los avances tecnológicos. Hoy en día, los arneses son considerados el sistema nervioso central de los vehículos, y su importancia crece conforme aumenta la tecnología en los automóviles y la producción de sistemas modulares e integrados. (Carrillo, 2001).

6.1.2 Producción de arneses

Aunque los arneses automotrices representan menos del 1% del valor agregado de un automóvil, su función es crucial. Los vehículos modernos dependen de sistemas eléctrico-electrónicos complejos, donde cada operación es controlada o monitoreada electrónicamente a través de una red de cables, conectores y centros electrónicos. Por eso, se les suele llamar el "sistema nervioso" de los automóviles, tanto por especialistas (Koido, 1992) como por las empresas del sector (Yazaki, 1999; Delphi, 1999). El diseño y la producción de estos conjuntos están orientados a garantizar un flujo constante en la fabricación de vehículos, adaptándose a diferentes modelos y accesorios. Además, el ensamblaje final de los arneses requiere de una serie de operaciones complejas que no pueden ser automatizadas de manera económica o práctica. (Carrillo, 2001).

6.1.3 La producción de arneses automotrices

Los arneses automotrices son considerados el "sistema nervioso" de los vehículos, ya que permiten la transmisión de información entre los distintos componentes

eléctricos y electrónicos. La configuración de estos arneses varía de acuerdo con las características del nuevo modelo de automóvil, como las bolsas de aire, ventanas y puertas automáticas, asientos eléctricos, control de cruce y suspensión automática.

La fabricación de arneses automotrices implica una compleja división del trabajo, ya que el proceso transforma miles de cables en diferentes tipos de sistemas integrados. Este proceso consta de cinco etapas principales, y en general, puede realizarse dentro de una misma zona industrial. (Carrillo, 2001).

6.1.4 Cómo optimizar la fabricación de arneses de cables

En una industria donde los métodos manuales de ingeniería aún prevalecen, las innovaciones en software para el diseño eléctrico y de arneses pueden reducir de forma significativa el tiempo y los costos del ciclo de diseño, mejorar la calidad tanto del producto como del proceso, y disminuir los costos y tiempos de producción. A continuación, te explicamos cómo estas soluciones automatizadas pueden incrementar la productividad de tu empresa.

Los fabricantes de arneses de cables se enfrentan a desafíos crecientes a medida que los arneses se vuelven más complejos y los tiempos de entrega se acortan. Afortunadamente, hay una nueva generación de herramientas de ingeniería de sistemas eléctricos que permite a empresas de todos los tamaños enfrentar estos desafíos. Con un mayor grado de automatización, estas herramientas permiten a los ingenieros generar rápidamente planos, cálculos, instrucciones de trabajo, así como toda la documentación y materiales necesarios. Esto reduce el tiempo para preparar presupuestos, mejora el servicio ofrecido y permite responder más ágilmente a las demandas de los clientes, superando a la competencia. Detectar errores en etapas avanzadas del proceso puede retrasar las fechas de entrega y ocasionar la pérdida de otras oportunidades debido a limitaciones en la capacidad de producción. (Smith, Rodríguez, 2021).

6.1.5 ¿Qué es un arnés automotriz?

Un arnés eléctrico es un conjunto de cables, terminales, conectores, clips, cintas y otros componentes que transmiten señales eléctricas de un punto a otro. La disposición de los clips, el tipo y la ubicación de la cinta, así como la variedad, tipo y tamaño de los conectores, varían según la sección o módulo del automóvil. Los arneses se agrupan en familias y se pueden clasificar en función de su tamaño o características específicas. (Ávila, Gómez, 2020).

6.1.6 Poliductos

Los poliductos en los arneses automotrices son componentes esenciales que se utilizan para proteger y organizar los cables en un vehículo. En la empresa Contec Guasave, que se especializa en la fabricación de sistemas eléctricos para automóviles, la incorporación de poliductos en los arneses forma parte del proceso de diseño y producción para asegurar que los productos finales cumplan con los estrictos estándares de la industria automotriz. (Gustafson, 2017).

6.1.7 Tape

El uso de cinta (tape) en la fabricación de arneses automotrices es crucial para asegurar la integridad y protección de los cables. Esta cinta se emplea principalmente para unir y proteger los componentes eléctricos de los arneses, evitando el desgaste o daño que podría ocurrir por fricción o exposición a factores externos. Además, ayuda a organizar los cables de manera eficiente, asegurando que los arneses sean compactos y fáciles de manejar durante el ensamblaje del vehículo. (Gustafson, 2017).

6.1.8 Poka-Yoke

El Poka-Yoke es una técnica originaria de Japón cuyo significado es "a prueba de errores". Su objetivo es diseñar procesos que eviten o eliminen fallos, ya sea por causas humanas o automatizadas. Además, este método también puede aplicarse para detectar errores de manera más sencilla. Si nos enfocamos en las tareas que se realizan durante la producción de un producto, estas pueden incluir muchas

actividades intermedias, y el producto final puede constar de muchas piezas. A lo largo de estas actividades, que a menudo implican ensamblajes y otras operaciones simples pero repetitivas, el riesgo de cometer errores es elevado, sin importar la complejidad de las tareas. El uso de Poka-Yoke ayuda a reducir este riesgo mediante soluciones prácticas y económicas. (Trujillo, 2020).

6.1.9 Holder

Es un componente cuya función es detectar que exista corriente entre los circuitos de los arneses fabricados, mediante el holder se puede detectar si algún circuito se encuentra ensamblado en una cavidad equivocada, cuando un circuito está en una cavidad errónea se le conoce como circuito invertido. (Pino, J. M, 2008).

6.1.10 Conector

Los conectores automotrices son dispositivos industriales que se utilizan para sujetar sensores en los vehículos y conectar los circuitos eléctricos. Como se mencionó previamente, estas conexiones pueden ser temporales o permanentes, dependiendo del tipo de pines o de las herramientas necesarias para su instalación y desmontaje. (Gustafson, 2017).

6.1.11 Terminal

Los terminales de conectores automotrices están diseñados para proporcionar conexiones de cable robustas y eficientes. Estos terminales automotrices TE están diseñados para una alta resistencia a las vibraciones y las influencias térmicas. Los terminales de conectores automotrices consisten principalmente en terminales estandarizados que proporcionan un punto de conexión rápido y cualitativo entre uno o más cables y cabezales u otros cables. (Gustafson, 2017).

6.1.12 Modelo

Familia a la que pertenece el arnés de acuerdo con la versión del automóvil para el que fue fabricado. (Gustafson, 2017).

6.1.13 Número de parte

Los números de parte son códigos generalmente alfanuméricos creados por el fabricante con el fin de diferenciar a una pieza específica dentro de todas las que componen a algo específico. (Gustafson, 2017).

6.1.14 Clips

Los clips constan de dos partes, el sujetador que es la pieza que se fija al metal o arnés y el cintillo que es quien sujetara al conjunto de circuitos y sirven para asegurar el ruteo de los arneses y que no rocen con otra pieza del automóvil, los clips se fijan a piezas de metal en el automóvil. Se caracterizan por su gran variedad de diseños y colores dentro de los procesos del arnés. (Gustafson, 2017).

6.1.15 Combos

Es la unión de dos o más conectores a través de pestañas que se ensamblan entre sí para mantener juntos los conectores. Este proceso se realiza por requerimiento del cliente; especificado mediante ayudas visuales aplicadas en los planos de los arneses. (Uteco Contec).

6.1.16 Kaizen

A pesar de que el término Kaizen es definido por Masaaki Imai en sus dos libros del tema (1986; 1997), esta palabra japonesa que significa «mejoramiento», todavía no tiene una explicación detallada que le permita brindar mayor claridad de su contenido teórico. Diferentes autores han intentado explicarlo desde diferentes perspectivas. El propio Imai (1989: 23) lo define como: "Mejoramiento y aún más significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerente y trabajadores por igual". Para Newitt (1996), la definición de Imai (1986, 1989), se basa en que la palabra Kaizen es una derivación de dos ideogramas japonesas que significan: KAI = Cambio, ZEN = Bueno (para mejorar) (Farley 1999; Newitt 288 Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua Pecvnia, 7 (2008), pp. 285-311 1996), es decir, Mejora Continua o Principio de Mejora Continua (Lillrank y Kano 1989: 28). (Suarez, 2009).

6.1.17 Tiempos muertos

Los tiempos muertos en una empresa se refieren a los períodos en los que los recursos (personal, maquinaria, equipo o procesos) no están operando de manera productiva. Estos tiempos improductivos representan un problema, ya que disminuyen la eficiencia y pueden generar pérdidas económicas. (Tejada, Gisbert, Pérez, 2017).

6.1.18 Estantería

El almacenamiento en estanterías y estructuras consiste en situar los distintos tipos y formas de carga en estantes y estructuras alveolares de altura variable, sirviéndose para ello de equipos de manutención manual o mecánica. Existen distintos tipos de almacenamiento en estanterías y estructuras:

- Almacenamiento estático: sistemas en los que el dispositivo de almacenamiento y las cargas permanecen inmóviles durante todo el proceso.
- Almacenamiento móvil: sistemas en los que, si bien las cargas unitarias permanecen inmóviles sobre el dispositivo de almacenamiento, el conjunto de ambos experimenta movimiento durante todo el proceso.

(Pino, J. M).

6.1.19 Estaciones

Las estaciones de trabajo son áreas designadas donde se realizan tareas específicas de los arneses dentro del proceso productivo o administrativo. Estas estaciones pueden ser utilizadas por personas, máquinas, o una combinación de ambos, y están diseñadas para facilitar el flujo de trabajo de manera eficiente y organizada. (Pino, J. M, 2008).

6.1.20 Eficiencia

La eficiencia es un concepto clave en cualquier ámbito empresarial y se refiere a la capacidad de utilizar de manera óptima los recursos disponibles (como tiempo, dinero, materiales, energía o personal) para alcanzar los objetivos establecidos con el menor desperdicio posible. Ser eficiente implica maximizar los resultados

obtenidos con la mínima cantidad de insumos, eliminando o reduciendo los desperdicios en el proceso.

Procedimiento para evaluar y mejorar la eficiencia

1. Definición de objetivos:

- Clarificar qué se espera lograr con el menor consumo de recursos posible.

2. Identificación de recursos y procesos:

- Determinar los recursos disponibles y mapear los procesos relacionados con los objetivos.

3. Análisis del desempeño actual:

- Medir la eficiencia actual mediante indicadores como productividad, costos unitarios o tiempos de ciclo.

4. Identificación de desperdicios:

- Detectar áreas donde existan desperdicios, como exceso de inventarios, tiempo muerto o uso innecesario de energía.

5. Propuesta de mejoras:

- Diseñar estrategias para reducir los desperdicios y optimizar el uso de recursos.

6. Implementación y seguimiento:

- Ejecutar las mejoras propuestas y realizar un monitoreo constante para asegurar que se mantengan los resultados deseados.

Objetivos de la eficiencia

- **Reducir costos:** Minimizar los gastos asociados al uso de recursos materiales, energéticos y humanos.

- **Maximizar resultados:** Obtener mayores beneficios o producción con los mismos recursos disponibles.
- **Eliminar desperdicios:** Identificar y eliminar actividades que no agregan valor al proceso o producto.
- **Incrementar la competitividad:** Mejorar el desempeño de la organización para destacarse en el mercado.
- **Promover la sostenibilidad:** Hacer un uso racional de los recursos para minimizar el impacto ambiental.

Importancia de la eficiencia

La eficiencia es esencial para cualquier organización, ya que impacta directamente en la rentabilidad, la sostenibilidad y la competitividad. Una empresa eficiente no solo reduce costos, sino que también genera valor adicional al ofrecer productos o servicios de alta calidad a precios competitivos.

(Rojas, 2018).

6.1.21 Productividad

La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos). Es decir:

Productividad= Salidas/Entradas

De esta forma, surgen algunos problemas como: definir el sistema, indicar como pueden expresarse sus entradas y salidas, y considerar como medir la productividad.

Técnicas para medir la productividad

Para medir la productividad de manera efectiva, es necesario considerar diversas técnicas y enfoques según el sistema analizado:

1. Medición parcial de la productividad:

- Relaciona una sola salida con un único tipo de entrada.
- Es útil para identificar áreas específicas que necesitan mejora.

2. Medición de la productividad total:

- Considera todas las salidas y todas las entradas de un sistema.
- Ofrece una visión integral del desempeño del sistema.

3. Técnicas comparativas:

- Se utilizan índices o benchmarks para comparar la productividad entre diferentes períodos, empresas o sectores.

4. Análisis del valor agregado:

- Mide la productividad en función del valor económico creado por el sistema después de restar los costos de insumos.

Procedimiento para evaluar la productividad

1. Definir el sistema:

- Determinar el alcance del sistema a evaluar, incluyendo sus límites, procesos y componentes clave.

2. Identificar las entradas y salidas:

- Especificar los recursos utilizados (materias primas, energía, capital, horas de trabajo, etc.).
- Determinar los bienes o servicios producidos.

3. Recolectar datos:

- Registrar información cuantitativa sobre los insumos empleados y los resultados obtenidos.

4. Calcular la productividad:

- Aplicar la fórmula de productividad para medir la relación entre salidas e insumos.

5. Interpretar los resultados:

- Analizar los datos obtenidos para identificar áreas con bajo rendimiento o potencial de mejora.

6. Implementar mejoras:

- Proponer acciones específicas para optimizar los procesos y recursos.

Objetivos de la medición de la productividad

- **Optimizar recursos:** Asegurar un uso eficiente de insumos como materiales, energía, tiempo y capital.
- **Incrementar la competitividad:** Mejorar los costos y la calidad para posicionar mejor la organización en el mercado.
- **Identificar áreas de mejora:** Detectar procesos ineficientes o recursos subutilizados.
- **Evaluar el desempeño:** Medir el progreso hacia los objetivos estratégicos de la organización.
- **Planificar y tomar decisiones:** Utilizar la información sobre productividad para desarrollar estrategias más efectivas y asignar recursos de manera óptima.

Problemas asociados a la medición de la productividad

- **Definición del sistema:** Determinar los límites y componentes clave puede ser complejo en sistemas amplios o interconectados.
- **Expresión de entradas y salidas:** Las unidades de medida pueden variar según el recurso o el producto, dificultando la comparación.

- **Medición precisa:** La recolección de datos confiables y representativos requiere herramientas y metodologías adecuadas.

(Roberto Carro Paz, 2009).

6.1.22 Medición de la productividad

La medición de la productividad puede realizarse a diferentes niveles en la economía: a nivel macro de la nación; a nivel de la rama de actividad económica y, a nivel de la empresa. A su vez, a nivel de la empresa y de acuerdo a los objetivos perseguidos, se puede generar sistemas de medición que comprende a toda la organización, o bien, sistemas que se circunscriben a determinados procesos productivos. Siendo la productividad en su definición básica una relación entre insumo y producto, se tiene que guardar particular cuidado que los universos a que se refieren el nominador y el denominador sean los mismos para no perder la congruencia y la pertenencia en el análisis, evitando así que se tomen decisiones equívocas. (Roberto Carro Paz).

6.1.23 Conveyor

Los sistemas de conveyors o transportadores juegan un papel clave en la gestión de materiales a granel. Contec se especializa en el diseño y fabricación de diversos tipos de transportadores, incluyendo belt conveyors (cintas transportadoras), pipe conveyors (transportadores de tuberías), y steep angle conveyors (transportadores de ángulo pronunciado). Estos sistemas están diseñados para optimizar la manipulación de materiales y reducir costos operativos, tiempos de inactividad, y el impacto ambiental, asegurando además un mantenimiento mínimo y una vida útil prolongada. (Pino, J. M, 2008).

6.1.24 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos, también conocido como el método clásico con cronómetro, fue propuesto por Frederick Taylor en 1881. Aunque se han desarrollado otras metodologías para medir el trabajo, el método clásico con cronómetro sigue siendo

el más utilizado. Este estudio consiste en medir el tiempo que un trabajador dedica a realizar una tarea determinada, con el objetivo de establecer un tiempo estándar.

Técnicas utilizadas

El método clásico con cronómetro emplea las siguientes técnicas principales:

- **Selección de la tarea a estudiar:** Se elige una operación repetitiva y representativa del proceso.
- **Descomposición de la tarea:** Se divide la tarea en elementos o pasos más pequeños para facilitar el análisis detallado.
- **Medición con cronómetro:** Se utiliza un cronómetro para registrar el tiempo dedicado a cada elemento de la tarea.
- **Repeticiones:** Se realizan varias observaciones de la misma tarea para obtener un promedio confiable.
- **Aplicación de factores de ajuste:** Se considera el ritmo de trabajo del operario y otros factores que puedan afectar el tiempo, como pausas inevitables o condiciones del entorno.
- **Determinación del tiempo estándar:** Una vez ajustados los datos, se establece el tiempo estándar que se espera que un trabajador calificado emplee bajo condiciones normales.

Procedimiento del estudio de tiempos

1. Preparación:

- Definir claramente el objetivo del estudio.
- Seleccionar la tarea o proceso que se analizará.
- Elegir al operario que realizará la tarea (de preferencia uno con experiencia y entrenamiento adecuado).

2. Registro de datos:

- Observar y registrar el tiempo utilizando un cronómetro para cada elemento de la tarea.
- Registrar cualquier detalle relevante, como interrupciones, herramientas utilizadas y condiciones del lugar de trabajo.

3. **Análisis de los datos:**

- Dividir los registros en elementos homogéneos.
- Evaluar el ritmo de trabajo del operario y aplicar los factores de ajuste necesarios.

4. **Cálculo del tiempo estándar:**

- Sumar los tiempos ajustados de los elementos.
- Agregar tiempos adicionales para actividades inevitables como descansos o contingencias.

5. **Documentación y uso de resultados:**

- Establecer el tiempo estándar y documentar los resultados.
- Utilizar los tiempos estándar para planificar horarios, determinar costos o identificar áreas de mejora.

Objetivos del estudio de tiempos

- **Establecer estándares de tiempo:** Determinar el tiempo mínimo necesario para realizar una tarea bajo condiciones específicas.
- **Mejorar la productividad:** Identificar ineficiencias en los procesos y proponer mejoras para optimizar el uso del tiempo y los recursos.
- **Equilibrar cargas de trabajo:** Asegurar una distribución justa y eficiente del trabajo entre los operarios.
- **Facilitar la planificación y el control:** Proveer datos confiables para planificar horarios, calcular costos y medir el desempeño.

- **Apoyar la capacitación:** Establecer parámetros claros para entrenar a los trabajadores en métodos eficientes de trabajo.

(Tejada, Gisbert, Pérez, 2017).

6.1.25 Tiempo ocio

El tiempo de ocio se define como el período que no está dedicado al trabajo, tareas obligatorias o necesidades básicas, y que se utiliza para actividades recreativas, de descanso o desarrollo personal. Este tiempo, esencial para la salud y el bienestar, permite a las personas desconectar de las rutinas y fomentar la creatividad y el aprendizaje. Investigadores como Dumazedier han destacado el ocio como una oportunidad para el desarrollo personal y social, vinculado a la libertad y la autorrealización.

Objetivos del tiempo de ocio

- **Promover el bienestar integral:** Mejorar la salud física, mental y emocional al reducir el estrés y la fatiga.
- **Fomentar la creatividad:** Permitir que las personas se dediquen a actividades que estimulen la innovación y el pensamiento creativo.
- **Desarrollo personal:** Brindar oportunidades para aprender nuevas habilidades o explorar intereses personales.
- **Fortalecer las relaciones sociales:** Facilitar la interacción con amigos, familia o grupos comunitarios.
- **Aumentar la satisfacción vital:** Ayudar a las personas a sentirse más realizadas y equilibradas en sus vidas.

Importancia del tiempo de ocio

El tiempo de ocio no solo tiene un valor recreativo, sino que también es un componente fundamental para la autorrealización y el desarrollo social. Dumazedier (1962) subraya que el ocio, al estar vinculado a la libertad, permite a las personas tomar decisiones autónomas sobre cómo emplear su tiempo, promoviendo así una vida más plena y equilibrada.

En un contexto donde las exigencias laborales y sociales pueden generar altos niveles de estrés, garantizar tiempo de ocio de calidad es esencial para la sostenibilidad del bienestar personal y colectivo.

(Dumazedier, 1962).

6.1.26 Requerimiento

En el contexto organizacional, los requerimientos se refieren a las especificaciones o condiciones necesarias para lograr un objetivo específico, ya sea en términos de habilidades, recursos o tiempo. Estos pueden ser técnicos, funcionales o de desempeño, según el área en la que se apliquen. (Perssman,2005).

6.1.27 Holguras

Las holguras en los procesos se definen como los márgenes de tiempo o recursos disponibles entre la finalización de una tarea y el inicio de otra sin afectar el cronograma global. En gestión de proyectos, representan flexibilidad para absorber retrasos y optimizar recursos. (Kerzner,2017).

6.1.28 Rediseño de estaciones

El rediseño de estaciones de trabajo implica la reestructuración física y funcional de un espacio laboral para optimizar la productividad, reducir tiempos muertos y mejorar el flujo de trabajo. Este proceso incluye análisis del flujo de materiales, redistribución de tareas y adecuación ergonómica. (Niebel, 2008).

6.1.29 Mano de obra

La mano de obra se refiere al esfuerzo humano físico o mental invertido en un proceso productivo. Incluye a los trabajadores directos e indirectos, siendo un factor clave en la productividad y costos de una organización. La calificación y entrenamiento del personal son determinantes para la calidad y eficiencia de los resultados. (Schultz, 1961).

6.1.30 Cuello de botella

Es una estación de trabajo cuya capacidad es inferior a la demanda de producción, lo que genera retrasos y afecta la eficiencia global de la línea. Identificar y gestionar los cuellos de botella es esencial en el balanceo de línea

Procedimiento para abordar cuellos de botella

1. Identificación del cuello de botella:

- Analizar el flujo de producción para localizar el punto donde la capacidad es más baja.

2. Evaluación del impacto:

- Determinar cómo afecta el cuello de botella a la eficiencia global del sistema.

3. Priorización de acciones correctivas:

- Enfocarse primero en la estación crítica que limita la producción.

4. Implementación de soluciones:

- Aumentar la capacidad del cuello de botella mediante la asignación de más recursos, la automatización o la eliminación de desperdicios.

5. Medición de resultados:

- Evaluar el efecto de las mejoras realizadas en el flujo de trabajo y el desempeño general.

6. Repetición del análisis:

- Continuar monitoreando el sistema para identificar nuevos cuellos de botella a medida que cambian las condiciones de producción.

Objetivos de la gestión de cuellos de botella

- **Optimizar el flujo de producción:** Reducir las acumulaciones y tiempos de espera para garantizar un proceso continuo.

- **Incrementar la capacidad total:** Mejorar el rendimiento del sistema al abordar las limitaciones críticas.
- **Reducir costos:** Minimizar los costos asociados con los tiempos muertos, el reproceso y los retrasos.
- **Mejorar el cumplimiento de plazos:** Asegurar que los productos o servicios se entreguen a tiempo al cliente.
- **Aumentar la satisfacción del cliente:** Proveer productos o servicios de manera más rápida y eficiente.

Importancia de gestionar los cuellos de botella

La gestión eficaz de los cuellos de botella es fundamental para maximizar el desempeño de cualquier sistema productivo. Al identificarlos y abordarlos adecuadamente, las empresas pueden reducir los tiempos de ciclo, aumentar la eficiencia operativa y satisfacer mejor las demandas del mercado. Según Stevenson (2020), el equilibrio de línea y la capacidad de identificar restricciones críticas son habilidades esenciales para los gerentes de operaciones que buscan mantener la competitividad en un entorno dinámico.

(Stevenson, 2020).

6.1.31 Tasa de producción

Es la cantidad de productos que una línea de producción puede generar en un período específico de tiempo. El balanceo de línea busca alinear esta tasa con la demanda del mercado (Stevenson, 2020).

6.1.32 Equilibrio de carga

Es el proceso de distribuir el trabajo de manera uniforme entre las estaciones de trabajo en una línea de producción, minimizando las disparidades en el tiempo requerido por cada estación (Chase & Jacobs, 2021).

6.1.33 Prioridad de tareas

Es el orden en que las tareas deben realizarse, según restricciones técnicas o de dependencia. Es fundamental para establecer un flujo continuo y eficiente en la línea (Groover, 2021).

6.1.34 Balanceo de línea heurístico

Consiste en usar reglas prácticas o aproximadas para resolver problemas de balanceo de línea, como el método de la "mayor relación de tiempo" o el "menor tiempo de procesamiento". Estas herramientas son útiles en escenarios complejos donde las soluciones óptimas son difíciles de encontrar (Heizer et al., 2020).

6.1.35 Desperdicio en la línea de producción

Se refiere a cualquier actividad que no agrega valor al producto final, como tiempos de espera o movimientos innecesarios. Reducir el desperdicio es un principio clave del balanceo de línea y de las metodologías Lean (Stevenson, 2020).

6.1.36 Flexibilidad en la línea de producción

Es la capacidad de la línea para adaptarse a cambios en la demanda o en las características del producto sin afectar significativamente su eficiencia (Chase & Jacobs, 2021).

6.1.37 Tiempo de transferencia

Es el tiempo necesario para mover materiales de una estación de trabajo a la siguiente. Minimizar este tiempo es crucial para mejorar el flujo de trabajo en la línea (Groover, 2021).

6.1.38 Utilización de recursos

Se refiere a qué tan bien se están empleando los recursos disponibles, como la mano de obra y las máquinas, en una línea de producción. Un balanceo eficiente mejora esta utilización (Heizer et al., 2020).

6.1.39 Line balancing efficiency (Eficiencia del balanceo de línea)

Es una medida cuantitativa que evalúa qué tan cerca está el diseño actual de la línea de alcanzar el balance perfecto. Suele expresarse como un porcentaje basado en la relación entre el tiempo trabajado efectivo y el tiempo disponible total (Stevenson, 2020).

6.2 Estado del arte

En el artículo de “Fundamentación teórica básica”, el balanceo de líneas de producción se define como la distribución equitativa de las tareas entre estaciones de trabajo con el objetivo de maximizar la eficiencia y minimizar los tiempos muertos (Chase et al., 2017). Este enfoque busca asegurar que cada estación opere dentro de un tiempo de ciclo uniforme, evitando cuellos de botella y sobrecargas en el flujo. Según Morales y García (2020), una línea desbalanceada genera costos innecesarios, tiempo ocioso y problemas en la calidad del producto, lo que subraya la importancia de implementar técnicas de balanceo como herramienta fundamental en procesos productivos.

En el artículo de “Análisis crítico de estrategias de balanceo”, Diversos enfoques han sido desarrollados para abordar el balanceo de líneas. Por ejemplo, el método clásico de Helgeson y Birnie (1961) propone un modelo basado en heurísticas simples que resulta efectivo para líneas pequeñas. Sin embargo, estudios recientes, como el de Rivera et al. (2021), destacan que las herramientas avanzadas, como algoritmos genéticos y modelos de optimización computacional, son más eficientes para líneas complejas, especialmente en la industria automotriz. Estas tecnologías permiten identificar configuraciones óptimas en menor tiempo y con mayor precisión, aunque requieren inversión en software y capacitación del personal.

En el artículo de “Relación entre balanceo de línea y tiempos muertos”, Uno de los principales desafíos del balanceo de líneas es la eliminación de los tiempos muertos, los cuales son causados frecuentemente por tareas mal distribuidas o materiales desorganizados. En su investigación, Hernández y Ramírez (2019) identificaron que hasta el 25% del tiempo total de ciclo puede perderse debido a ineficiencias en la asignación de tareas. Por su parte, López et al. (2022)

demonstraron que la implementación de sistemas de flujo continuo y estaciones estandarizadas puede reducir significativamente este problema, logrando un aumento del 15% en la eficiencia global.

En el artículo de “Aplicación en sectores específicos”, El balanceo de líneas es especialmente relevante en sectores como la industria automotriz, donde los procesos de ensamblaje requieren alta precisión y sincronización. Según Gutiérrez et al. (2020), en plantas de ensamblaje automotriz, el balanceo adecuado de líneas puede incrementar la producción diaria en un 20% y reducir los defectos en un 15%. En contraste, Martínez y Pérez (2021) aplicaron técnicas similares en la industria electrónica, observando que, aunque los beneficios fueron similares, los desafíos logísticos relacionados con piezas pequeñas y procesos manuales requirieron un enfoque más flexible.

En el artículo de “Vínculo entre balanceo y ergonomía”, Además de mejorar la productividad, el balanceo de líneas debe considerar factores ergonómicos para reducir la fatiga y el riesgo de lesiones en los operadores. En un estudio realizado por Torres y López (2018), se identificó que redistribuir tareas pesadas o repetitivas entre estaciones no solo optimiza el tiempo de ciclo, sino que también mejora la satisfacción y el desempeño de los trabajadores. En esta línea, García et al. (2022) propusieron un modelo integrado de balanceo y ergonomía que logró un equilibrio entre la eficiencia operativa y el bienestar laboral.

En el artículo de “Impacto ambiental del balanceo de líneas”, El balanceo de líneas también tiene implicaciones en la sostenibilidad ambiental. Martínez y Rodríguez (2020) demostraron que una línea balanceada minimiza el consumo energético al reducir tiempos muertos y sobrecargas, disminuyendo así la huella de carbono. Asimismo, Pérez et al. (2023) señalaron que, al optimizar la utilización de recursos y materiales, se genera menos desperdicio, lo que contribuye a la sostenibilidad de los procesos industriales.

En el artículo de “Aplicación en líneas mixtas”, En las líneas mixtas, donde se ensamblan diferentes productos en la misma línea, el balanceo se vuelve más

complejo. Según Jiménez y Gómez (2021), la variabilidad en los tiempos de ensamblaje requiere algoritmos adaptativos que puedan responder dinámicamente a cambios en la demanda. Fernández et al. (2022) desarrollaron un modelo basado en inteligencia artificial para estas líneas, logrando una mejora del 18% en la eficiencia global.

En el artículo de “Balanceo y calidad del producto”, El balanceo de líneas influye directamente en la calidad del producto final. Según Castro y Díaz (2020), las líneas desbalanceadas aumentan las probabilidades de errores humanos debido a la presión de tiempo en estaciones críticas. Por su parte, Herrera et al. (2023) encontraron que implementar técnicas de control de calidad integradas en el balanceo reduce los defectos en un 12%.

En el artículo de “Balanceo en líneas automatizadas”, El auge de la automatización plantea nuevos desafíos para el balanceo de líneas. Según Salazar y Prieto (2021), la sincronización entre robots y estaciones manuales es clave para evitar cuellos de botella. Ruiz et al. (2023) desarrollaron un sistema híbrido que combina sensores IoT y aprendizaje automático para optimizar el balanceo en tiempo real.

En el artículo de “Evaluación de desempeño en líneas balanceadas”, Evaluar el desempeño de una línea balanceada requiere indicadores claros como la eficiencia global del equipo (OEE) y la tasa de utilización de estaciones. Gálvez y Torres (2020) propusieron un modelo de evaluación basado en simulación, que permite identificar áreas críticas de mejora. Simón et al. (2022) aplicaron este modelo en una planta textil, logrando aumentar la productividad en un 22%.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS.

7.1 Materiales

Para poder realizar este balanceo en la línea de producción para que nos permita aumentar la productividad en la línea de producción de arneses electrónicos para automóviles en la empresa Contec para Guasave son los siguientes:

- Cronometro
- Formato de análisis de tiempos
- Gráficos de toma de tiempos
- Excel
- Corel Draw

7.2 Métodos

Para mejorar la productividad mediante el balanceo de línea, se implementó un enfoque mixto que incluyó tanto análisis cualitativos como cuantitativos. En el aspecto cualitativo, se recopilaron datos en el campo con la participación de directivos y operadores, lo que permitió comprender el contexto y las dinámicas operativas actuales. En el ámbito cuantitativo, se realizaron cálculos detallados como el tiempo normal, tiempo estándar, takt time y otros indicadores de eficiencia y productividad, con el objetivo de identificar oportunidades de optimización y mejorar el rendimiento general del sistema.

La implementación del balanceo de línea tuvo como objetivo aumentar la productividad y reducir el tiempo muerto en la línea de producción. Para ello, se realizó una toma de tiempo inicial para identificar las estaciones con mayores oportunidades de mejora. Las actividades se redistribuyeron equilibrando la carga de trabajo y eliminando tiempos muertos ocultos. Se establecieron nuevos estándares de operación, comunicados a los operarios mediante capacitación, asegurando una transición eficiente al nuevo método de trabajo.

Posteriormente, se realizó una nueva medición de tiempos para evaluar los resultados y confirmar el impacto positivo de las mejoras. Finalmente, se supervisó

la línea de forma continua, promoviendo la mejora constante y garantizando que las optimizaciones se mantuvieran, logrando así un sistema productivo más eficiente y competitivo.

VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Una vez que se ha recopilado toda la información relevante durante el diagnóstico, se realizó un análisis detallado de estos datos. Este análisis tiene como objetivo identificar las causas fundamentales de los problemas detectados y evaluar el impacto de las posibles áreas de mejora.

El estado actual de la línea es la siguiente:

Tabla 1. Estado actual de la línea 27 del 1mt-14^a303-AACC

Numero de Parte	1MT-14A303-AACC
SMH	0.4194
Hrs	107
Piezas	255
TC	112
Productividad	63%

Para obtener cada una de los datos de la tabla se realizaron varias operaciones para recaudar cada uno de esos datos:

Numero de parte: Lo proporciona la empresa

SMH: Lo proporciona la empresa

Hrs: Son metas que pone la empresa depende del valor del SMH para producción de ciertas piezas

$$\text{Piezas: } \frac{SMH}{Hrs} = \frac{0.4194}{107} = 255 \text{ piezas}$$

$$\text{Tiempo de ciclo: } \frac{\text{Segundos de una jornada total}}{\text{Numero de piezas}} = \frac{28,500 \text{ segundos}}{255 \text{ piezas}} = \mathbf{112 \text{ segundos}}$$

$$\text{Productividad: } \frac{Hrs. Producidas}{(\text{Num.de operadores} * \text{horas totales de un día de trabajo})} = \frac{107 \text{ Hrs}}{(19 * 9)} = \mathbf{63\%}$$

Se tomaron tres tiempos en cada proceso y de cada operador llegando a la conclusión que en donde hay tiempo muerto y holguras es en el proceso de encintado por lo cual este proyecto se centró en las estaciones del encintado del arnés.

Toma de tiempo actual en la línea de producción.

Tabla 2. Tiempos de encintado graficados

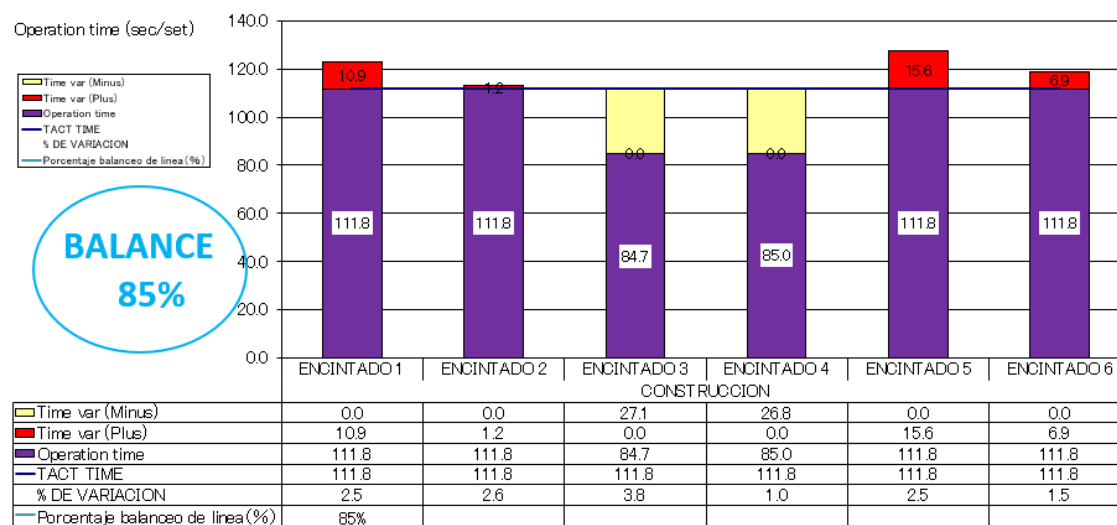


Imagen 1. Layout de la línea de producción

Análisis de los resultados e identificación de las estaciones de trabajo con oportunidad de mejora.

Para este estudio, se realizaron mediciones específicas, tomando tres tiempos de cada uno de los operadores involucrados en el proceso. Al consolidar esta

información y centrarse particularmente en las estaciones de encintado, se evidenció un notable desbalance en la asignación de tareas entre los operadores.

Este desbalance impacta directamente en la eficiencia global de la línea, ya que se observó que algunos operadores exceden el tiempo límite del ciclo establecido para el arnés, el cual es de 112 segundos. Actualmente, la línea trabaja con un 85% de balance en relación con el ideal, lo que indica la necesidad de ajustes para mejorar la sincronización y optimizar el flujo de trabajo.

En este análisis, se identificaron específicamente las estaciones 3 y 4 como los puntos críticos donde se concentran mayores oportunidades de mejora. Estas estaciones presentan tiempos muertos significativos que afectan el rendimiento general. Para abordar esta problemática, se propuso una reconfiguración del balance de línea, lo que implica la eliminación de una estación de trabajo. Este ajuste permitió redistribuir las actividades entre las estaciones 3 y 4, reduciendo los tiempos muertos y optimizando el flujo operativo.

Balanceo de la carga de trabajo.

El objetivo principal fue optimizar la eficiencia operativa y aumentar la productividad de la línea de producción. Para ello, se llevó a cabo un proceso de reconfiguración del MYLAR, o estándares de encintado, como se conoce en la empresa, con el fin de mejorar el flujo de producción y eliminar movimientos innecesarios, también denominados tiempos muertos. En este rediseño, se implementaron métodos de trabajo estandarizados y se mejoró la comunicación y coordinación entre las distintas estaciones.

Se analizó el desempeño de las seis estaciones de encintado, y se realizaron modificaciones, asignando nuevas tareas a los operadores. Según se muestra en la gráfica anterior (Tabla 2), en las estaciones de encintado 1, 2, 5 y 6 existía un exceso de tareas asignadas, lo que generaba un tiempo de ciclo elevado y, por lo tanto, ocasionaba tiempos muertos. Por otro lado, las estaciones 3 y 4 contaban con tiempos de sobra, lo que indica una clara oportunidad de mejora para rediseñar dichas estaciones y lograr un balance adecuado que elimine los tiempos muertos y

optimice el flujo de trabajo.

Por lo tanto, se presentó una propuesta de reconfiguración de las estaciones, que incluyó la **eliminación de una estación de encintado** y el rediseño de los estándares de encintado. Este cambio se muestra en la imagen 1.

Se realizó un análisis detallado de todas las estaciones de trabajo involucradas en el proceso de fabricación del arnés. El propósito del análisis fue identificar las estaciones con mayor capacidad disponible para reasignar operaciones o actividades, optimizando el balance de línea y asegurando un uso eficiente de los recursos disponibles.

Durante este proceso, se determinó que la estación 6 sería eliminada. Las actividades anteriormente asignadas a esta estación se redistribuyeron cuidadosamente entre las estaciones 3 y 4. Esta decisión se fundamentó en que estas estaciones tienen tiempo de sobra en su ciclo de trabajo actual, lo cual les permite asumir nuevas actividades sin comprometer la eficiencia operativa ni generar cuellos de botella.

El proceso de reasignación implicó las siguientes etapas:

1. Identificación de las tareas específicas de la estación 6:

- Se listaron y analizaron las actividades realizadas en esta estación para entender su complejidad, duración y dependencia con otras estaciones.

2. Evaluación de las estaciones 3 y 4:

- Se midió el tiempo de ciclo disponible en estas estaciones, verificando que podían absorber las tareas adicionales sin superar el tiempo takt (ritmo necesario para cumplir con la demanda).

3. Redistribución de actividades:

- Las tareas de la estación 6 se asignaron de forma equilibrada entre las estaciones 3 y 4, priorizando que la carga de trabajo se mantuviera balanceada.

4. Monitoreo y evaluación:

- Después de implementar los cambios, se estableció un sistema de seguimiento para medir el impacto en el rendimiento general de la línea, asegurando que no se generaran cuellos de botella ni interrupciones en el flujo.

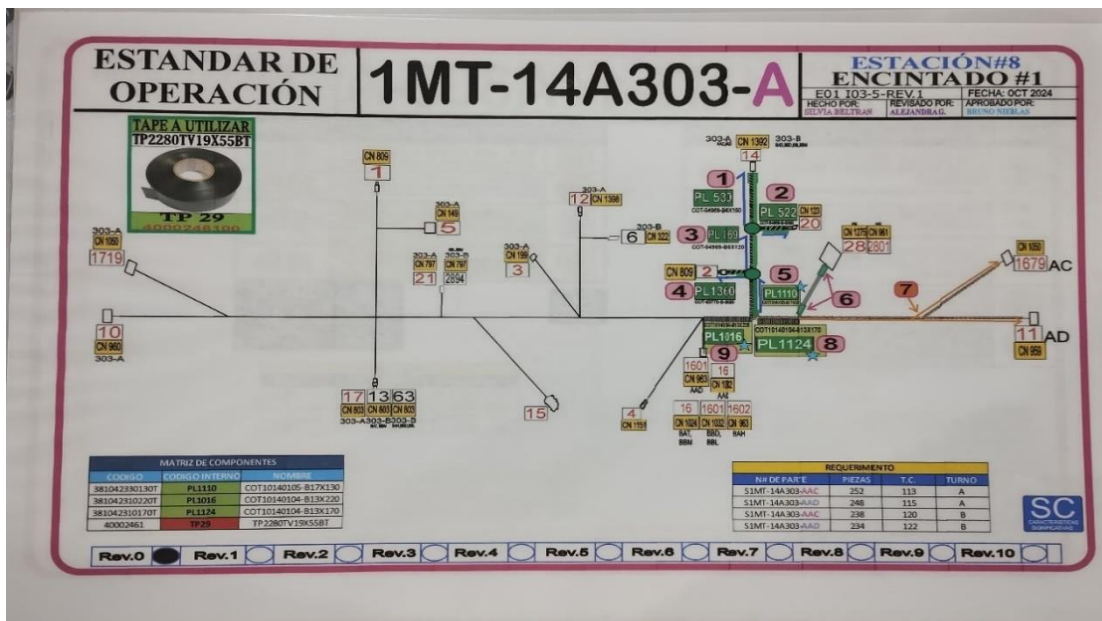


Imagen 2. Estándar de encintado 1

Eliminación de tiempos muertos ocultos.

Dado que, por políticas internas de la empresa, no es posible revelar en su totalidad el flujo del proceso en la línea, se limitó el análisis específico del procedimiento de encintado en cada estación.

A pesar de esta restricción, se desarrollaron propuestas para el reacomodo de las estaciones de trabajo, lo que permitió realizar pruebas de tiempos orientadas a identificar y eliminar aquellos períodos improductivos o tiempos muertos ocultos. Durante este análisis, se evaluó el desempeño de cada operador con el propósito de garantizar que estén en constante actividad y reducir al mínimo los tiempos en los que no se realiza ninguna tarea productiva.

Como parte de las mejoras implementadas, también se establecieron nuevos estándares para la organización de la línea, enfocados en optimizar el acceso y disposición de los materiales utilizados en el proceso de encintado. Entre estos materiales se incluyen las mallas, la cinta ("tape") y los poliductos, elementos esenciales para cada estación. Estos insumos fueron reorganizados estratégicamente para reducir el tiempo que los operadores dedican a buscarlos o acceder a ellos, maximizando así su tiempo de trabajo efectivo.

Con el ajuste en la carga de trabajo, el rediseño de los estándares y estaciones de la línea, se eliminaron los tiempos muertos que se generaban en los encintados 3 y 4, tal como se detalla en la Tabla 2. Para la empresa, la eficiencia y la productividad de la línea son prioritarias, por lo que es esencial que los operadores se mantengan en constante actividad para evitar tiempos muertos o de inactividad. Gracias al balanceo de carga implementado, se prescindió de un operador y se redistribuyeron las tareas a los operadores de los encintadores 3 y 4, garantizando que siempre permanezcan activos y contribuyan al cumplimiento de las metas de producción.

Incorporación de nuevos estándares de operación de acuerdo al nuevo método de trabajo.

Las estaciones de trabajo fueron modificadas físicamente para ajustar su disposición según el nuevo diseño propuesto. Es fundamental coordinar este proceso cuidadosamente para minimizar las interrupciones en la producción y maximizar la productividad de la línea.

Para la implementación, como se mencionó anteriormente, se incluyó la actualización de los estándares de encintado y la adaptación de los procedimientos operativos estándar a las nuevas condiciones esto implicó un movimiento de las estaciones para aprovechar el espacio disponible de la última estación la que fue eliminada, lo que se hizo fue mover las estructuras de dónde vienen los poliductos, mallas y las bases de los tapes ya que es lo único que se utiliza en las estaciones de encintado. Una vez establecidos los estándares de encintado y la nueva disposición de las estaciones, se llevó a cabo la capacitación de los operadores,

explicándoles sus nuevas responsabilidades y actividades dentro del flujo de trabajo rediseñado.

Capacitación de los operarios con los nuevos estándares de operación.

Una vez implementados los cambios físicos en las estaciones de trabajo, se realizó una prueba para evaluar el nuevo comportamiento de la propuesta de encintado en la línea. Posteriormente, se capacitó al personal en el uso del nuevo diseño, los procedimientos asignados, el acomodo adecuado de la materia prima y aplicarles la materia prima que van a utilizar ya que por el acomodo y la incorporación de las actividades de la estación 6 se les agrego y se les movió especialmente a las estaciones 3 y 4 la materia prima de lo que serían poliductos, mallas y tapes. La capacitación incluyó tanto la parte teórica como la práctica del proceso de encintado en cada una de las estaciones. De este modo, los operadores pudieron familiarizarse con las modificaciones introducidas en las estaciones y adaptarse a las nuevas condiciones de trabajo.

Nueva toma de tiempo en la línea de producción.

Se realizó nuevamente la toma de tiempos en la línea de producción para evaluar el impacto de los cambios implementados. Una vez realizadas todas las modificaciones en las estaciones de la línea 27 del 1MT-14A303-AACC, los datos que se recopilaron se tomaron bajo los mismos requisitos establecidos para el arnés, los cuales son los siguientes:

Tabla 3. Tabla de requerimiento en la línea ya modificada

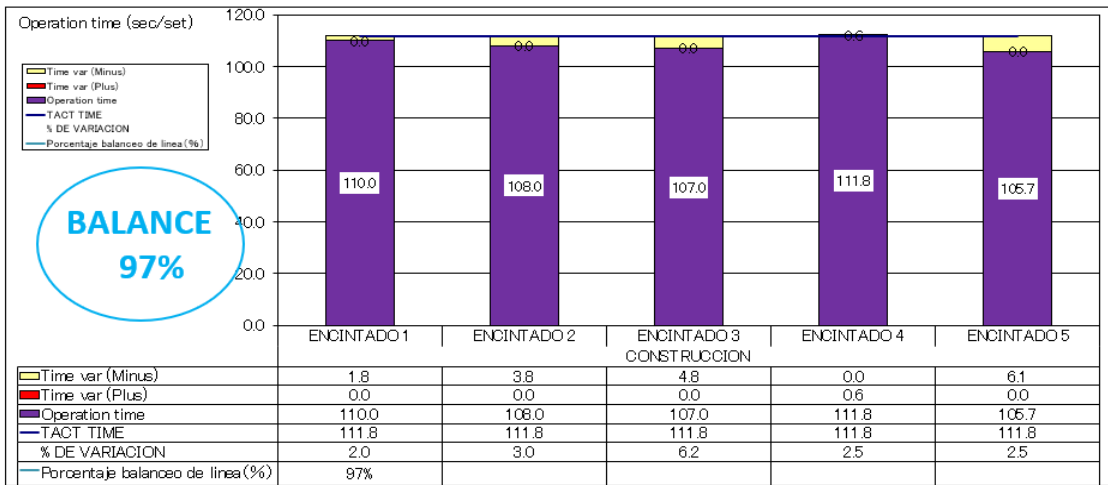
Numero de	1MT-14A303-
Parte	AACC
SMH	0.4194
Hrs.	107
Piezas	255
TC	112

Los tiempos obtenidos con la propuesta de mejora fueron los siguientes:

Tabla 4. Tabla de tiempos de encintado con la nueva propuesta.

PLANTA		GVE 1				MODELO	1MT-14A303
LINEA		1MT-14A303				FECHA	lunes, 28 de octubre de 2024
NOMBRE OP.		CONSTRUCCION					PZ META TACT TIME
PROCESO		ENCINTADO 1	ENCINTADO 2	ENCINTADO 3	ENCINTADO 4	ENCINTADO 5	
1		110	111	100	115	103	
2		108	105	112	110	106	
3		112	108	109	112	108	
AVG		110.0	108.0	107.0	112.3	105.7	543.0
AVG. MAX		112.3	112.3	112.3	112.3	112.3	561.7
TACT TIME		111.8	111.8	111.8	111.8	111.8	1564.7
MIN		108.0	105.0	100.0	110.0	103.0	526.0
MAX		112.0	111.0	112.0	115.0	108.0	558.0
Operation time		110.0	108.0	107.0	111.8	105.7	1548.3
Time var (Minus)		1.8	3.8	4.8	0	6.1	16.4
Time var (Plus)		0	0	0	0.6	0	#VALOR!
% DE VARIACION		2.0	3.0	6.2	2.5	2.5	16.3
Porcentaje balanceo de linea (%)							
97%							

Tabla 5. Tabla de tiempos graficados con la nueva propuesta.



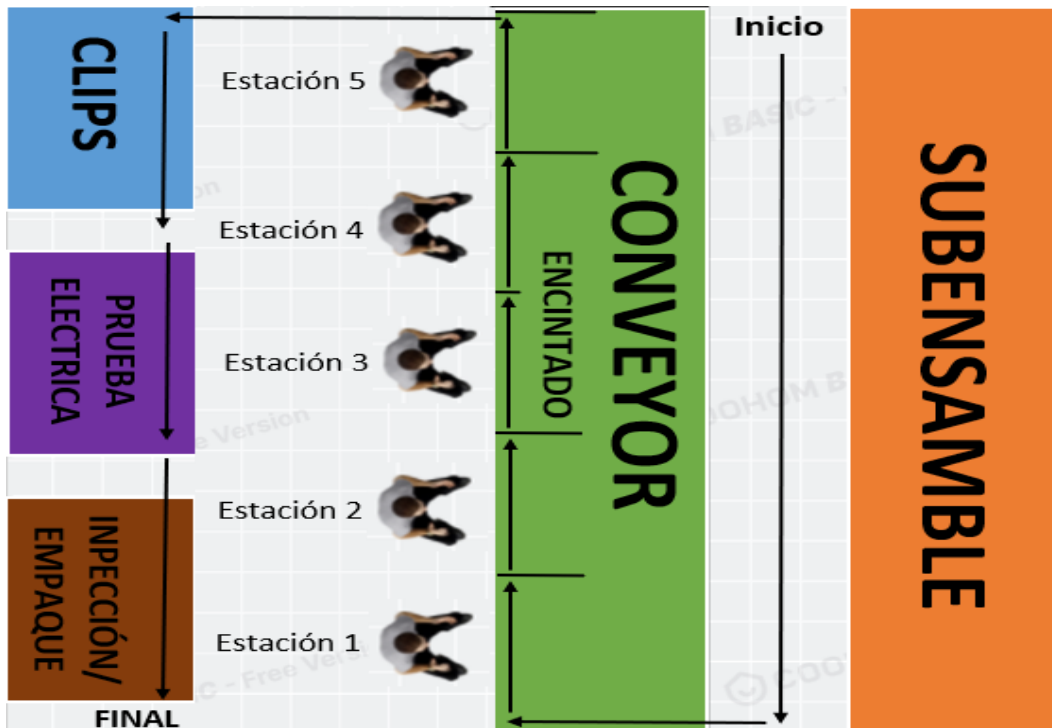


Imagen 3. Layout después de rediseño de estaciones.

Las tablas 4 y 5 muestran que, gracias al rediseño de las estaciones y los estándares de encintado, se ha logrado un balance significativo, aunque no perfecto, con una mejora del 97%. Solo una estación, la estación 4, estuvo cerca de exceder el tiempo de ciclo; sin embargo, se mantiene dentro de un rango aceptable, ya que la carga de trabajo es razonable y gestionable.

El rediseño de las estaciones fue implementado como una oportunidad para mejorar los procesos de producción. Durante el análisis de la línea de encintado, se identificó que algunas estaciones generaban tiempos ociosos debido a paradas innecesarias y falta de sincronización en el flujo de trabajo. Estos tiempos inactivos afectaban la eficiencia general de la línea, causando demoras y limitando la capacidad para cumplir con los objetivos de productividad.

Ante esta situación, se decidió reestructurar las estaciones y reducir el número de operadores en la línea de encintado. Esta medida permitió optimizar el trabajo, eliminando redundancias y agilizar el flujo entre estaciones, lo que resultó en un aumento significativo de la productividad al hacer el proceso más eficiente.

Medición de la productividad de la línea.

Se calculó la productividad con el nuevo número de operadores en la línea 27 y los resultados fueron los siguientes:

$$\text{Productividad} := \frac{107 \text{ Hrs}}{(18 \times 9)} = 66\%$$

Se logró un aumento de productividad muy significativo, pasando del 63% al 66%, lo que representa un incremento del 3% en la línea de producción. Este resultado refleja la efectividad de las modificaciones implementadas y su impacto positivo en la eficiencia operativa.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se observó que la línea operaba inicialmente con una productividad del 63%, afectada por tiempos de inactividad y una distribución desequilibrada de las actividades. El análisis permitió identificar que las estaciones de encintado 1, 2, 5 y 6 estaban sobrecargadas de tareas, mientras que las estaciones 3 y 4 tenían capacidad ociosa. Este desequilibrio destacó la necesidad de reestructurar las tareas asignadas para equilibrar el flujo de trabajo y mejorar la eficiencia operativa.

El análisis de tiempos y movimientos reveló un desajuste en la asignación de tareas dentro de la línea de producción, lo cual impactaba negativamente en la eficiencia general. Las estaciones 3 y 4 fueron identificadas como puntos críticos, ya que presentaban tiempos muertos significativos y dificultades para cumplir con el tiempo de ciclo establecido de 112 segundos. Este desbalance representó una oportunidad clave para mejorar la sincronización y optimizar el flujo de trabajo en esas estaciones.

El proceso de balanceo de la carga de trabajo permitió identificar áreas críticas en la línea. Se detectó que las estaciones 1, 2, 5 y 6 estaban recibiendo más tareas de las que podían manejar, lo que provocaba la superación del tiempo de ciclo y generaba inactividad. En cambio, las estaciones 3 y 4 estaban infrautilizadas. Esto evidenció la necesidad de un rediseño para redistribuir las tareas de manera más equitativa y eliminar los tiempos muertos, mejorando la eficiencia operativa.

Además, el análisis ayudó a identificar y eliminar tiempos muertos ocultos que afectaban el desempeño de la línea. A pesar de las restricciones internas de la empresa, se implementaron modificaciones en la disposición de las estaciones que permitieron realizar pruebas de tiempos y evaluar el rendimiento de los operadores. Estas acciones garantizaron que los operarios mantuvieran un flujo continuo de trabajo, reduciendo al mínimo los períodos improductivos. También se reorganizó el acceso a los materiales en el proceso de encintado, lo que optimizó el tiempo efectivo de trabajo y mejoró la eficiencia global.

Tras implementar los cambios físicos en las estaciones y probar el nuevo diseño, se llevó a cabo una capacitación integral para los operarios, cubriendo tanto los aspectos teóricos como prácticos de los nuevos procedimientos, el reacomodo de la materia prima y las modificaciones en las estaciones. Esta formación permitió a los trabajadores adaptarse rápidamente y garantizar una transición exitosa hacia los nuevos estándares operativos, mejorando el rendimiento de la línea de producción.

La toma de tiempos posterior al rediseño mostró un avance notable, alcanzando un 97% de eficiencia en la línea de producción. Aunque la estación 4 estuvo cerca de exceder el tiempo de ciclo, su carga de trabajo se mantuvo dentro de límites aceptables, lo que evidenció mejoras significativas en la distribución de tareas. La reestructuración de las estaciones y la optimización del número de operadores contribuyeron a reducir los tiempos muertos y a mejorar la sincronización, resultando en un flujo de trabajo más ágil y un incremento en la productividad.

La supervisión de la línea reveló que la reducción del personal operativo ayudó a minimizar los tiempos de espera y a mejorar la fluidez en las estaciones. Esta reorganización permitió que el proceso operara de manera más continua, lo que no solo redujo los costos operativos, sino que también aumentó la rentabilidad. Tras este ajuste, la productividad pasó del 63% al 66%, un incremento del 3%. Estos cambios no solo optimizaron la eficiencia de la línea, sino que también favorecieron la sostenibilidad de las operaciones a largo plazo.

Conclusión general

El proyecto permitió identificar y resolver inefficiencias en la línea de producción mediante un enfoque estructurado y técnico. Los cambios implementados no solo mejoraron la productividad y el balance de la línea, sino que también redujeron costos operativos y optimizaron la asignación de recursos. La hipótesis planteada fue cumplida, ya que, mediante la implementación de un balanceo de línea, se logró disminuir el tiempo muerto de operación y aumentar la productividad en la línea. Este caso demuestra la importancia de un diagnóstico detallado y un rediseño estratégico en procesos industriales.

Recomendaciones

Para investigaciones futuras, se sugiere replicar este modelo en otras líneas de producción con características similares, evaluando su adaptabilidad y potencial en diferentes industrias. Además, se recomienda realizar estudios enfocados en el impacto a largo plazo de las modificaciones implementadas y explorar nuevas herramientas tecnológicas para el análisis de tiempos y movimientos en las estaciones. Finalmente, sería valioso investigar métodos complementarios para capacitar al personal en cambios tecnológicos y de diseño, incrementando la sostenibilidad de los procesos productivos.

X. REFERENCIAS.

- Ávila, R., & Gómez, P. (2020). Componentes y clasificación de arneses automotrices en sistemas eléctricos de vehículos. *Revista de Ingeniería Automotriz*, 15(2), 85-92. Recuperado de <https://www.ingenieriaautomotriz.com>
- Cabán, F. (12 de noviembre de 2023). ¿Qué es número de parte de un producto? *www.clubmitsubishiasx.com*. Obtenido de <https://www.clubmitsubishiasx.com>
- Carrillo, J. (2001). La evolución de la industria maquiladora de arneses. *www.scielo.org.mx*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252001000100003
- Castro, J., & Díaz, A. (2020). Relación entre balanceo de líneas y calidad del producto. *Production Quality Journal*, 7(2), 29-40.
- Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2021). *Operations and supply chain management* (16th ed.). McGraw-Hill.
- Chase, R. B., Aquilano, N. J., & Jacobs, F. R. (2017). *Operations management for competitive advantage* (12th ed.). McGraw-Hill.
- Codina, N. (2007). *Psicosociología del tiempo libre: Perspectivas y aplicaciones*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Recuperado de <https://diposit.ub.edu>
- Company | Uteco Contec. (s. f.). Recuperado de <https://utecocontec.com/en/company-2/>
- CONDUCTORES TECNOLÓGICOS DE JUÁREZ SA DE CV. (s. f.). Recuperado de https://www.directorioempresarialmexico.com/empresa/0006390248/CONT-EC-GVE/#google_vignette
- Dumazedier, J. (1962). *Vers une civilisation du loisir?*. Paris: Éditions du Seuil.

- Fernández, C., Rivas, L., & Ortega, E. (2022). Modelos adaptativos para balanceo en líneas mixtas. *Journal of Smart Manufacturing*, 8(4), 32-45.
- Gálvez, H., & Torres, J. (2020). Métodos de evaluación del desempeño en líneas balanceadas. *Simulation in Production Journal*, 4(1), 10-25.
- García, M., Herrera, L., & Díaz, R. (2022). Modelos integrados de ergonomía y balanceo. *Industrial and Human Factors Journal*, 10(4), 45-62.
- Groover, M. P. (2021). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (5th ed.). Pearson.
- Gustafson, A. (2017). The importance of part numbers in manufacturing and inventory management. *Manufacturing Insights Journal*, 23(4), 45-50.
Recuperado de <https://www.manufacturingjournal.com>
- Gutiérrez, A., Fernández, L., & Vargas, M. (2020). Balanceo en líneas automotrices: Un enfoque práctico. *Automotive Engineering Journal*, 12(1), 23-37.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (13th ed.). Pearson.
- Helgeson, W. B., & Birnie, D. P. (1961). Assembly line balancing using heuristic approaches. *Management Science*, 7(3), 223-235.
- Hernández, M., & Ramírez, A. (2019). Identificación y reducción de tiempos muertos en líneas de ensamble. *Revista de Ingeniería de Producción*, 10(2), 56-72.
- Herrera, R., Gómez, M., & Vargas, F. (2023). Balanceo y control de calidad en la industria manufacturera. *Quality Engineering Review*, 10(1), 20-35.
- Jiménez, A., & Gómez, P. (2021). Estrategias de balanceo en líneas mixtas. *Advanced Industrial Design Journal*, 11(1), 15-27.
- Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.

- López, P., Sánchez, T., & Martínez, F. (2022). Sistemas de flujo continuo para líneas balanceadas. *Industrial Productivity Journal*, 19(3), 33-48.
- Martínez, F., & Rodríguez, J. (2020). Balanceo de líneas y sostenibilidad: Impactos energéticos. *Green Industrial Practices Journal*, 9(3), 22-38.
- Mertens, L. (1999). La medición de la productividad. www.oitcinterfor.org. Obtenido de https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/edit/docref/medicion_capacitacion.pdf
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2008). *Methods, standards, and work design* (12th ed.). McGraw-Hill.
- Pérez, M., García, S., & López, V. (2023). Eficiencia energética en líneas balanceadas. *Sustainable Production Review*, 14(2), 45-58.
- Pressman, R. S. (2005). *Software engineering: A practitioner's approach* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Quiles Rico, J. (2013). *Metodología Lean Manufacturing*.
- Roberto Carro Paz, D. G. (). *Productividad y competitividad*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Rojas, M. I., Jaimes, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Espacios*, 11.
- Ruiz, P., Méndez, J., & López, E. (2023). Sistemas inteligentes para balanceo en entornos automatizados. *Industrial IoT Review*, 6(2), 18-33.
- Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *The American Economic Review*, 51(1), 1-17.
- Simón, V., Romero, P., & Méndez, A. (2022). Aplicación de simulaciones en el balanceo de líneas textiles. *Journal of Textile Engineering*, 15(3), 27-40.
- Stevenson, W. J. (2020). *Operations management* (13th ed.). McGraw-Hill.

- Suárez-Barraza, M. F. (2009). Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la mejora continua. León, España.
- Takt time vs cycle time: ¿En qué se diferencian? | Conexión ESAN. (s. f.). Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/takt-time-vs-cycle-time-en-que-se-diferencian#:~:text=El%20Cycle%20Time%20muestra%20el>
- Tejada Díaz, N. L., Gisbert Soler, V., & Pérez Molina, A. I. (2017). Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD. 3C Empresa, investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 39-49.
- Torres, J., & López, C. (2018). Ergonomía aplicada al balanceo de líneas. Journal of Work Design and Productivity, 7(3), 15-28.
- Treviño Cubrero, F. (2002). Balanceo de líneas de producción: Una aproximación práctica.
- Trujillo, J. (2020). Tablero de prueba eléctrica con sistema poka-yoke para la empresa Furukawa Automotive Systems. rinacional.tecnm.mx. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx>

XI. ANEXOS.

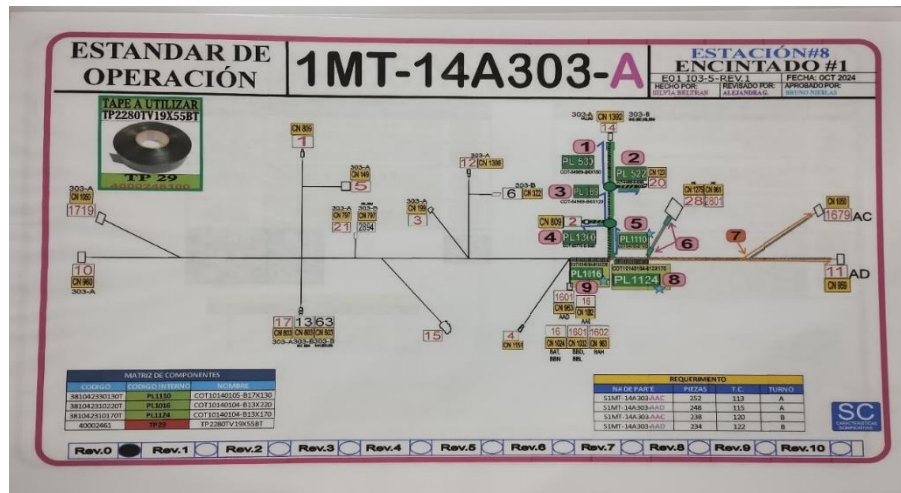


Imagen 4. Estándar de encintado de la línea 27 1MT-14A303-A

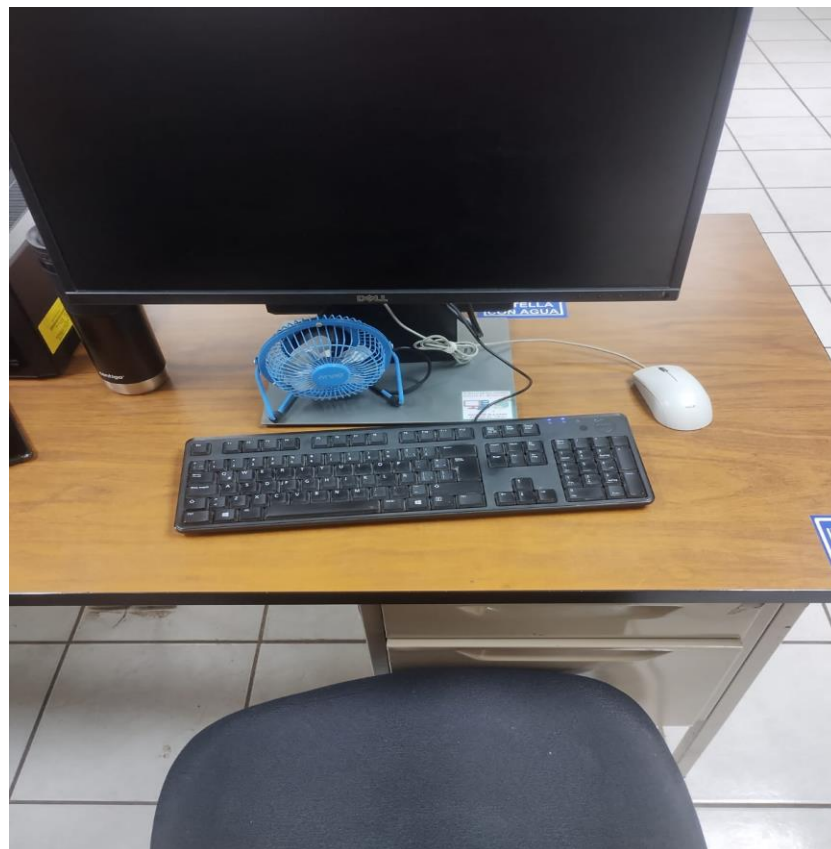


Imagen 5. Área de trabajo compartido al inicio del proyecto.

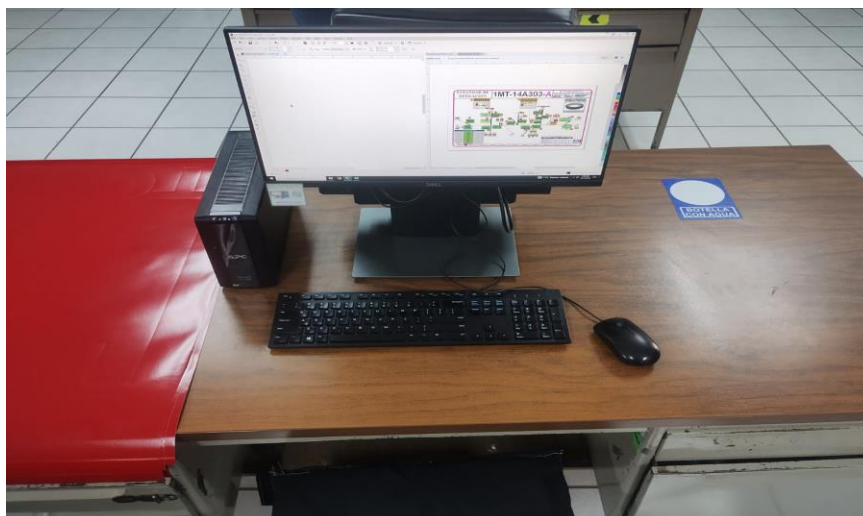


Imagen 6. Área de trabajo propio para realizar el proyecto de rediseño de estaciones.

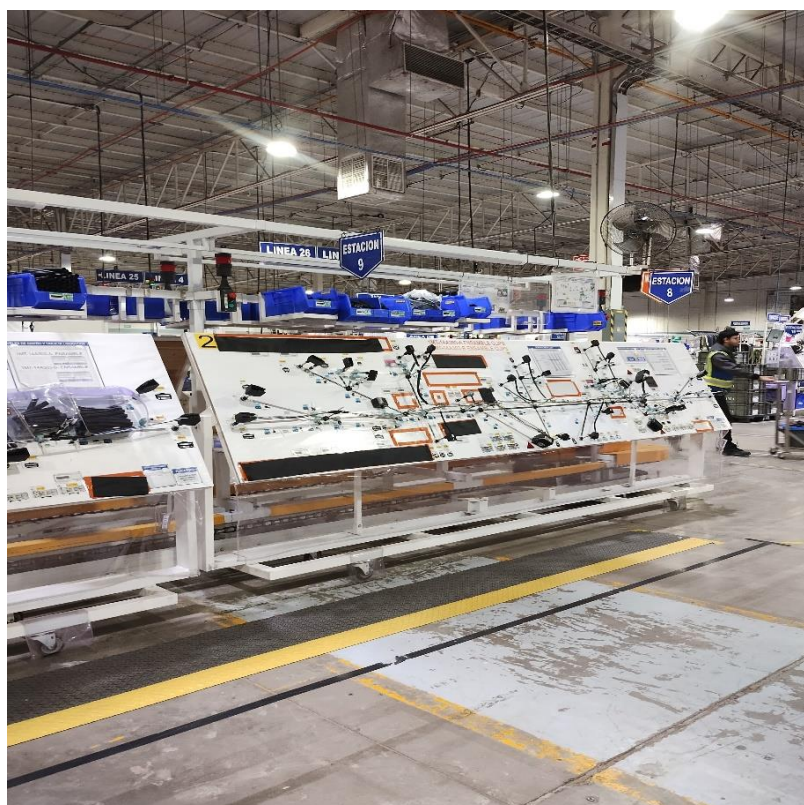


Imagen 7. Tablero de producción en el conveyor área de encintado.



Imagen 8. Línea de producción 1MT-14A303 área de encintado.